

## Classification de défauts

# observés dans le bois par caméra

Classification of abnormalities observed in wood by camera



### Christine MALOIGNE-FERNANDEZ

Laboratoire HEUDIASYC, UA CNRS n° 817, Université de Technologie, Centre de Recherches de Royallieu, BP 233, 60206 COMPIÈGNE CEDEX.

Ingénieur en informatique, diplômée de l'Université de Technologie de Compiègne, depuis 1986, après un DEA option « Contrôle des systèmes », s'est spécialisée dans le domaine de la vision artificielle avec notamment l'étude d'un système d'inspection automatique pour robot de polissage. Actuellement Enseignant Chercheur à l'U.T.C., prépare une thèse ayant pour thème l'analyse de produits agro-alimentaires extrudés, par analyse de texture.

### Richard CROCHE

Société SILEC, 69, rue Ampère, 75017 Paris.

Actuellement responsable de la Recherche et du développement à la société SILEC, après avoir pris en charge le programme de base pour les automatismes et les capteurs au Centre Technique du Bois, rue Saint Mandé à Paris.

## RÉSUMÉ

L'objet de cet article est de proposer deux méthodes de traitement d'images permettant la reconnaissance et la classification des défauts observés dans le bois par caméra. La première méthode agit sur des images binaires, et permet de résoudre les problèmes de direction, de forme et de paramétrisation géométrique. La seconde concerne l'analyse complète de l'image sur plusieurs niveaux de gris afin de différencier divers types de singularités, tels les nœuds adhérents ou les nœuds morts.

### MOTS CLÉS

Traitement d'image, seuillage, discrimination linéaire, texture.

## SUMMARY

*This paper presents two images processing methods which allow recognition and classification of wood abnormalities observed by camera. The first one deals with binary pictures, and solves problem of direction, pattern, and geometric parametrisation. The second one describes a complete analysis of grey levels pictures which classifies different types of knots.*

### KEY WORDS

*Image processing, thresholding, linear discrimination, texture.*

## 1. Introduction

L'inspection automatique de corps solides en vue d'un tri sur une chaîne de production industrielle constitue l'un des principaux secteurs d'application de la vision artificielle.

50 000 personnes travaillent en France au contrôle de la qualité en cours et en fin de chaîne, afin d'apprécier

l'aspect des produits, la position d'éléments particuliers ou leurs dimensions. L'automatisation de ces postes devrait croître de 30% par an jusqu'en 1990.

Les domaines d'application sont donc très variés et posent chacun des problèmes spécifiques notamment dans le domaine de l'éclairage. L'un des problèmes sur lequel se penchent actuellement de nombreux professionnels de la vision artificielle est celui de l'inspec-

tion de planches de bois en vue d'une découpe automatique optimale. En effet, le bois, et notamment le pin maritime, est une ressource régionale abondante dans de nombreux départements et encore sous-exploitée. Ainsi de nombreuses régions, dont l'Aquitaine en particulier, font entrer dans leurs actions prioritaires la mise en valeur des ressources du bois [8].

Or, le contrôle des planches de bois est un travail monotone et fatigant, soumis à la subjectivité des opérateurs. En effet, actuellement les singularités sont marquées à la craie fluorescente, et comme les planches, de 50 à 60 cm de large, défilent à la vitesse approximative de 50 cm/s, ce travail demande une importante rapidité dans la prise de décision. Le savoir-faire de l'opérateur n'empêche donc pas d'importantes variations dans la qualité de son tri.

L'automatisation permettrait de produire plus vite, et plus régulièrement. Cependant, celle-ci n'est pas chose facile. Chaque essence possède ses caractéristiques propres, et, le bois étant un matériau vivant, à l'intérieur d'une même essence, les singularités évoluent différemment.

Quelques procédés industriels ont déjà été mis en œuvre pour la localisation de défauts, à l'aide d'une caméra linéaire [1, 3, 4, 5]. Cet article présente une méthode de détection d'anomalies basée sur un traitement par fenêtres d'image binaire (image obtenue à l'aide d'une caméra CCD matricielle), ainsi qu'une méthode de classification utilisant à la fois les caractéristiques géométriques des différents types de défauts et une analyse de texture. Ce procédé suit la démarche usuelle de la Reconnaissance des Formes statistiques sur paramètres mesurés : positionnement du vecteur observation dans l'espace des paramètres, décision sur sa classe d'appartenance sur considération de distance.

Rappelons que la reconnaissance des formes est une science de définition d'algorithmes permettant de classer des objets dont l'aspect a varié par rapport à un objet type. Trois types de méthodes peuvent être envisagés : méthodes heuristiques, syntaxiques ou mathématiques. Dans les méthodes syntaxiques, le classement des formes est effectué à partir d'informations de type structuré, c'est-à-dire que l'on reconnaît un objet par l'analyse de scènes, par association de formes. Lorsque l'on utilise des méthodes mathématiques, statistiques, une forme est définie par un vecteur dont les composantes sont les caractéristiques de l'objet. On analyse alors les lois de probabilités des différentes classes de formes, que ces lois soient connues (discrimination de Bayes), partiellement connues (discrimination avec estimation de paramètres) ou totalement inconnues (discrimination avec estimation de la densité de probabilité à partir d'échantillons : méthode de Rosenblatt-Parzen, des «  $k$  plus proches voisins », ou discrimination linéaire : méthode de Widrow-Hoff, de Ho-Kashyap). Dans ce dernier cas, on cherche en fait une frontière entre les classes à partir d'un ensemble d'apprentissage, la solution la plus simple étant la droite. C'est donc ce principe qui est appliqué dans le cadre de l'étude.

Cette méthode s'appuie également sur les travaux de M. Faure [3, 4, 5]. Il faut enfin noter que l'étude a

été effectuée sans défilement du bois afin de tester les performances de la méthode. L'industrialisation éventuelle qui serait effectuée par le Centre Technique du Bois demande la réalisation d'un prototype incluant le défilement des planches sur tapis roulant.

## 2. Le matériau traité

Le bois est un matériau naturel qui se développe en étant soumis aux aléas de son milieu [2]. Les nœuds sont dus à l'intersection des branches et du tronc. Ils modifient la structure du bois.

On distingue plusieurs sortes de nœuds. Tant que la branche est vivante, elle continue à s'accroître en diamètre en même temps que les couches annuelles du tronc. Le nœud paraît adhérent après la coupe, c'est-à-dire bien intégré à la planche. Mais à la suite d'un élagage, naturel ou non, le nœud se dessolidarise peu à peu du tronc, qui lui continue à croître. Il sera dit non adhérent, ou mort.

Il existe évidemment d'autres altérations de type fissure : les fentes provoquées par le vent, le froid ou dues à une période de chaleur intense, les poches de résine, etc.

Toutes ces anomalies occasionnent une fragilité dans la structure de la planche et doivent donc être détectées afin de déterminer la future utilisation de la planche et sa découpe.

## 3. Choix du capteur

Différentes techniques peuvent être envisagées pour l'inspection d'une surface plane telle que celle-ci [3].

La radiographie aux rayons X semble intéressante. En effet, ces ondes de nature électromagnétique ont la propriété d'être absorbées différemment par la matière, en fonction de la masse volumique et de l'épaisseur traversée. Ainsi, les fentes, absence de matière, et les nœuds, surplus de matière, pourraient être détectés. Cependant, la mise en œuvre d'un tel procédé est coûteuse.

Des ondes électromagnétiques de longueur d'onde de l'ordre du centimètre peuvent également être utilisées. Cependant, la qualité des résultats dépend de la masse volumique qui peut énormément varier suivant l'humidité. Cette solution paraît donc peu fiable pour un tel matériau.

Quant aux ondes mécaniques, comme les ultrasons, ils paraissent difficilement envisageables, étant donné le fait que le bois est « anisotrope » vis-à-vis du son, c'est-à-dire que la vitesse de propagation est beaucoup plus importante dans le sens du fil que dans le sens transversal.

Dans ces conditions, compte tenu qu'une détection des défauts en profondeur n'est pas nécessaire, l'utilisation d'un capteur optique semble la solution la plus viable, comme le prouvent les nombreuses réalisations industrielles sur des matériaux de texture voisine,

notamment dans le domaine du textile [6]. Le choix restait à opérer entre capteurs à tubes vidicons et capteurs à transfert de charges.

Le principe des capteurs à tubes est simple, l'image passe à travers un objectif sur une surface photosensible. Chaque point qui vient frapper cette surface prend une charge électrique d'intensité proportionnelle à l'éclairement. Après balayage par un faisceau électronique de tous les points, la charge est traduite en un signal électrique variant avec la luminescence du point analysé.

L'avantage primordial du tube reste son coût modique, car il s'agit du même type de produits que ceux équipant les caméras de télévision, d'où des coûts de fabrication faibles. Mais l'image que l'on obtient a le défaut de ne pas être carrée (rapport 3/4) et elle est altérée par une distorsion géométrique due au balayage du faisceau qui arrive sur la surface sous des angles différents. Le balayage régulier entraîne également une rémanence non négligeable. Enfin, ces capteurs sont assez fragiles, d'où un inconvénient en milieux industriels.

Les capteurs à transfert de charge CCD (Charge Coupled Device) sont constitués par un réseau de condensateurs. Les charges libérées dans le silicium sous l'effet de l'énergie incidente sont accumulés dans des puits de potentiel. Le principe de base consiste à transférer des charges entre ces puits. On rencontre des capteurs à structure linéaire ou matricielle. Ils permettent une bonne résolution sans distorsion géométrique, et la vitesse de lecture est beaucoup plus importante que sur les vidicons. Ils sont caractérisés par leur solidité, qui compense des défauts d'homogénéité toujours possible.

Les capteurs linéaires sont plus précis sur une ligne que les capteurs matriciels, qui permettent par contre une analyse de surface en deux dimensions. Étant donné les perspectives d'exploitation industrielle, notre choix s'est arrêté sur un capteur CCD, plus robuste que le capteur VIDICON, et de plus considérant le type de contrôle à opérer, sur une surface plane, ainsi que la perspective d'utiliser des méthodes issues de la Reconnaissance des Formes à partir de paramètres géométriques dans un plan, nous avons utilisé une caméra matricielle 525 x 500 permettant un traitement en deux dimensions d'une image carrée 512 x 512. Le dispositif adopté est donc celui représenté à la figure 1.

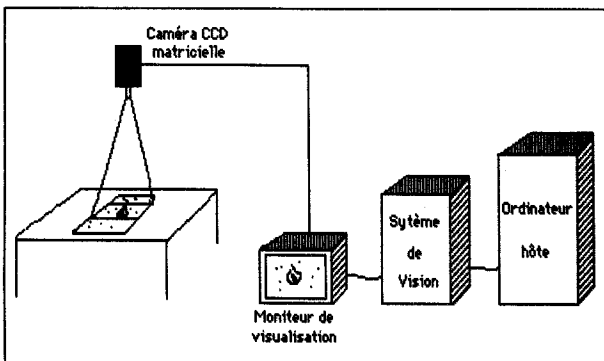


Fig. 1. — Poste de travail.

## 4. Connaissance *a priori* sur les éléments à contrôler

Avant de présenter quelques méthodes applicables à un tel problème, il serait bon de caractériser les défauts que l'on peut rencontrer lors de l'acquisition des images, en fonction du vocabulaire de la norme française homologuée du bois.

Notre inspection a porté sur trois types de singularités :

- les *fentes*, ou fissures, séparations des éléments contigus du bois dans le sens longitudinal des fibres;
- les *nœuds*, définis comme des parties d'une branche englobées dans le bois, de forme ronde ou ovale. On distingue les *nœuds adhérents*, provenant de branches coupées en même temps que l'arbre. Et les *nœuds non adhérents* ou nœuds morts, provenant de branches coupées, cassées ou mortes avant l'abattage de l'arbre. On parlera également de *nœuds noirs*, caractérisés par leur couleur sombre due à de la pourriture au niveau de la branche, dont la détection est primordiale pour déceler les zones de fragilité dans la structure du bois;
- les *poches de résine*, cavités allongées renfermant de la résine, à rapprocher des défauts de type fissure.

## 5. Études précédentes

L'ENSMM de Besançon s'est penché sur le problème dès 1980. C'est ainsi que, notamment, un rapport de Juin 1982 [1] présente la réalisation d'une carte d'acquisition pour la détection des nœuds dans une planche, complétée par une méthode de distinction entre nœuds adhérents et non adhérents.

Toute cette méthode est basée sur l'analyse des signaux d'une caméra RETICON de

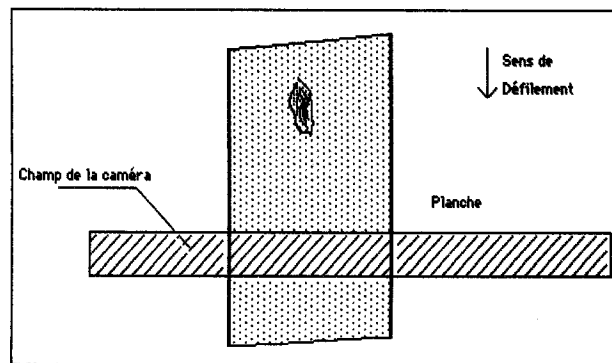


Fig. 2. — Acquisition d'une image à l'aide d'une caméra linéaire.

1024 photodiodes (cf. fig. 2) : signal VIDEO représentant l'intensité lumineuse reçue par chaque diode, signal DATA ou signal logique fourni par la sortie d'un comparateur qui compare le signal VIDEO à une tension continue pouvant varier de 0 à -1,5 V, appelée seuil (cf. fig. 3).

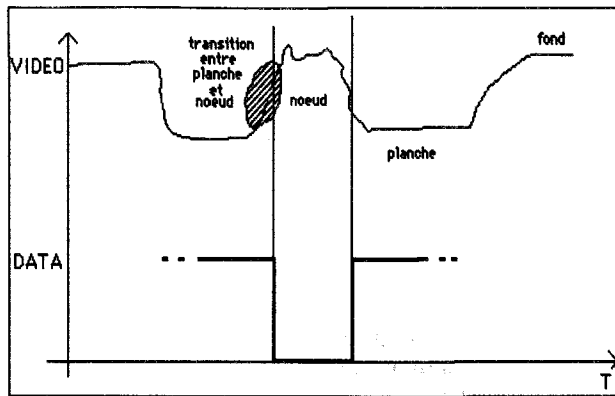


Fig. 3. — Signal vidéo et signal DATA.

La localisation d'un nœud est effectuée à l'aide du signal DATA, sa classification s'opère ensuite d'après une étude des courbes VIDEO. Pour ce faire, on suppose ne trouver qu'un nœud par ligne, et l'on ne tient pas compte de la corrélation entre les lignes.

Le signal vidéo correspondant au nœud est alors décomposé comme le montre la figure 4, en trois

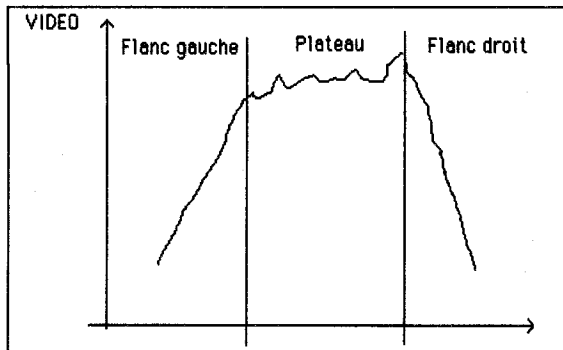


Fig. 4. — Décomposition du signal vidéo.

parties : la montée, zone de transition représentant le flanc gauche du nœud, le plateau, cœur du nœud, et la descente, flanc droit.

L'observation des courbes de nœuds adhérents et non adhérents (fig. 5) semble montrer une irrégularité plus importante sur les plateaux des courbes de nœuds adhérents. Aussi, les auteurs ont décidé de prendre en compte les écarts de la droite de régression linéaire avec la courbe vidéo en cette zone.

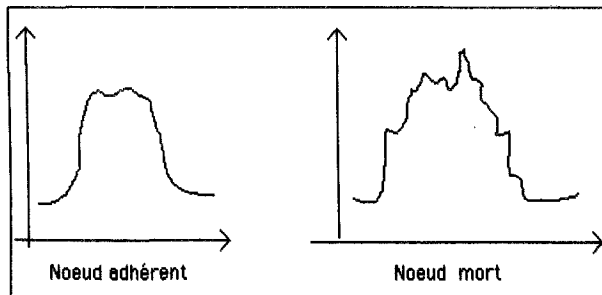


Fig. 5. — Courbes typiques des signaux vidéo des différents types de nœuds.

Un autre moyen employé pour interpréter l'irrégularité de la courbe, et de traduire l'influence des brusques variations par rapport à la courbe moyenne (ou courbe lissée), obtenue par filtrage passe-bas numérique. Le filtre retenu est celui de fonction de transfert :

$$(2) \quad H(z) = \frac{z^4 + z^3 + z^2 + z + 1}{5z^2}$$

D'autre part, il a été constaté que les frontières des nœuds morts sont marquées par une brusque variation d'intensité. Aussi, les chercheurs de l'ENSM se sont intéressés aux variations du signal VIDEO. Deux paramètres ont été analysés : la pente, ou dérivée première du signal, et la variation de pente, dérivée seconde.

Le classement s'inspire alors de la méthode de reconnaissance des formes dite du « centre de gravité ». Soit  $P_i$ ,  $i = [1, n]$  les paramètres de sélection,

on recherche des coefficients  $\delta_i$  tels que :  $P = \sum_{i=1}^n \delta_i P_i$

représente une probabilité d'appartenance à la classe des nœuds adhérents.

Actuellement, le nombre de lignes du signal VIDEO représentant un même nœud est entré manuellement dans le programme, et la moyenne des probabilités relatives à chaque ligne est calculée, afin de déterminer une probabilité globale P. Si  $P > 1/2$ , le défaut sera classé comme adhérent.

Il est à noter que cette méthode est assez limitée puisqu'elle ne permet de détecter que les nœuds, à condition qu'il n'y en ait qu'un par ligne de champ de la caméra, et que sa taille soit calculée manuellement. De plus, le seuil utilisé pour la conception du signal DATA est statique et occasionne un bruitage important suivant la teinte du bois et l'importance de ses « veines ».

C'est dans la même optique que MM. Faure, Henrioud, Lichtin, Stamon et Tribillon ont travaillé [3, 4, 5].

Cependant, ils proposent une extension de la méthode précédente à la localisation de quatre défauts maximum par ligne, de type fentes, nœuds adhérents ou nœuds morts. Un seuil est fixé arbitrairement pour chaque planche afin d'obtenir une image binaire (signal DATA) dont seront extraites les caractéristiques discriminantes. Puis chaque ligne est découpée en segments dont les extrémités correspondent aux points de contour d'un défaut. Une recherche des segments connexes est alors effectuée afin de reconstituer chaque défaut dans son intégralité à l'aide des différentes lignes défilant sous la caméra.

Pour chaque singularité détectée, les paramètres calculés sont :

- A, aire du défaut;
- P, son périmètre;
- N, le nombre de segments qui le constituent;
- R, surface du rectangle exinscrit.

Expérimentalement, trois paramètres discriminants ont été mis au point :

PC1 = A/N, épaisseur moyenne du défaut;

PC2 = P<sup>2</sup>/A, compacité du défaut;

PC3 = A/R, remplissage du rectangle exinscrit.

Ils suffisent à distinguer les fentes des nœuds. Ainsi, dans les bois résineux, il a été remarqué que le rapport A/N était toujours inférieur à 2,4 mm<sup>2</sup> pour les fentes.

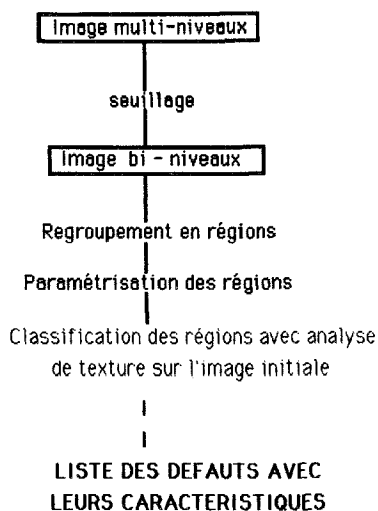
Cependant, la distinction entre nœuds adhérents et nœuds morts demande l'inspection du signal VIDEO. Les tests effectués par l'équipe de M. Faure tendent à prouver que dans le cas des bois résineux, une simple mesure de l'écart entre une courbe représentative d'une ligne et la même courbe lissée (par filtrage passe-bas comme décrit précédemment) suffisait.

Cette étude résoud de nombreux problèmes dans le cas des bois à fort contraste, tels les résineux, avec des planches à bords droits et d'équerre, mais ne permet pas un seuillage auto-adaptatif à la coloration des planches.

### 6. Méthode adoptée

Le bois est donc un matériau très fortement évolutif. La difficulté de détection de ses défauts provient de sa très importante variabilité suivant les essences, suivant les conditions locales pour la même essence (humidité ou sécheresse). De plus, il convient de distinguer les « veines » du bois des réelles altérations. Il a donc été choisi, lors de la phase de détection, de travailler sur une image binarisée, en s'inspirant de la méthode précédemment citée.

Les traitements choisis sont donc activés suivant le schéma ci-dessous :



#### 6.1. DÉTECTION DES SINGULARITÉS

##### 6.1.1. Transformation d'une image multi-niveaux en bi-niveaux

L'histogramme d'une image d'une planche de bois peut-être considéré comme une courbe d'allure gaussienne de moyenne  $m$ , moyenne des niveaux de gris

de l'image, d'écart-type  $e$ , écart-type des niveaux de gris de l'image (cf. fig. 6).

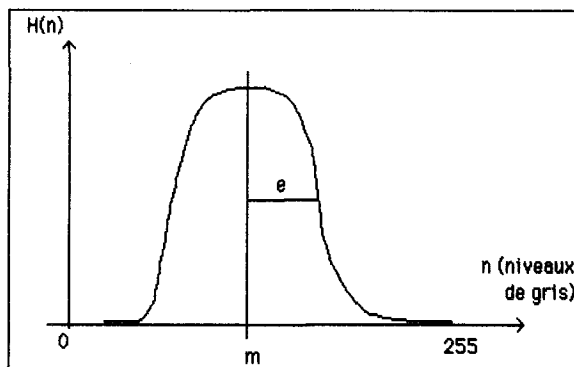


Fig. 6. — Histogramme d'une image d'une planche de bois qui comporte des défauts.

En fait cet histogramme est faiblement bimodal, aussi le seuil est trouvé entre le niveau de gris moyen des pixels appartenant aux zones défectueuses et le niveau de gris moyen des pixels des parties saines.

Le niveau moyen des pixels de défauts se trouve entre 0 et  $m$  :

$$M_d = m - a * e, \quad a \in \mathbb{N}^+$$

Le niveau moyen des pixels sains se trouve entre  $m$  et 255 :

$$M_s = m + b * e, \quad b \in \mathbb{N}^+$$

Le seuil de l'image  $S$  est donc tel que :

$$m - a * e \leq S \leq m + b * e$$

Le seuil moyen est donc  $S = m + (b - a) * e / 2$  soit :

$$S = m + k * e$$

Différents cas sont représentés à la figure 7, où nous avons exagéré la séparation des deux modes pour la compréhension du lecteur.

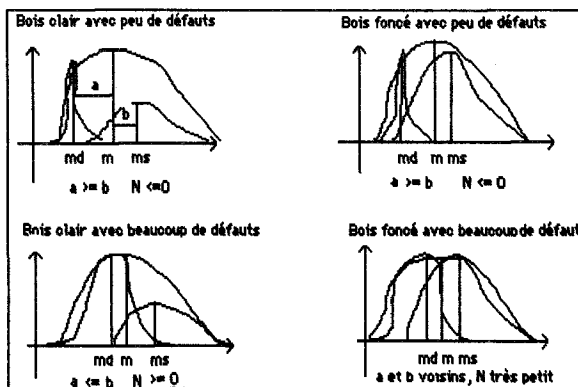


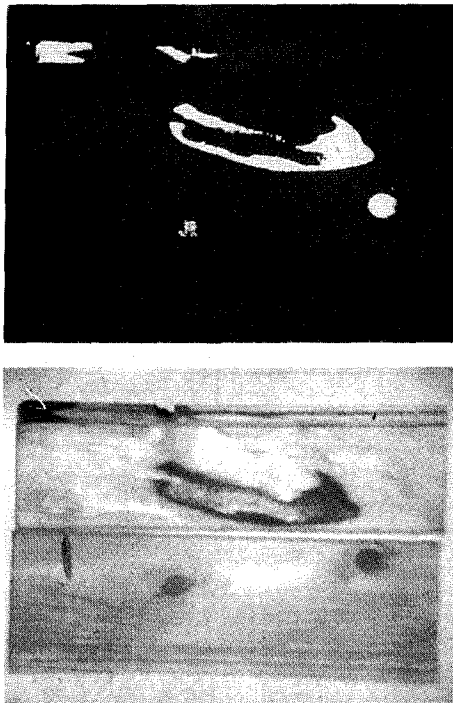
Fig. 7. — Histogrammes représentatifs de différents types de bois.

L'éclairage joue alors un rôle important selon qu'il provoque des tâches d'ombre ou une surexposition des images. Il a donc été choisi d'éclairer la scène par deux spots lumineux produisant une lumière blanche, uniforme, relativement peu puissante (500 W).

Dans de telles conditions de luminosité, expérimentalement il a été déterminé que  $k = -2$  pour des planches de pin maritime et de chêne comportant un échantillon moyen de défauts.

6.1.2. Détermination des fenêtres d'image contenant une anomalie

Une fois l'image seuillée, il faut alors localiser les défauts qui apparaissent en noir sur fond blanc, ou blanc sur fond noir, comme le montre les photos suivantes.



Mise en évidence de poches de résine et de nœuds non adhérents sur des échantillons de bois

Pour cela, afin d'accélérer les temps de traitement, un changement de résolution est d'abord effectué. C'est-à-dire que des pixels voisins dans l'image  $512 \times 512$  sont regroupés afin d'obtenir une image  $64 \times 64$ , selon la méthode mise au point par M. Morand [9]. Chaque nouveau pixel est alors examiné et son niveau de gris,  $n$ , comparé successivement à chacun de ses quatre voisins :

Si il existe  $i, 1 \leq i \leq 4$ , tel que :  $n - n_i > e$

Alors ce pixel sera considéré comme un pixel de contour.

Les pixels de contours voisins ainsi détectés sont alors chaînés. Puis on calcule les coordonnées des fenêtres d'images rectangulaires contenant les zones formées par les agglomérations de pixels.

6.2. CLASSIFICATION

6.2.1. Paramétrisation

Les défauts contenus dans les fenêtres déterminées précédemment sont ensuite paramétrisés en vue de leur identification.

L'approche choisie a été celle de M. Faure [4] qui s'appuie sur l'analyse géométrique des formes. En effet, les deux principales catégories de défauts sont les fentes et les nœuds. Or les fentes sont des défauts étroits, tandis que les nœuds sont des défauts larges.

Ainsi des paramètres très simples : l'aire  $A$ , le périmètre  $P$ , le nombre de segments qui constituent le défaut  $NS$ , suffisent à séparer ces deux types de singularités. Soit  $PC1$  la largeur moyenne d'une zone et  $PC2$  l'allongement

$$PC1 = A/NS, \quad PC2 = P^2/A$$

Des relevés expérimentaux des paramètres  $PC1$  et  $PC2$  permettent de déterminer les classes de singularités dans le plan  $PC2/PC1$ . On s'aperçoit qu'une double séparation linéaire peut être envisagée comme l'illustre la figure 8, réalisée à partir d'un échantillon de 10 fentes et de 10 nœuds.

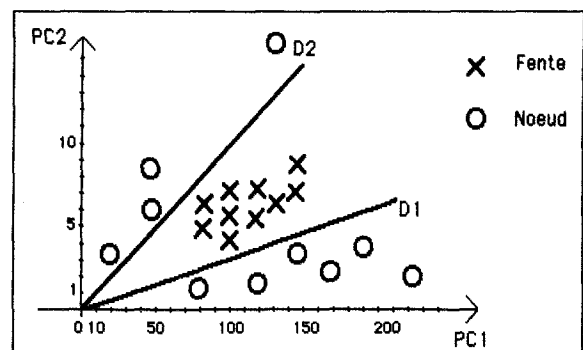


Fig. 8. - Discrimination dans le plan des types de défauts.

Les valeurs inhérentes à ces tests sont à déterminer expérimentalement d'après le calibrage de la caméra. Dans les conditions de l'expérience, il a été trouvé pour des planches de pin maritime que :

si  $1/6 < PC2/PC1 < 5/6$  le défaut est une fente, sinon le défaut est un nœud.

La double séparation provient du sens de positionnement de la planche sous la caméra. En effet, les fentes sont des défauts orientés suivant l'axe longitudinal de la planche. Or le capteur utilisé étant à pixels rectangulaires, il y a déformation des mesures suivant que la planche est présentée dans le sens du fil ou dans le sens transversal.

Présenté ainsi, le problème revient donc à faire de la classification automatique sur des fonctions  $y=f(x)$  et le principe pourrait donc s'appliquer à l'inspection d'autres surfaces planes. On est donc ramené à des méthodes de reconnaissance des formes classiques [5].

6.2.2. Identification

Cette pré-sélection étant effectuée, il reste à déterminer si le nœud est adhérent, ou non adhérent, ou

« noir », si la fente ne renferme pas une poche de résine.

Si la détermination entre fentes et nœuds s'établit sur l'image binarisée, une étude de l'image sur plusieurs niveaux de gris est nécessaire pour détecter les différentes catégories de nœuds.

Il est à noter qu'un nœud noir est un nœud qui se caractérise par sa coloration noire par rapport aux autres nœuds. Une simple comparaison de la moyenne des niveaux de gris des pixels constituant ce défaut et du seuil de l'image permet de déterminer si la singularité est de type « noir ».

D'autre part, puisque les couches de croissance d'un nœud adhérent se raccordent à celles du tronc, cette singularité aura une texture plus homogène que celle d'un nœud mort. Or, les propriétés statistiques d'un signal vidéo correspondent à la texture d'un objet, aussi, pour analyser la texture, on peut donc analyser les moments du signal.

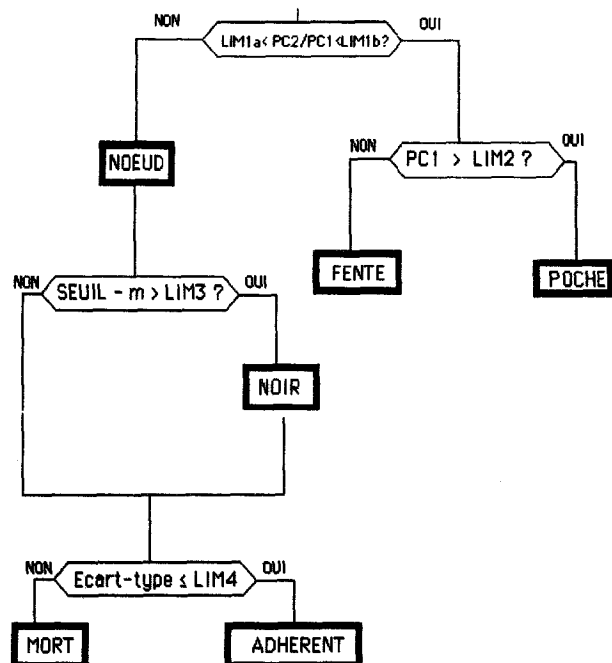
Ainsi, soit  $\sigma$ , l'écart-type d'un défaut de type nœud : si  $\sigma$  petit, alors le nœud est adhérent, sinon, le nœud est non adhérent.

Pour le pin maritime, une évaluation sur une centaine d'échantillons, provenant de lots différents, a conduit aux résultats transcrits dans le tableau.

TABLEAU  
*Écart-types caractéristiques des différents types de nœuds.*

	Moyenne des E	Valeurs extrêmes
Nœuds adhérents . . . . .	10,35	5-14
Nœuds morts . . . . .	18,88	15-30

On peut donc décider du classement suivant : si  $\sigma \leq 14$ , on classera le nœud comme adhérent, sinon, on le classera parmi les nœuds morts.



On peut noter que l'analyse de texture sur les moments d'ordre 2 est souvent suffisante, puisque l'œil humain ne peut pas distinguer des textures de même moment d'ordre 2.

En ce qui concerne les poches de résine, elles sont définies d'après la norme française homologuée comme des « cavités allongées renfermant de la résine ». On peut donc les considérer comme des fentes plus larges que la normale. Le test de détection se fera donc à partir du paramètre PC1 calculée au paragraphe 4.2.1, la valeur limite dépendant du calibrage de la caméra.

Les processus de classification s'enchaînent donc de la façon suivante :

## 7. Conclusion

La méthode décrite a été programmée en langage C, sur un VAX 750 sous VMS, et réalisée à l'aide d'un système de vision artificielle, le GRINNEL, relié à un capteur SONY CCD matriciel 525 x 500 [7]. Aucune fonction n'étant câblée, il faut 60 secondes pour détecter et classer les défauts présents sur une planche carrée de pin maritime ou de chêne, de 50 cm de côté. Sous un éclairage correct, aucune erreur n'a été enregistrée sur un échantillonnage de 200 planches de pin maritime et une vingtaine de planches de chêne, sur lesquelles ont été référencés environ 250 nœuds, dont 180 non adhérents, 120 fentes, et 50 poches de résine. De plus, une fois la caméra correctement calibrée, on a pu vérifier une bonne cohésion entre les valeurs mesurées et les valeurs réelles. Cependant, il ne s'agit que d'une étude de laboratoire en statique, c'est-à-dire sans défilement des planches.

Une phase d'industrialisation est en cours d'étude au Centre Technique du Bois de Pont-à-Mousson, où la méthode a été adaptée sur un système de traitement d'images disposant de plusieurs microprocesseurs permettant de travailler en temps réel, puisque sur le site final, les planches défilent à la vitesse de 0,5 m/s. Seule cette phase se déroulant en dynamique établira les performances exactes de la méthode.

En effet, en phase de pré-étude, les traitements supposent que les deux bords longitudinaux de la planche coïncident avec les bords du champ de la caméra. Il serait donc nécessaire de prévoir un système de galets presseurs pour assurer ce positionnement, ainsi qu'une synchronisation entre l'avance de la planche et la prise d'un cliché, afin de ne pas visualiser plusieurs fois la même zone. Des phénomènes de flou pourrait alors gêner la détection de défauts présents sur les bords des planches. D'autre part, les conditions d'éclairage idéales du laboratoire ne seront certainement pas reproduites en atelier. Le réglage du seuil sera donc forcément un peu différent, et plus aléatoire. Mais il est à noter que pour le CTB une fausse alarme est préférable à une non-détection.

Si cette méthode a des limites, elle a néanmoins le mérite de s'appuyer sur une analyse géométrique des défauts très simple permettant l'adaptabilité à d'autres essences de bois, voire à d'autres types d'inspection (de tissus, de plaques de verre ou de métal, etc.).

*Manuscrit reçu le 27 avril 1987.*

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] D. ANGLADE, R. SPRITCH et R. WASSELIN, *Détection et classification automatique d'altérations du bois*, Rapport de fin d'études, Besançon, juin 1982.
- [2] Ph. BRODATZ, *Textures*, Dover Photography Collections, New York, 84.
- [3] A. FAURE, *Inspection automatique continue et classification en temps réel de défauts superficiels en vue d'optimiser la découpe du bois*, Rapport final de l'ADI, n° 80-288.
- [4] A. FAURE et J. M. HENRIOUD, *Inspection de surfaces planes par vision artificielle, application à l'examen de planches de bois*, 1<sup>er</sup> colloque *Image : Traitement, Technologie et Application*, Biarritz, mai 1984.
- [5] A. FAURE, *Perception et Reconnaissance des formes*, Edi Tests, Paris, 1985.
- [6] J. L. LELIEVRE, *Processus d'acquisition et de traitement d'images en temps réel : Application à l'inspection automatique en matériau textile*, *Thèse de Doctorat d'Ingénieur*, Université des Sciences et Techniques de Lille, 14 juin 1979.
- [7] Ch. MALOIGNE, *Classification de défauts observés dans le bois par caméra*, Rapport de DEA, Université de Technologie de Compiègne, 12 juillet 1986.
- [8] P. MARTIN, P. GEGE et R. FORCE, *Automatisation dans l'industrie du bois*, *Le Nouvel Automatisme*, n° 30, mai 1982.
- [9] T. MORAND, REPARTIR, *une méthode pour l'interprétation d'images robotiques en vision 2D*, *Thèse de Doctorat d'Ingénieur*, Université de Technologie de Compiègne, juillet 1987 (article à paraître).