

Recyclage du papier : une méthode de caractérisation de la propreté des pâtes de desencrage

G. Baudin^{1*}, M. Favergeon¹ et F. Julien-Saint-Amand²

¹ Laboratoire de Génie des Procédés Papetiers, UMR 5518 du CNRS, INPG/CTP,
École Française de Papeterie et des Industries Graphiques, Domaine Universitaire,
BP. 65, 38402 Saint-Martin-d'Hères cedex, France

² Centre Technique du Papier, BP. 251, 38044 Grenoble cedex 9, France

* Correspondance et tirés-à-part.

RÉSUMÉ: La nécessité de la protection de l'environnement a conduit l'industrie papetière à récupérer les vieux papiers, qui contiennent des impuretés dues principalement à leur impression. Les procédés de désencrage fournissent une pâte à papier réutilisable telle quelle ou en mélange avec de la pâte "vierge". Les méthodes de contrôle sont basées soit sur l'observation visuelle soit sur l'analyse d'image. Elles consistent à estimer le nombre, la surface et la forme des impuretés et nécessitent une calibration faisant appel à la notion "d'impact visuel". Cette grandeur dépend de la taille et du niveau de gris du défaut. On y ajoute un "facteur de forme" qui tient compte de la géométrie de l'impureté. La calibration utilise une mire que nous avons mise au point. Il s'agit d'un film rassemblant des plages où la taille, le niveau de gris et le facteur de forme varient afin de définir des classes d'impact visuel comprises entre deux limites précises. Le cumul de ces impacts permet de définir un indice de propreté pour la pâte. Une variante de la mire sert à évaluer la propreté du papier et des études sont en cours pour l'adapter aux systèmes automatiques de contrôle.
Mots clés: Pâte à papier, Contrôle qualité, Calibration, Impact visuel

ABSTRACT: The necessity of environmental conservation has led the paper industry to recycle waste papers, which contain impurities mainly due to their printing treatment. **Deinking** processes deliver a paper pulp which may be reutilized either alone or in mixture with "virgin" pulp. Control methods are based either on a visual inspection or on image analysis. They consist in estimating the number, area and shape of impurities and need a calibration related to the notion of "visual impact". This quantity depends on the dimension and grey level of the defect. A "shape factor" is added to take the dirt geometry into account. The calibration uses a reference chart we have developed. This chart consists in a film bearing a series of zones where the area, grey level and shape factor vary as to define classes of visual impacts situated between two accurate limits. The cumulation of these impacts allow the definition of a cleanliness index for the pulp. A modified version of the chart is used to evaluate paper cleanliness and studies are going on to adapt the chart to automatic control.

Keywords: Paper pulp, Quality control, Calibration, Visual impact

1. LE CONTEXTE

1.1. *La nécessité du recyclage dans l'industrie papetière*

La filière industrielle "Bois-Papier-Impression" a longtemps **considéré** la forêt comme une source d'approvisionnement **inépuisable**, parce que renouvelable. Cependant, la **nécessité** de la protection de l'environnement et du **maintien** de la quantité de bois susceptible **d'être** prélevée au niveau des massifs forestiers a obligé l'**industrie** papetière à **recupérer** de plus en plus les vieux **papers** qui, pour une large part, sont issus de circuits d'utilisation au **cours** desquels ils sont imprimés par des procédés **comme** l'offset, l'**héliogravure** ou la flexographie (les plus importants). On note une **nette prédominance** de l'offset avec plus de 70 % du tonnage **imprimé**.

Les techniques de désencrage sont en développement constant (en France, la production de **pâte désencrée** est supérieure à 750 000 tonnes par an). Elles fournissent une **pâte** qui **peut être réutilisée** telle quelle pour la fabrication de **papier**, mais qui est, le plus **souvent**, **mélangée** à de la **pâte "vierge"** (c'est à dire provenant directement du végétal) afin de conférer au produit final des **caractéristiques d'imprimabilité** et de **résistance mécanique** suffisantes pour une **utilisation** compatible avec les contraintes économiques. Il est, de plus, important de noter que le **désencrage** est **lui-même** source de pollution, car, pour **éliminer** les pigments et **liants** d'encre (soit environ 1% de la **masse totale**), les **procédés** utilisés conduisent, selon le type de production, à des **rejets** variant entre 10 et 50% de la **matière recyclée**.

1.2. *Le contrôle de la qualité de la pâte à papier et l'impact visuel*

Dans **tous** les **cas**, il est important de **contrôler** la **qualité** et **donc** la **propreté** de la **pâte désencrée**, c'est-à-dire de **vérifier** que celle-ci ne contient plus qu'une quantité aussi petite que possible d'impuretés. Les **méthodes utilisées** sont basées soit sur l'observation visuelle de la **pâte** soit sur des techniques **d'analyse d'image** pouvant éventuellement conduire à des inspections **automatisées** (qui ne sont pas reconnues par les normes EN ou ISO). En **général**, ces **méthodes** consistent à estimer le nombre, la surface et la **forme** des **impuretés**. Pour **parvenir à un résultat** acceptable à la fois en **terme** de rendement, de **coût** et de **fiabilité**, les procédés de **contrôle** nécessitent une calibration **faisant** appel [1] à la notion "d'impact visuel" de la particule nuisible

présente dans la **pâte** (en surface **ou** en profondeur). Cette grandeur (**notée** VI dans la suite de ce texte) **dépend** de deux **paramètres**: la taille et le niveau de gris **du défaut** (celui-ci **étant** suppose de petite dimension); l'impact visuel est simplement **proportionnel** à la surface S et au contraste local C (**qui est significatif** de l'**écart entre le niveau de gris du défaut détecté** et celui de la **pâte** environnante); ainsi, on a:

$$VI = C \cdot S \quad (1)$$

La **pâte** **à papier** se **présente** (à la sortie de l'usine de **pâte** ou à l'**entrée** de la papeterie) **sous la forme** de feuilles **épaisses** de quelques **millimètres**, et les **défauts** peuvent donc se **trouver soit** à la surface **soit au** coeur de la feuille. Le moyen le plus simple de **repérer tous** ceux dont la taille **dépasse** un certain seuil consiste donc à utiliser la **transmission** de la lumière à travers la **pâte**; dans la relation (1) le contraste C est alors **donné** par le rapport de la transmittance locale T_d à l'aplomb de l'**objet** plus ou moins opaque **générant le défaut** à celle T_0 de la feuille environnante:

$$C = T_d / T_0 \quad (2)$$

Si l'**opacité** de la feuille est trop forte, **ou** si la concentration en **défauts** est **trop élevée** (cas **fréquent** pour la **pâte désencrée**), il faut **fabriquer** des **échantillons** plus minces.

2. ANALYSE DE LA BIBLIOGRAPHIE

En **fait**, la **littérature** [2] montre que la **validité** de la relation (1) n'est strictement **établie** en biophysique que dans le cas d'un point clair (blanc **et/ou brillant**) sur fond noir, comme par exemple les **étoiles** dans le ciel nocturne; elle est alors **connue sous** le nom de loi de RICCO. Cette loi ne s'applique plus pour des **objets** de grande dimension, c'est-à-dire donnant une image **détectée** par l'oeil **sous** un angle notablement plus **élevé** que son pouvoir **séparateur**, qui est de l'ordre de 0,3 milliradian (1 minute d'arc): l'effet sur l'oeil d'un **défaut** de **grande** dimension est plus complexe que celui d'un **objet ponctuel**. Par **ailleurs**, les **défauts** de dimensions **inférieures au** pouvoir **séparateur** de l'oeil **n'ont qu'un** impact visuel **très limité**. L'extension de la loi de RICCO au cas d'un point noir (ou gris) sur fond blanc (**ou clair**) a **été proposée** par JORDAN et al. [3]. Ces auteurs ont, en outre, introduit la

notion de "Surface Noire Equivalente" (ou Equivalent Black Area, EBA), avec comme objectif de ramener tous les impacts visuels aux effets **surfacciques** de points strictement **noirs**. Avec cette **hypothèse**, il est alors, selon eux, facile de chiffrer la **qualité** d'une **pâte** par le cumul des EBA de chaque dtfaut.

Cependant, comme **indiqué plus haut**, cette notion n'est plus valable pour les grosses particules; il en **résulte** la **nécessité** d'introduire la notion de niveau de gris pour ces **dernières**. C'est **pourquoi nous ne nous sommes pas servi** de la notion d'EBA.

En outre, dans cette perspective, la notion de point strictement noir n'est pas bien **définie** (absorption **totale** de la **lumière** transmise ou **densité** optique par transmission suptrieure à un seuil **donné**); on peut aussi remarquer (figure 1) que l'impact visuel d'une particule **située** au coeur de la **pâte** est **différent** de celui d'une particule

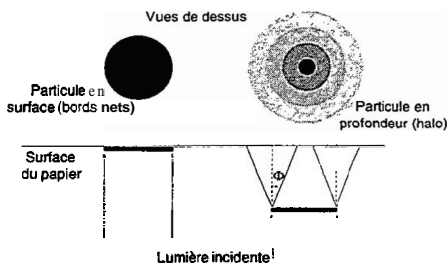


Figure 1: Effet de la diffusion de la **lumière** sur l'image d'une particule selon sa position dans la **pâte**; l'angle Φ est caractéristique du **matériau**.

identique **située** à la surface: comme le montrent les **essais** de RAZGONIKOFF [4], ceci est **du 1** la diffusion de la **lumière** transmise par la feuille de **pâte**: L'épaisseur d'une feuille de **papier** tant **beaucoup** plus faible (de l'ordre de 0,1 mm) que celle d'une **feuille de pâte** (il y a un **rapport de** l'ordre de 50 entre leurs valeurs), les **défauts** de celle-ci se **retrou-**

vent, aprbs passage dans la machine à **papier**, quasiment **tous** à la surface de la feuille de **papier** ou dans son proche voisinage. Il en **résulte** que l'impact visuel d'un mdme **défaut** considéré comme "interne" dans la **pâte** a une forte **probabilité** de n'dtre plus du tout **le même** lors de son observation **sur** la feuille de **papier**.

3. CONCEPTION DE LA MIRE EN 12093

3.1. Contraintes imposées

La figure 2, qui, pour être bien **utilisée**, doit être **examinée** à la distance **normale** de lecture (soit 30cm) montre l'effet **du contraste** et de la surface d'une **tache** sombre sur

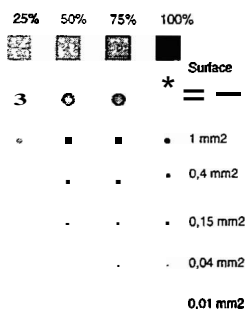


Figure 2: Illustration qualitative de la loi de RICCO

fond clair (en réflexion) en vue d'illustrer qualitativement le phénomène d'impact visuel et l'incidence de la loi de RICCO. En supposant qu'ils simulent des impuretés (et sous réserve de la reproductibilité totale de la figure lors de l'impression de ces Actes), nous avons généré des points de taille variant de 5 mm² à 0,01 mm² avec des contrastes relatifs allant de 100% à 25%. Les points situés en bas et à gauche sont caractérisés par la surface et le contraste le plus bas (impact visuel faible): ils n'ont qu'une influence faible sur la qualité du matériau.

Par ailleurs, il est nécessaire d'indiquer que les méthodes de contrôle de la propreté ne sont pas destinées qu'aux pâtes provenant de papiers recyclés: on doit envisager la présence de "bchettes" (débris de matériau ligneux constitués de fibres restées collées les unes aux autres) opaques et de forme souvent allongée pouvant être "passées au travers" du traitement d'épuration pratiqué après la "mise en fibres" du bois. Chez le papetier, ces bchettes se retrouvent donc soit dans la pâte vierge, soit dans le mélange qui résulte son assemblage avec de la pâte recyclée. C'est la principale raison qui impose d'ajouter aux paramètres "surface" et "niveau de gris du défaut" un "facteur de forme" (Aspect ratio) qui tient compte de la morphologie de l'impureté.

Il appartenait au groupe de travail CEN/TC172 WG4 de la Commission Européenne de Normalisation (auquel nous avons participé), de tenir compte des contraintes liées soit à l'existence de normes à respecter lors de la mise en oeuvre de la technique d'inspection (élaboration des échantillons de pâte, par exemple), soit à la situation antérieure en matière de contrôle visuel [5]. Enfin, il était indispensable de concevoir un outil de calibration à la fois simple et adapté à l'inspection visuelle mais aussi susceptible d'évoluer en direction des techniques de contrôle automatisées.

3.2. La mire EN12093

Compte tenu des spécifications précédentes, nous avons développé une mire étalon destinée à classer les défauts selon leurs impacts visuels. Dans un souci de rapidité

lors de l'utilisation, il est, en effet, plus **raisonnable** de comparer visuellement les défauts **réels détectés** dans la **pâte** à des **références parfaitement calibrées** en surface et en niveau de **gris** et de les placer **ensuite** dans des classes correspondant chacune d'une part à une gamme de surface, et d'autre part à une **gamme** de contraste relatif. Ainsi, la mire que **nous** avons mise au point (figure 3) contient, dans sa **partie gauche**, des plages dont les surfaces permettent de **définir** 5 classes de tailles:

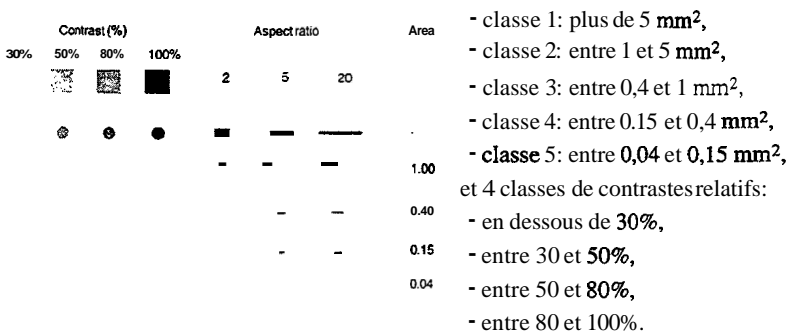


Figure 3: Schéma de la mire EN12093

Il est inutile de descendre en dessous de **0,04 mm²**, car le point correspondant est à peine visible en transmission **même** pour un contraste de 100%. La **partie droite** de la mire comporte des plages **allongées** simulant les buchettes avec un contraste de 100%; le facteur de **forme**, dont les **valeurs** vont de 2 à 20, est le rapport "**longueur/largeur**" de chaque plage. La mire est obtenue par une technique **photographique** utilisant un film dont la surface mate vise à limiter les reflets. **Les** contrastes relatifs sont obtenus par un ajustement **précis** de la **densité** optique en transmission **dans** chaque plage.

Pour **l'utiliser**, on la place à la surface d'un **échantillon** de **pâte** et on **éclaire l'ensemble** au moyen d'une source de **lumière blanche** générant au niveau de l'échantillon un **éclairage** de 2000 à 3000 lux. On **répartit** les défauts **détectés** visuellement dans les diverses classes définies ci-dessus, puis on **évalue leur** surface **cumulée** et on **rapporte le résultat** à la masse de **matière sèche** contenue dans l'échantillon.

Nous avons **également développé** une variante de **notre** mire **spécifiquement destinée** à l'inspection de la surface du **papier**. Une **différence** est que **cette** variante **doit être utilisée** en **reflexion** (et non en transmission). De plus, **l'expérience** montre qu'il est

ntcessaire d'introduire une 6me classe de taille de défaut couvrant l'intervalle de 0,01 à 0,04 mm², c'est à dire la gamme des points noirs les plus petits.

4. CONCLUSION ET REMERCIEMENTS

Pour terminer, indiquons que des études sont en cours pour développer des méthodes standardisées de comptage automatique. Le principal obstacle à surmonter dans cette perspective est d'assurer une bonne reproductibilité entre les différents équipements d'analyse d'image existant sur le marché, ce qui suppose que l'on puisse maîtriser un nombre conséquent de paramètres qui dépendent, entre autres, des performances optiques des caméras de saisie d'images et des capacités de traitement offertes par les logiciels dédiés à ce type de mesures. Néanmoins, nous estimons que l'introduction des classes de niveau de gris dans les mires que nous avons mises au point représentent un pas significatif en direction du comptage automatique des défauts.

Nous adressons nos remerciements aux membres du groupe de travail CEN/TC172 WG4 de la Commission Européenne de Normalisation, animé par L. SODERHJELM, sans lesquels ces travaux n'auraient pas pu être menés à leur terme.

RÉFÉRENCES

- 1 B.D. JORDAN (1993) "The TAPPI dirt count as an index of cleanliness", TAPPI Process and Product Quality Conference Proc., 49-57
- 2 M. MILODOT (1935) Dictionnaire de la Science de la vision, Paris, 340 p.
- 3 B.D. JORDAN et N.G. NGUYEN (1988) "Emulating the TAPPI dirt count with a microcomputer", J. of Pulp and Paper Science 14, 1, J16-J19
- 4 A. RAZGONIKOFF (1994) "Mise au point d'une mire de points Qalons pour une norme de propreté des pâtes à papier", rapport interne EFPG/CTP, Grenoble, 32 p.
- 5 L. SÖDERHJELM (1996) "Dirt and shives in pulp: International standardization", Paper Technology 12, 51-56