NOTE TO USERS

This reproduction is the best copy available

UMI

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

INFLUENCE DES VARIABLES DE LA COMPOSITION SUR LA COULEUR D'UN CARTON TROIS COUCHES

LAURENT CABOS
DÉPARTEMENT DE GÉNIE CHIMIQUE
ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

MÉMOIRE PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION
DU DIPLÔME DE MAÎTRISE ES SCIENCES APPLIQUÉES
(GÉNIE CHIMIQUE)
NOVEMBRE 1998

©Laurent Cabos, 1998

National Library of Canada
Bibliothèque nationale du Canada

Acquisitions and Bibliographic Services
Acquisitions et services bibliographiques

395 Wellington Street
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

395, rue Wellington
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

Your file Votre référence

Our file Notre référence

The author has granted a non-exclusive licence allowing the National Library of Canada to reproduce, loan, distribute or sell copies of this thesis in microform, paper or electronic formats.

L'auteur a accordé une licence non exclusive permettant à la Bibliothèque nationale du Canada de reproduire, prêter, distribuer ou vendre des copies de cette thèse sous la forme de microfiche/film, de reproduction sur papier ou sur format électronique.

The author retains ownership of the copyright in this thesis. Neither the thesis nor substantial extracts from it may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

L'auteur conserve la propriété du droit d'auteur qui protège cette thèse. Ni la thèse ni des extraits substantiels de celle-ci ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

0-612-38662-7

Canada

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

Ce mémoire intitulé :

INFLUENCE DES VARIABLES DE LA COMPOSITION SUR LA COULEUR D'UN CARTON TROIS COUCHES

présenté par : CABOS Laurent
en vue de l'obtention du diplôme de : Maîtrise ès sciences appliquées
a été dûment accepté par le jury d'examen constitué de :

M. PERRIER Michel, Ph.D., président
M. PARIS Jean, Ph.D., membre et directeur de recherche
M. BERRADA Mouhsine, Ph.D., membre et codirecteur de recherche
M. EL KADIRI Mohammed, Ph.D., membre

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier particulièrement messieurs:

- Mouhsine BERRADA (Université du Québec en Abitibi Témiscamingue) et Jean PARIS (École Polytechnique de Montréal) pour leurs tutorats, leurs soutiens constants et leurs conseils.
- L'ensemble du personnel de Temboard, pour sa collaboration et son aide indispensable dans la mise en place, l'assistance et le déroulement du travail expérimental et en particulier Michel MONNIER (Temboard) pour sa supervision en usine et ses conseils avisés et Marc CHAMPAGNE (Tembec) pour son aide logistique.
- Allied Colloids, et son représentant Gary Mac Lellan à Temboard pour sa connaissance de la chimie de la partie humide et le prêt de matériel expérimental.
- Bernard CLEMENT (École Polytechnique) pour ses conseils et son aide dans l'élaboration et l'analyse des plans statistiques d'expériences.
- David AMELIN (élève ingénieur de l'École des Mines d'Albi, France) pour sa collaboration aux études réalisées à Temboard.
- Diane BELLON pour son aide dans la rédaction du mémoire.
- L'ensemble du personnel de l'Unité de Génie Papetier de l'École Polytechnique, dont les étudiants, stagiaires et chercheurs, qui contribuent à rendre ce lieu d'études motivant et enrichissant.

RÉSUMÉ

La couleur est un critère de qualité déterminant pour les cartons blancs couchés destinés aux marchés des emballages de luxe ou autres spécialités. Afin de maintenir leur compétitivité, les producteurs doivent respecter les strictes exigences en matière de couleur et de blancheur de leurs clientèles, tout en minimisant les pertes pour causes de non conformités du produit.

Or, la maîtrise de la couleur des cartons composites est difficile, surtout lorsqu'elle est effectuée de façon encore manuelle par l'ajout de colorants correctifs. Tel est le cas à Temboard, le partenaire industriel du projet. Dans cette usine, les composants (pâtes et additifs chimiques) des cartons trois couches produits sont particulièrement nombreux et leurs proportions varient significativement suivant les fabrications. Les variations dans la composition apparaissaient comme des causes possibles de dégradation de la blancheur et de la couleur de ces cartons et nous avons cherché à confirmer expérimentalement cette hypothèse.

Le projet a porté dans un premier temps sur l'identification des composants des cartons qui peuvent influencer la couleur et sur l'étude de leurs effets. Pour maximiser l'expérimentation en usine et tenir compte d'un nombre élevé de facteurs (8), des méthodes statistiques ont été employées (plan fractionnaire de niveau IV). Les résultats nous permettent de conclure que les proportions de la Pâte Chimico Thermo Mécanique Blanchie (PCTMB) et de trois agents chimiques dans la composition de la couche

intérieure ont un effet déterminant sur la couleur et la blancheur. Ces différents composants contribuent à donner au carton une teinte jaune.

Pour corriger la couleur du carton produit, l'usine ajoute des colorants (de teintes bleues et roses) dans la couche intérieure de ses cartons. Des échantillonnages prélevés dans des conditions d'opération connues, couplés à des essais en laboratoire, ont permis dans un deuxième temps de mesurer l'influence des colorants. Les résultats démontrent l'efficacité correctrice du colorant bleu et servent de base pour le développement d'un modèle empirique de sa rétention sur la table de formation. Toutefois, le comportement du colorant semble être influencé par sa concentration et celle des fibres dans la suspension. Il demeure que l'ajustement de la composition des mélanges de pâtes reste une solution alternative au problème de couleur.

ABSTRACT

Colour is a critical quality factor of white-coated paperboards used in luxury packaging and other specialities markets. To maintain their competitiveness, producers have to meet customers stringent colour requirements while minimising their production losses due to off-specifications products.

Mastering multi-ply boards colour is a difficult challenge, particularly when it is done by adding manually corrective dyes. This is the case at Temboard, our project industrial partner. In this mill, components (pulps and chemical additives) of white-coated three plies paperboards produced are especially numerous and their proportions vary significantly depending on grade fabrications. We tried to demonstrate on an experimental basis that variations in the composition can cause brightness and colour degradations for Temboard paperboards.

Therefore, in a first phase, the study deals with the identification of influent components on the colour and brightness of these paperboards and the quantification of their effects. To maximise experimental mill work and to take into account a high number of factors (8), statistical methods were used. Results lead to the conclusion that proportions of Bleached Chemico Thermo Mechanical Pulp (BCTMP) and three chemical additives in the composition of the filler ply have a determining impact on brightness and colour. All of them contribute to yellowing.

In a second phase, samples taken under monitored operating conditions, coupled with laboratory trials, made it possible to measure dyes influence; the mill add corrective

dyes (blue and pink hues) in the filler ply of its boards to adjust the colour of finished paperboard. Results show that blue dye addition is an effective means to compensate for colour variations and were used as data base for the development of an empirical model of dye retention on the filler ply formation table. Dye behaviour seems to be influenced by concentrations (dyes and fibres) in the suspension. Rebalancing mixture furnish composition appears as an alternative remedial action solution to solve colour problem.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS iv

RÉSUMÉ v

ABSTRACT vii

TABLE DES MATIÈRES ix

LISTE DES TABLEAUX xi

LISTE DES FIGURES xii

LISTE DES ABRÉVIATIONS xiii

LISTE DES ANNEXES xv

CHAPITRE 1: INTRODUCTION 1

1.1 Présentation du projet 1

1.1.1 PROBLÉMATIQUE ET CONTEXTE 1

1.1.2 OBJECTIFS 3

1.1.3 PLAN DE TRAVAIL 3

1.1.4 ORGANISATION DU MÉMOIRE 4

1.2 Présentation de l'usine Temboard 5

1.2.1 LE GROUPE TEMBEC 5

1.2.2 L'USINE TEMBOARD 5

1.3 La couleur 8

1.3.1 INTRODUCTION 8

1.3.2 LES ESPACES COLORIMÉTRIQUES 9

1.4 La planification statistique d'expériences 13

1.4.1 INTRODUCTION 13

1.4.2 LES PLANS DE TAMISAGE 14

1.4.3 LE PLAN UTILISÉ À TEMBOARD 15

CHAPITRE 2: INFLUENCE DES VARIABLES DE COMPOSITION, RÔLE ET MODELISATION DE LA RETENTION DES COLORANTS 17

2.1 Sommaire 17

2.2 Effect of Furnish Composition on the Colour of a Fine Three Ply Paperboard and Remediation 20

2.2.1 Summary 20

2.2.2 Introduction 21

2.2.3 Scope of the Work 23

2.2.4 PART I: Effects of furnish composition 26

2.2.4.1 Experimental Work *26*

2.2.4.2 Results and Analysis *33*

2.2.5 Part II: Effects of a blue dye 38

2.2.5.1 Experimental Work *38*

2.2.5.2 Results and Analysis *42*

2.2.5.3 Estimation of Dye Retention *45*

2.2.6 Conclusion 48

2.2.7 Acknowledgements 49

2.2.8 References 50

CONCLUSION 52

RÉFÉRENCES 57

ANNEXES 60

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1 Design du plan statistique utilisé 16

Tableau 2.1 Controled parameters. a. BCTMP;..... 29

b. Repulped; c. Multifiber 30

Tableau 2.2 Factors modalities 32

Tableau 2.3 Concentration series controled parameters..... 33

Tableau 2.4 Pulp recipes and operating conditions for Part II 40

Tableau 2.5 Fibres length distribution in white water sample

from filler ply Fourdrinier 41

Tableau 2.6 Operating conditions (Part II). Dye concentration = 0.15 kg/adt..... 43

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 Schéma de la machine à carton trois couches de Temboard 7

Figure 1.2 Diagramme de chromaticité.....10

Figure 1.3 Le système (L, a, b).....11

Figure 2.1 Principal Factors Effects (■ Brightness, ▩ Lightness, ▒ b) 34

Figure 2.2 Effects of Additives on Brightness (◆) and on Colour b Factor (▲).

2a : Alcofix;.....36

2b : A.K.D; 2c : Cationic Starch.....37

Figure 2.3 Effect of Blue Dye Concentration on the b Colour Factor of Handsheets made from Furnish (◆) and Pulp Cakes (▩) made from White Water 42

Figure 2.4 Correlation of b Colour Values for Handsheets and Pulp Cakes.....44

Figure 2.5 Dye Retention in the Filler Ply Fourdrinier as a function of Total Fibres Retention (◆ : 97%, ■ : 92%, ▲ : 85%) and Dye Concentration in Headbox. 47

LISTE DES ABRÉVIATIONS

Caractères romains

A	Fibres arithmetic average, mm
ad	Air dried
Alco.	Alcofix, kg/adt
A.K.D	Alkyl Ketene Dimer, kg/adt
Bl.	Blancheur
B.C.T.M.P	Bleached Chemico Thermo Mechanical Pulp
Bent.	Bentonite, kg/adt
Catio	Amidon cationique
CMC	Colour Measurement Committee
Col.	Colorant
Comp.	Composition, %
Conc	Concentration, g/l
CSF	Canadian Standard Freeness, ml
E	nombre d'essais
Ecart	Ecart-type
Eq	Equivalent
f	Nombre de facteurs de contrôle
fA	Arithmetic percentage of fines, %
Fibre Ret.	Total fibres retention, %
filtr.	Filtrated
fL	Length weighted percentage of fines, %
fW	Weight weighted percentage of fines, %
Gramm.	Grammage, g/m^2
Hand.	Handsheet
HW	Hardwood

L	Length weighted average, mm
m	Nombre commun de modalités de chaque facteur
Max.	Maximum
Min.	Minimum
Moy.	Moyenne
nm	Nanometer
non filt.	Non filtrated
od	Oven dried
P.C.T.M.B	Pâte Chimico Thermo Mécanique Blanchie
Perc.	Percol, kg/adt
Pulp comp.	Pulp composition
Q	Blue dye concentration, kg/adt
Q_{hb}	Blue dye concentration in headbox. kg/adt
Q_{ww}	Blue dye concentration in whitewater, kg/adt
R	Total fibres retention, %
Ref.deg.	Degré de raffinage, CSF, ml
R_D	Dye retention
TAPPI	Technical Association of the Pulp and Paper Industry
Tem.	Témoin
St. Deviat.	Standard deviation
SW	Softwood
W	Weight weigthed average, mm

Caractères grecs

μ	micro

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE I 61

ANNEXE II 68

CHAPITRE I

INTRODUCTION

1.1 Présentation du projet

1.1.1 Problématique et contexte

La couleur est une caractéristique de qualité parmi les plus importantes des cartons blancs couchés. Leurs futures utilisations comme emballages, couvertures de luxe ou autres spécialités, obligent les producteurs à répondre à des spécifications de couleur strictes et personnalisées imposées par les clients. Toute non conformité de couleur étant synonyme de perte de production, les usines doivent donc minimiser de tels rejets si elles veulent maintenir leur productivité.

La couleur dans le système (L, a, b) est souvent mesurée en continu sur machine. Les informations sont transmises en permanence à l'opérateur de contrôle via le système de gestion de la production. Mais dans l'industrie papetière, le contrôle de la couleur s'effectue encore en général de manière manuelle. Lorsque la couleur varie, les valeurs mesurées s'écartent de la fenêtre de spécifications et c'est l'opérateur de contrôle qui corrige la situation en agissant sur les vannes d'introduction des colorants réduisant ou augmentant le débit en fonction des variations observées. Pour ajuster son nouveau débit, il se base sur des corrélations empiriques ce qui entraîne imprécision et souvent plusieurs itérations pour atteindre l'objectif. Ce contrôle manuel n'est pas satisfaisant et a des conséquences sur la variabilité (CLEMENT, 1997a) et le taux de rejets pour non conformité de la couleur.

Dans le cas de Temboard, le partenaire industriel du projet (présenté au paragraphe 2), les fluctuations de couleur du carton trois couches fabriqué proviennent en particulier des variations dans la composition de sa couche interne. Celle-ci est faite à partir de pâte chimico-thermo-mécanique blanchie (PCTMB) produite par Tembec. Cette pâte à haut rendement garde encore une grande proportion de la lignine contenue dans le bois. La forte présence de lignine donne à la pâte une teinte jaune qui, si elle n'est pas compensée, entraînera des problèmes de couleur au niveau du carton fini. Elle contient également les cassés désintégrés , c'est-à-dire les cartons fabriqués ne répondant pas aux spécifications et remis en suspension, et les rejets provenants des couches extérieures. Elle est ainsi composée d'un mélange de pâtes kraft et PCTMB. Plusieurs additifs chimiques y sont également incorporés pour diverses raisons que nous explicitons dans le chapitre 2. Le pourcentage des différentes natures de pâtes utilisées, ainsi que la proportion d'additifs chimiques, évoluent constamment entraînant des variations de couleur.

Le contrôle de la couleur par l'ajout de colorants se doit donc d'être efficace pour éviter les rejets de papier ne répondant pas aux normes de qualité qui pourraient affecter la productivité de l'usine. Mais pour développer un contrôleur efficient, il est auparavant indispensable de connaître les variables influentes sur la couleur. Celles-ci seront alors prises en compte dans l'algorithme de couleur du futur contrôleur.

1.1.2 Objectifs

Ce projet vise à identifier les variables de composition du carton qui influencent la couleur et à quantifier ou modéliser leurs effets. Parmi ces variables, on distingue les différentes pâtes, additifs chimiques et colorants utilisés. Les colorants, dont la fonction est de corriger la couleur de la pâte pour assurer au futur carton les spécifications requises, seront évidemment étudiés avec une attention spéciale.

Les objectifs sont :

- Rechercher les variables de composition influentes.
- Quantifier leurs effets dans le système de mesure de couleur (L, a, b).
- Étudier particulièrement l'impact et le comportement des colorants.

1.1.3 Plan de travail

Les travaux ont été menés pour satisfaire aux objectifs définis précédemment . Une première étude a permis de déterminer quelles sont les variables de la composition de la pâte qui influent sur la couleur et de quantifier leurs effets. L'expérimentation a été menée en 2 étapes; d'abord en menant un plan statistique intégrant l'ensemble des variables et ensuite en étudiant individuellement celles qui ont été jugées influentes. Une deuxième étude, basée sur un suivi des conditions d'opérations sur la machine, a été centrée sur les colorants afin qu'elle puisse répondre au troisième objectif : juger de l'impact et du comportement des colorants.

La partie expérimentale du projet s'est effectuée à l'usine Temboard à Temiscaming. Les travaux ont duré 7 mois, de février à août 1997. Les premiers mois

ont été consacrés à la compréhension du procédé de l'usine et à l'élaboration d'un plan d'action pour mener les expériences. L'expérimentation qui a suivi (avril – août 1997) a été menée conjointement avec David Amelin, élève ingénieur de l'Ecole des Mines d'Albi (France) qui participait à un programme d'échange international.

1.1.4 Organisation du mémoire

Ce mémoire de maîtrise comprend une introduction et une conclusion qui encadrent la présentation des résultats de l'étude sous forme d'un article soumis à publication. L'introduction justifie la pertinence du projet en le positionnant dans son contexte industriel, définit les objectifs et apporte les informations sur la couleur et les plans statistiques d'expériences nécessaires pour une meilleure compréhension des résultats exposés dans le chapitre 2. Le contenu de l'article est retranscrit en totalité, préalablement résumé en français dans un sommaire, mais sa présentation a été modifiée pour qu'il s'intègre dans le mémoire et réponde aux critères de publication de l'École Polytechnique. Enfin, une conclusion générale souligne les apports des travaux effectués au niveau de la méthodologie et des résultats, et aborde des pistes pour la suite de l'étude.

1.2 Présentation de l'usine Temboard

1.2.1 Le groupe Tembec

Temboard est l'une des quatre principales divisions de Tembec Inc. Fondée en 1973, avec une seule usine à Temiscaming au départ, Tembec Inc. est devenue une société intégrée de produits forestiers et compte présentement plus de 4000 employés. Les principales installations de la société sont toujours situées à Temiscaming, et elle possède également d'autres usines d'importance au Québec, dans la région de Gaspésie et en Basse Côte Nord, dans le nord-ouest de l'Ontario, ainsi qu'en Europe dans le sud-ouest de la France.

Cette croissance très rapide s'explique par la qualité de ses produits, sa capacité d'innovation, une politique de vente agressive et une gestion des ressources humaines moderne et participative qu'illustre parfaitement la mission de la société : « *Notre but est de produire et vendre du carton qui fera de Temboard le fournisseur par excellence de ses clients tout en se concentrant sur une amélioration continuelle de notre procédé, notre produit et notre service* ».

Tembec fabrique des produits du bois, de la cellulose pour usages spéciaux, de la pâte sans chlore à haut rendement, de la pâte kraft blanchie, du carton blanchi ainsi que des produits dérivés de la lignine.

1.2.2 L'usine Temboard

Produits fabriqués

Temboard est entré en exploitation en 1993. Cette division de Tembec Inc. fabrique du carton blanchi haut de gamme et du papier couverture couché (bristol) dans

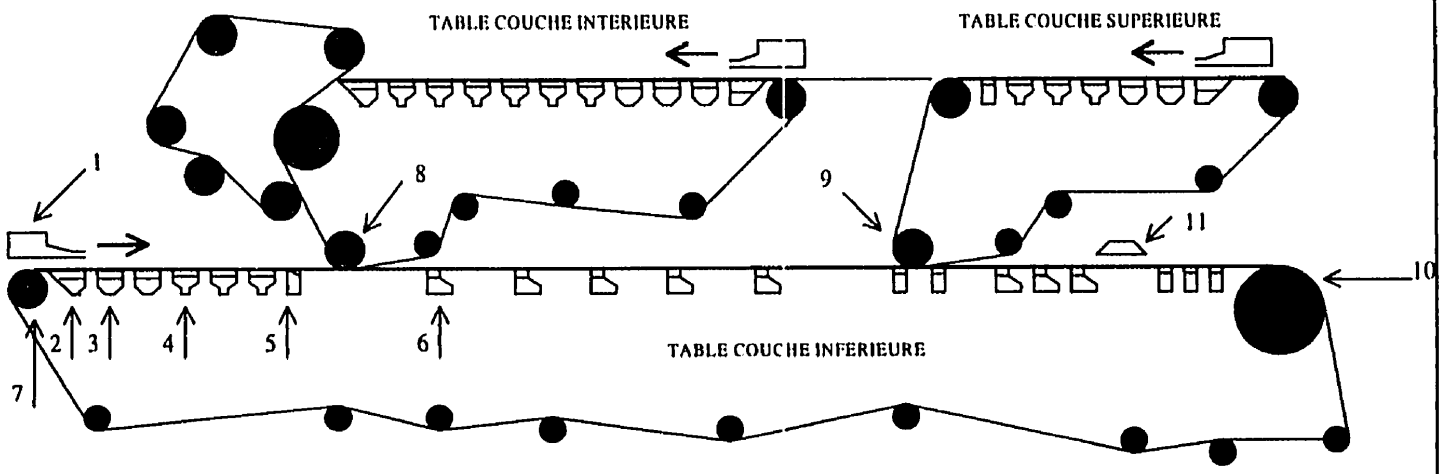
son usine de Temiscaming servant à des applications multiples : brochures, cartes, couvertures, étiquettes, billets, emballages de luxe en particulier pour des produits de beauté, cassettes vidéo ou cigarettes... Autant de spécialités pour lesquelles chaque client requiert des spécifications particulières, ce qui demande à l'usine une grande flexibilité pour limiter les pertes de non conformité de son produit.

Procédés de fabrication

La capacité de ses installations est de 140 000 tonnes par année de cartons entièrement blanchis. L'usine compte un effectif de quelque 180 personnes.

La machine de Temboard, de marque Tampella, se caractérise par :

- une formation sur 3 tables. type multiple Fourdrinier, rendant indépendant les 3 couches constituant le carton fini, qui permet la fabrication de cartons haute qualité (cf. Figure1.1).
- un séchoir monocylindrique , cylindre chromé de 7 mètres de diamètre, qui assure un lissé supérieur au papier.
- trois coucheuses, deux traitants le côté supérieur et une le dos du carton, qui permettent de répondre à des exigences variées en matière d'imprimabilité et d'imperméabilité.



1: Caisse d 'arrivée
2: Marbre
3: Racle (Foil)
4: Racle sous vide (Vacuum foil)
5:Caisse aspirante
6: Foil (Racle)
7: Rouleau de support
8: Rouleau de liaison couche inférieure et intérieure (Dandy Roll)
9: Rouleau de liaison couche intérieure et supérieure
10: Rouleau coucheur
11: Boite à vapeur

Figure 1.1: Schéma de la machine à cartons trois tables de Temboard

1.3 La couleur

1.3.1 Introduction

L'attrait visuel et l'uniformité sont des critères essentiels de qualité d'un produit. Après sa fonction principale, son aspect est sans doute son attribut le plus important. On peut même affirmer que l'aspect d'un produit constitue un facteur psychologique en rapport avec la performance attendue, son utilisation et sa durée de vie. Ce facteur définit par conséquent l'appréciation de ce produit par ses futurs acheteurs, consommateurs et utilisateurs. Les consommateurs s'attendent également à ce que tous les produits d'un même lot aient une apparence uniforme (CHRISMENT, 1994).

Si la couleur nous environne et nous conditionne, elle n'est pas une réalité physique mais une interprétation par le cortex de perceptions venues de l'œil. Cette perception diffère certainement d'un individu à l'autre. En d'autres termes, le cerveau construit une description symbolique de la scène observée, en utilisant les informations contenues dans les signaux visuels. Il n'y a pas d'image interne mais des associations de symboles. En fait, ce processus est intimement lié à l'éducation de notre cerveau dans la prime enfance (CHRISMENT, 1994). En plus de ces facteurs psychologiques, notre vision des couleurs est influencée par, entre autres, l'éclairage, les conditions environnantes, la dimension et la proximité des objets, le temps d'observation et l'état de notre système oculaire qui évolue avec l'âge.

La couleur a seulement la propriété de réfléchir en partie certains rayonnements électromagnétiques auxquels l'œil humain est sensible. Le spectre des rayonnements électromagnétiques dans la nature est très large mais seulement une étroite zone nous est

perceptible : la lumière. Puisque c'est le flux lumineux (*la source*) qui active l'œil, il constitue le premier élément de la vision, l'œil (*l'observateur*) en étant le second. Le troisième élément qui intervient est *l'objet* qui modifie la répartition spectrale de l'énergie issue de la source de lumière. Ces trois éléments constituent le triplet indissociable de la couleur (MAC ADAM, 1981).

1.3.2 les espaces colorimétriques

Les espaces de couleur ont permis de définir la couleur par des nombres, apportant de ce fait un critère de classification objectif. Ils permettent aussi de représenter la différence entre les couleurs (MAC LAREN, 1982). Historiquement l'avènement de la colorimétrie date de 1931 avec la création du diagramme de chromaticité CIE xy (cf. Figure 1.2). Celui-ci définit la couleur en termes de longueur d'onde dominante, de pureté et de luminosité Y ($x=X/(X+Y+Z)$, $y=Y/(X+Y+Z)$) (MINOLTA, 1994).

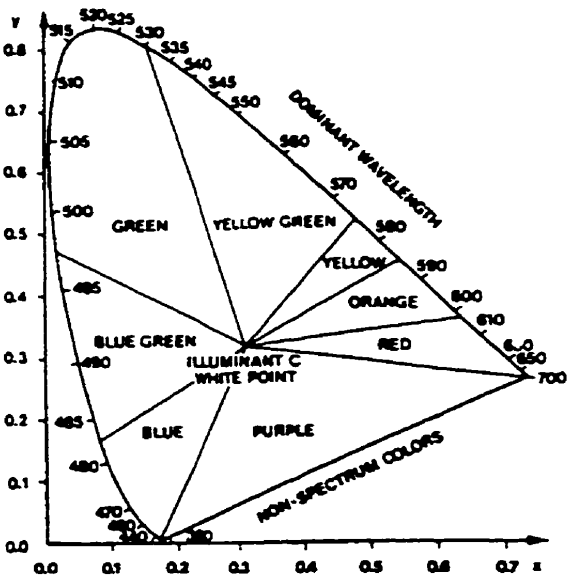


Figure 1.2 Diagramme de chromaticité

De nombreuses études ont été menées pour quantifier les écarts de couleurs avec ce système. Les expériences de Mac Adam (MAC ADAM, 1981) aboutirent à des ellipses de perceptibilité, avec des axes et des dimensions qui varient considérablement d'un point à l'autre du diagramme de chromaticité. La difficulté d'interprétation de données numériques aussi différentes a incité les chercheurs à développer des transformations mathématiques de l'espace CIE pour tendre vers un espace uniforme en écarts de couleur. En 1948 R. Hunter développa l'espace (L, a, b), transformation du

système CIE basée sur l'idée des couleurs antagonistes (cf. Figure 1.3) (MINOLTA, 1994).

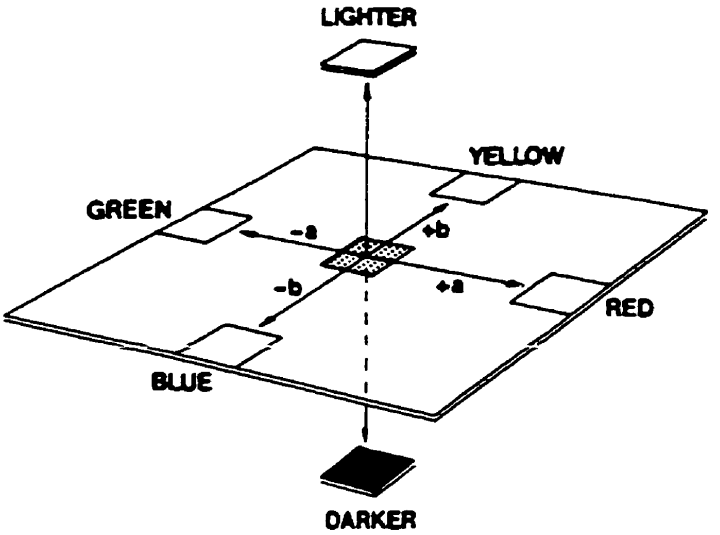


Figure 1.3 : le systeme (L,a,b)

$$L = 100 * \sqrt{(Y/Y_0)}$$
$$a = 175 * \sqrt{(0.0102 * X_0)/(Y/Y_0)} * [(X/X_0) - (Y/Y_0)]$$
$$b = 70 * \sqrt{(0.0084 * Z_0)/(Y/Y_0)} * [(Y/Y_0) - (Z/Z_0)]$$

où :

X,Y,Z sont les valeurs tristimulus du spécimen.

X_0, Y_0, Z_0 sont les valeurs tristimulus du diffuseur parfait.

Le système de coordonnées (L, a, b), même s'il n'est pas rigoureusement uniforme, offre la possibilité d'évaluer les différences de couleur. Ainsi la distance entre deux points sera calculée par une relation basée sur la projection sur l'axe de couleur concerné. Le mode d'expression ΔL, Δa, Δb de couleur reprend le concept de base des couleurs antagonistes (POPSON, 1996):

- rouge-vert (projection de l'écart sur l'axe a)
- jaune-bleu (projection de l'écart sur l'axe b)

ΔL exprime l'écart de clarté. Le signe de la différence montre le sens de la variation par rapport à la perception psychosensorielle : valeur négative, écart vers le foncé, valeur positive, écart vers le clair. De la même façon, Δa et Δb représentent respectivement les écarts chromatiques rouge-vert et jaune-bleu. Les valeurs positives montrent des tendances vers le rouge ($\Delta a > 0$) et vers le jaune ($\Delta b > 0$) et inversement. La différence de chromaticité, $\Delta c = \sqrt{(\Delta a^2+\Delta b^2)}$, ou l'écart total de couleur $\Delta E = \sqrt{(\Delta a^2+\Delta b^2+\Delta L^2)}$ donne information plus globale des variations de couleur. Mais pour un contrôle plus rigoureux de la couleur les tolérances individuelles Δa, Δb, ΔL sont recommandées (POPSON, 1996); dans l'étude présentée les tolérances individuelles ont donc été privilégiées.

La simplicité de ce système fait que son utilisation pratique est répandue. Il est utilisé à l'usine Temboard, partenaire industriel du projet. Mais d'autres systèmes ont ensuite été développés, en particulier les systèmes CIE (L^*, a^*, b^*) et CIE (L^*, C^*, h^*) en

1976 (MINOLTA, 1994). Cependant, on doit préciser que ces systèmes restent approximatifs, c'est-à-dire que la corrélation entre distance métrique et écart visuel n'est pas parfaite. Pour juger de la couleur d'un papier ou d'un carton, la précision des systèmes (L, a, b) ou (L^*, a^*, b^*) est suffisante. Mais des industries plus exigeantes, comme l'industrie textile, utilisent le système de conformité CMC (Colour Measurement Committee of the society of Dyers and Colourists) normalisé par la British Standard Institution. Ce système reprend la base du calcul d'un écart de couleur dans le système CIELAB mais on pondère les écarts de clarté et de teinte par des termes correctifs, évalués empiriquement en tenant compte des recherches récentes en neurophysiologie de la vision, psychologie, qualité statistique. Le lieu des écarts visuels d'égale importance est dans le système CMC figuré par des ellipses (CHRISHMENT, 1994).

1.4 La planification statistique d'expériences (CLEMENT, 1997)

1.4.1 Introduction

La planification statistique d'expériences est un ensemble d'outils et de méthodes statistiques appliquées au processus d'expérimentation. C'est une démarche qui permet de faire varier un nombre de variables de contrôles selon un plan dans le but d'évaluer leurs effets sur une ou plusieurs variables de réponses mesurées. Les différents niveaux de chaque variables sont appelés modalités.

Les plans d'expériences peuvent être utilisés à différentes fins en particulier: identifier des variables critiques, optimiser la conception de produits ou de processus,

mener des études de caractérisation ou de résolution de problèmes, étudier les processus de mesures et d'instrumentation. Leur domaine d'application est donc très étendu. Ils restent pourtant peu employés, méconnues des ingénieurs et scientifiques en général , perçues comme coûteuses et dérogeantes au principe de ne faire varier qu'un facteur à la fois. Il faut souligner pourtant leur facilité de mise en œuvre : les difficultés de l'expérimentation statistique, dans le cas des plans de base, sont dues à la définition des objectifs du problème ainsi qu'au choix des variables, bien davantage qu'à l'application d'un design statistique.

1.4.2 Les plans de tamisage

Objectifs

Ces plans permettent d'examiner un grand nombre de variables qui agissent sur un processus et de déterminer lesquelles ont un effet important sur la variable de réponse. La méthode de planification statistique obtient ces informations avec un nombre d'essais minimum, très inférieur à celui nécessaire pour obtenir les mêmes informations avec une méthode traditionnelle faisant varier une seule variable à la fois.

Ces plans sont donc particulièrement adaptés à notre problèmatique expérimentale : étudier un nombre important de variables (8 sélectionnées) tout en minimisant les essais.

Niveau de résolution

Soit f le nombre de facteurs controlés, m le nombre commun de modalités de chaque facteur, E le nombre d'essais à mener pour un plan factoriel complet pour étudier toutes les configurations possibles sera :

$$\mathbf{E = m^f}$$

Dans le cas de notre étude avec 8 facteurs et 2 modalités, il aurait nécessité $2^8 =$ 256 essais et 512 essais avec un réplicat. Pour réduire significativement le nombre d'essais dans le cas des plans de tamisage, on est obligé d'employer des plans fractionnaires de niveau de résolution inférieur, en général de niveau IV (le plan factoriel complet correspond à un niveau V^+). Ces plans confondent certaines interactions mais distinguent tous les effets principaux, ce qui est l'important pour un plan de tamisage.

1.4.3 Le plan utilisé à Temboard

Le plan de tamisage utilisé était un plan fractionnaire de résolution IV. Il a permis de réduire à 32 le nombre d' essais avec un réplicat (contre 512 avec un plan complet). Le design du plan est détaillé dans le tableau 1.1. Les résultats du plan sont discutés dans le chapitre 2 et détaillés dans l'annexe I.

Tableau 1.1

Design du plan statistique utilisé

N°	PCTMB	Comp.	CSF	Amidon	Alco.	AKD	Perc.	Bent.
1	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	+	+	+	+
3	-	-	+	+	+	+	-	-
4	-	-	+	+	-	-	+	+
5	-	+	+	-	-	+	+	-
6	-	+	+	-	+	-	-	+
7	-	+	-	+	+	-	+	-
8	-	+	-	+	-	+	-	+
9	+	+	-	-	-	-	+	+
10	+	+	-	-	+	+	-	-
11	+	+	+	+	+	+	+	+
12	+	+	+	+	-	-	-	-
13	+	-	+	-	-	+	-	+
14	+	-	+	-	+	-	+	-
15	+	-	-	+	+	-	-	+
16	+	-	-	+	-	+	+	-

CHAPITRE II

INFLUENCE DES VARIABLES DE COMPOSITION ROLE CORRECTIF DES COLORANTS ET MODELE DE LEUR RETENTION

2.1 Sommaire

La composition d'un carton est souvent très complexe. Un carton contient généralement plusieurs types de pâtes, d'essences et de cuissons différentes. En plus, pour optimiser la production ou pour améliorer les caractéristiques du carton fini, on ajoute de nombreux produits chimiques dans la suspension de pâtes, préalablement à son introduction sur la machine à papier. Autant les pâtes que les produits chimiques représentent des facteurs qui peuvent potentiellement affecter la couleur du carton.

Or, pour mettre en place un contrôle efficace de la couleur, la connaissance de l'influence de ces variables est importante. Le premier objectif du projet est d'identifier et de quantifier les paramètres de composition qui modifient significativement la couleur. À cette fin, on a simulé en laboratoire le processus de préparation et de formation de la couche médiane, la plus susceptible de subir des changements de couleur, à partir d'échantillons prélevés in-situ à l'usine. Pour cette recherche, on a dû prendre en considération un nombre important de facteurs. Un plan statistique d'expérience a été choisi pour identifier les variables importantes parmi un nombre élevé

de facteurs, d'autres séries d'essais ont ensuite servi à confirmer et approfondir les premiers résultats.

La première partie de l'étude met en évidence l'influence significative de plusieurs éléments de la composition, tant au niveau des pâtes que des additifs chimiques. Le pourcentage de PCTMB dans la composition et la quantité de certains additifs chimiques influencent la couleur de la couche intermédiaire du carton. Il est donc possible que la combinaison de facteurs défavorables, tel un fort pourcentage de PCTMB et une quantité élevée des additifs chimiques influents entraîne la production de cartons dont la teinte serait déplacée vers le jaune. Dans ce cas, des actions correctives comme l'ajout d'une quantité supérieure de colorants ou le rééquilibrage des recettes de composition en fibres et additifs chimiques devraient être envisagées. Dans la perspective du développement d'un modèle de la couleur, il est donc recommandé de tenir compte de ces variables influentes.

A défaut de comprendre parfaitement les raisons souvent complexes de variations de couleur, les résultats de la première partie de l'étude en sont l'illustration, le personnel des usines réagit en ajoutant des colorants. Ceux-ci ont pour effet de contrebalancer les fluctuations et de corriger la couleur du carton fini pour qu'elle satisfasse aux attentes des clients. Si la première partie de l'article met en évidence l'influence de certaines variables de composition, la deuxième étudie l'action correctrice des colorants. En effet, l'utilisation de colorants permet de modifier la couleur des

cartons produits et de l'ajuster aux spécifications des clients. Cependant, cette pratique est encore souvent manuelle et conduit à des variations de couleur importantes.

Dans le cas de Temboard, le problème est d'autant plus aigu que la couche intérieure du carton produit contient une proportion importante de PCTMB. Or cette pâte qui contient beaucoup d'éléments lignifiés non enlevés lors de la cuisson, contrairement à la pâte kraft, a une teinte jaune marquée. Or, l'opacité des couches extérieures du carton n'est pas suffisante pour masquer l'effet de la PCTMB contenue dans la couche intérieure du carton. D'autre part, cela crée une hétérogénéité de la couleur de la tranche du carton produit, la couche intérieure étant nettement plus jaune que les couches extérieures faites de pâtes kraft blanchies. Cet élément est loin d'être négligeable et constitue même un gros inconvénient dans la vente du carton par rames aux imprimeurs.

Des prélèvements in situ au niveau de la caisse de tête et des eaux blanches, dans des conditions d'opération connues, ont permis de corréler la quantité de colorants introduits avec la couleur. L'étude quantifie la forte influence du colorant de teinte bleue. Grâce à ces mesures, associées à des bilans au niveau de la table de formation, on a également pu estimer la rétention des colorants en fonction de la rétention de la pâte et des quantités de colorants introduits.

La deuxième partie de l'étude démontre que l'ajout de colorants est un moyen efficace pour compenser les variations de couleur. Cependant la rétention des colorants serait affectée par les variations de concentrations (fibres et colorants) et une surveillance particulière est recommandée dans le contrôle des colorants.

2.2 EFFECT OF FURNISH COMPOSITION ON THE COLOUR OF A FINE THREE PLY PAPERBOARD AND REMEDIATION

(Submitted to TAPPI Journal, October 1998)

L.CABOS[1], M.BERRADA[2] and J.PARIS[1]

1 : École Polytechnique, Chemical Engineering Department, Montréal, Québec, Canada

2 : Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Applied Science Department, Rouyn-Noranda, Québec, Canada

2.2.1 SUMMARY

An experimental study was performed in a Canadian mill to identify the components of the filler pulp which may affect the colour of the paperboard, to quantify their effects and assess the effectiveness of dye addition to the pulp as a remedial action to colour variations. The experimental work was carried out in two phases. First, measurements made on handsheets according to a factorial design showed that BCTMP improves brightness and lightness while the retention co-factor, the sizing agent and the cationic starch have negative effects on those properties. Those components also have a yellowing effect on the filler ply. In the second phase, the effect of a blue dye added to the filler pulp was determined using handsheets made from mill produced pulp. The dye

should be able to mask the pulp components effects however, it could be also advantageous to rebalance or modify some recipes. Based on experiments in the mill, an indirect method was also devised to estimate dye retention in the filler ply Fourdrinier.

2.2.2 INTRODUCTION

Colour is an important quality parameter of fine white-coated paperboards such as used for consumer products packaging and magazine covers. Stringent brightness and colour limits are set by the customer, and off-specifications product represents production time loss and must be mixed and reprocessed during subsequent production runs. Fine paperboard is a speciality product characterised by short production runs of many different grades which vary in pulp composition, basis weight and finish. It is not exceptional for a mill to produce several hundred grades for almost as many customers. Production flexibility and robust quality control are therefore paramount to cost-efficient, competitive manufacturing.

Fine white-coated paperboards are generally manufactured by the consolidation of three independently formed wet plies into a single sheet. The two external plies (or top and bottom liners) are generally made from a high quality bleached chemical pulp with well-defined constant properties. The board is coated on one or two sides, depending on its intended use. The interior layer (or filler ply) contains repulped broke and unsold products; its composition and colour are more variable. If the opacity of the external plies is not sufficient, colour variations of the filler ply can significantly alter

the measured colour of the finished paperboard, even when dried and despite the masking effect of the surface coating. Variations in filler ply quality also produce a non uniform colour of the paperboard slice, a negative quality impression factor when the paperboard is sold in reams to printers. In order to compensate for the variations in the colour of the filler ply, dyes are added to the furnish before the head box. The control method is often rudimentary, the dosage of the dyes being adjusted by an operator and according to empirical correlations on the basis of on line or even laboratory measurements. On line measurement of colour is quite sensitive to sensor drift. However, with regular calibration and adequate maintenance, it can provide reliable fast measurement (DULLFORCE, 1988) [1]. In any case, the quality of the control policy depends upon the accuracy and rapidity of the control scheme.

Most studies on paper colour concern the design of continuous dye injection and automatic dynamic systems to replace open loop control (CHISHOLM, 1987; CHAO et WICKSTROM, 1970; BELANGER, 1969; SHIH-CHIN, 1995) [2-5]. These control systems use steady state empirical models to adjust the dye concentration in response to differences between colour measurement and set point. Other studies deal with the physical properties of dyestuffs used (acid, basic, direct or pigments) in order to optimise their efficiency (COLLING, 1986) [6]. But, to the knowledge of the authors, no study on the effects of chemical additives in pulp composition on the colour of a white board has been reported, and therefore taken into account in colour control algorithms.

The work presented below is composed of two parts. In part one, the furnish parameters which affect the brightness and colour of the filler ply of a fine white-coated

paperboard were identified and their effects quantified. In part two, the effects of the blue dye used to control the overall colour of the paperboard were determined and a basic model of the dye retention in the filler ply Fourdrinier was developed on the basis of experimental mill data. This work constitutes a first step in the development of a predictive control model.

2.2.3 SCOPE OF THE WORK

The work was conducted in a Canadian mill that produces a large variety of high quality white-coated three-ply paperboards and linerboards covering more than 100 grades or recipes for a wide spectrum of final uses (cigarette packs, luxury packages, video tape and disc sleeves, brochures, cards, tickets...). However, only 20% of these products account for 80% of the total production. The production of the mill is about 400 tons per day, but it depends of course on the basic weight productions which may vary from year to year.

The brightness and the chromatic parameters L, a, and b of the paperboard sheet are measured on line by a Measurex™ sensor installed before the winder. The colour is controled by manually adjusting the delivery flow rates of red and blue dyes on the basis of empirical correlations.

Pulp Make-up

The paperboard is produced on a triple Fourdrinier with separate stock preparation systems for the three plies. Top and bottom liners are made from 100% virgin bleached kraft pulp. The filler ply is made from hardwood and softwood BCTMP.

It also contains all the broke, overflows and rejects which introduce kraft pulp and extra additives to the furnish. Its repulped content can be as high as 50% on a dry weight basis. Filler ply make-up is expressed in fractions of BCTMP, repulped material and, so-called, multifiber stock which is an equal mix of BCTMP and repulped material used to dampen the variations of the furnish. The mill operating conditions were monitored over one month, prior to experimental work, and it was observed that variations in filler pulp make-up are large, i.e from 40% to 60% for BCTMP and from 20% to 40% for the repulped stock.

The BCTMP is produced in an adjoining mill and is stored at medium consistency (10 to 14 %) until delivery to the board mill. The white water networks of the paperboard and BCTMP mills are integrated. Whenever the daily BCTMP produced on site cannot satisfy the paperboard requirements, BCTMP in baled sheets of 5 to 10 % humidity is used. The degree of refining during pulp preparation is not the same for all grades. Linerboard, which is a major product of this mill, requires less refining than the other types of products. The observed range of refining variations during the monitoring period was 330 to 410 CSF.

Chemical Additives

The mill uses a retention aid system composed of three agents: a cationic polyacrilamid polymer (Percol™), which is the primary floculating agent, a cationic co-factor (Alcofix ™), and Bentonite™ . Alcofix ™ is a cationic coagulant that neutralises and retains anionic colloids; its use is justified by the presence of a high level of anionic colloids in the BCTMP and repulped material. A sizing agent, Alkyl Ketene Dimer

(AKD), is also added to enhance paperboard hydrophobicity and, a cationic starch to improve mechanical properties. Variations in chemical additives concentrations are quite broad, depending on the grade produced and machine operating conditions.

Dyes are also added to the filler ply furnish. Dyes are used in papermaking for aesthetics, identification and obliteration (COLLING, 1986) [6]. In the case of multiply boards production, dyes are used to cover and dampen the variations of colour. Dyes levels in multiply white-coated boards are much lower than in coloured papers but they play a very important role in meeting colour specifications and correcting for the color effects of furnish components and chemical additives.

Furnish colour variability

Considering the broad variability of filler ply furnish composition and quality (baled vs fresh BCTMP, degree of refining) and of additives level, significant variations in filler ply colour can be expected. For example, it is known that BCTMP tends to impart a yellow shade to paper (PEARL, 1967) [7] while, repulped stocks have a slightly grey shade. Variations in fibre quality may also induce colour difference. Furthermore, considering that chemical additives perform their functions by means of complex physico-chemical and surface phenomena (AU et THORN et JOHANSSON, 1994) [8] involving finely divided dispersed particles, colloids or dissolved species, it can be presumed that some additives would interact with colour inducing chemical species. Yet, on the basis of published studies, it seems that this question has not been addressed to date.

2.2.4 PART I: EFFECTS OF FURNISH COMPOSITION

2.2.4.1 EXPERIMENTAL WORK

The experimental work was performed on site, in the mill laboratory. It was carried out in two steps. The first step consisted of a screening experiment based on a factorial design, the purpose of which was to identify the dominant factors among eight investigated. Following this screening test, three of the identified dominant factors were further investigated by means of concentration series in order to quantify their individual effects on the brightness and colour of the filler ply. Details of the experimental procedures are given below. The following eight factors were taken into account in the experimental study:

- Fibre quality:
  - * Baled vs fresh BCTMP (factor 1)
  - * Degree of refining (factor 2)
- Pulp make-up: fractions of BCTMP, repulped and multifiber stocks (factor 3)
- Chemical composition:
  - * Cationic starch (factor 4)
  - * AKD (factor 5)
  - * Alcofix (factor 6)
  - * Percol (factor 7)
  - * Bentonite (factor 8)

Response Measurements

Brightness and the colour parameters L, a, and b were measured on handsheets made from synthesised pulps according to the compositions required by the testing conditions of the screening test, and of the concentration series. Brightness is a term commonly used in the industry to designate the value of the reflectance factor of a sample with respect to a blue light having specific characteristics (in this case, a monochromatic light of 457 nm wavelength), it was measured by the TAPPI 452 standard method (TAPPI, 1992) [9].

The chromatic parameters L, a and b were measured by the TAPPI 524 standard method (TAPPI, 1992) [9]. The interest of the Hunter (L, a, b) colour system is that it can be used to compute a colour index which has been defined by a correlation with normal human visual perception (MAC ADAM, 1981) [10]. The parameters L, a, and b represent specific chromatic characteristics. L is the lightness graded on a scale of 0 to 100 (black = 0, white = 100). Parameter a represents the green (<0) to red (>0) graduation and b the blue (<0) to yellow (>0) graduation. The centre point of the scale (a = b = 0) is grey. Brightness and L, a, and b were measured on a Technibrite™ laboratory colorimeter.

For the paperboard manufactured by the mill, brightness and b value are considered as the most important colour characteristics, and are very carefully verified by the mill and customers. Brightness connotes general quality, and a white with a trace of blue is generally preferred. However, paper tends to undergo a yellowing process with ageing.

Samples

• ***Pulp Preparation.*** The three component pulps were taken from their respective mill preparation lines, immediately after the refining stage. Pulp consistency and additive solid contents were measured by the normalised T 240 Tappi method (TAPPI, 1992) [9]. To ensure thorough homogenisation of the synthesised pulps, the three components were mixed in a closed tank with a recirculation pump wich was kept in operation during the whole preparation phase. Chemical additives were added to the pulp after a 15 minutes agitation period, in the same order as in the actual manufacturing process. The mixing action was maintained for an additional 15 minutes before samples were taken for handsheet preparation. This period corresponds to the time lag between the pulp making stage and its delivery to the headbox in the mill.

• ***Handsheet preparation.*** Handsheets were made from the synthesised pulps in a standard sheet machine according to the compositions required for the tests. The grammage for each handsheet was 1.2 grams. After a normalised pressing, handsheets were dried on rings, under standard conditions (T 402 Tappi method) [9].

• ***Pulp characterisation tests.*** The pulp properties which could affect the colour of the filler ply, but were not considered as experimental factors in this work, were measured and, as much as possible, controlled. These properties were: pH, conductivity, particle charge, fibre length distribution, stock composition. The pH and fibre length distribution were maintained as constant as possible in all samples; the conductivity was to be kept under a maximum level of 3000 μ Siemens and particle charge under 2000 μ equivalent/L for non-filtered slurries. Particle charge measurements have been used to

determined the level of anionic colloids commonly called anionic trash, which are known to inhibit the performance of cationic agents. The pH and the conductivity were measured with standard equipment, fibre length distribution with a Valmet-Kajaani FSA apparatus, and the particle charges with a GmbH-Mütek PCD03. The fibre types in pulp composition were determined with an optical microscope. The range of measured values of those properties on pulps are given in Table 2.1; the experimental conditions objectives were achieved.

Table 2.1
Controlled parameters

a. BCTMP

		Mean	St. Deviat.	Max.	Min.
pH		7.8	0.6	8.4	7
Fiber length	A (mm)	0.41	0.01	0.42	0.39
	L(mm)	0.61	0.01	0.62	0.6
	W(mm)	0.73	0.01	0.74	0.71
	f A(%)	29.4	1.8	32.8	26.6
	f L(%)	5.1	0.4	6	4.5
	f W(%)	0.8	0.1	1	0.7
Conductivity	(micro S)	1520	136	1742	1323
charge(filtr.)	(micro eq/L)	414	284	1029	141
charge(non filt)	(micro eq/L)	1058	588	2003	527
Composition	SW(%)	10.1	5.9	17.2	3.5
	HW(%)	89.9	5.9	96.5	82.8

b. Repulped

		Mean	St. Deviat.	Max.	Min.
pH		7.3	0.6	8.5	6.7
Fiber length	A (mm)	0.43	0.01	0.45	0.42
	L(mm)	0.73	0.01	0.74	0.7
	W(mm)	0.91	0.01	0.92	0.9
	f A(%)	33.4	1.3	36	30.3
	f L(%)	5.4	0.3	5.8	4.8
	f W(%)	0.7	0.1	0.8	0.6
Conductivity	(micro S)	1523	315	1933	722
charge(filtr.)	(micro eq/L)	311	127	506	43
charge(non filt)	(micro eq/L)	497	324	1080	124
Composition	bctmp SW(%)	8.5	4.2	14	5.4
	bctmp HW(%)	56.3	11.6	68.1	38
	kraft SW(%)	22.2	9.4	34	9.5
	kraft HW(%)	13.1	3.7	17	8.4

c. Multifiber

		Mean	St. Deviat.	Max.	Min.
pH		7.8	0.7	8.4	6.8
Fiber length	A (mm)	0.43	0.01	0.45	0.42
	L(mm)	0.74	0.03	0.77	0.62
	W(mm)	0.93	0.05	0.98	0.74
	f A(%)	33.4	2.6	36.9	26.6
	f L(%)	5.3	0.5	6	4.5
	f W(%)	0.7	0.1	0.8	0.6
Conductivity	(micro S)	1621	246	2060	1365
charge(filtr.)	(micro eq/L)	440	246	905	113
charge(non filt)	(micro eq/L)	865	481	1518	422
Composition	bctmp SW(%)	53	8.4	63.5	45
	bctmp HW(%)	17.8	7.8	29.3	7.5
	kraft SW(%)	19.6	9.8	35.9	13
	kraft HW(%)	9.6	4.8	17.1	5.6

Symbols

A, L, W : Arithmetic, Length weighted, Weight weighted averages.
f A, f L, f W : Arithmetic, Length weighted, Weight weighted percentage of fines.
Fines are defined as fibres whose length is inferior to 0.20 mm.
HW and SW designate hardwood and softwood.
Filtr and non filt. refer to filtered and non-filtered slurries.

Screening Experiment

To identify the dominant factors among the eight selected for the screening test, a factorial design of level IV was conducted (SCHMIDT et LAUNSBY, 1997) [11]. Each factor assuming two values or modalities (maximum and minimum, Table 2.2), the plan requires 16 different pulp compositions, while a complete eight factor plan would have required 264 different pulp compositions. The level IV plan separates principal effects from second order interactions between the factors (WHEELER et LYDAY, 1988) [12]. In order to increase the accuracy of the results, and hence the quality of the information produced, two separate pulp samples were prepared for each composition (32 pulp samples) and six handsheets were made for each sample (192 handsheets). Brightness, L, a and b were measured for each handsheet on both sides. The reported values of these parameters are the average of these measurements. The modalities attributed to each factor are based on data collected during the mill monitoring period and are representative of the range of variation of those factors. Some isolated extreme values (small runs of special products) were not taken into account, as they would have biased the range investigated. It was considered more important that this work be focused on prevalent mill operating conditions rather than on maximum range of variations.

Table 2.2
Factors modalities

Number	Factors	Modality -	Modality +
1	BCTMP type	fresh	baled
2	Pulp composition	0.4/0.4/0.2	0.6/0.2/0.2
3	Ref.deg.(CSF)	330/370	370/410
4	Starch (kg/t)	7	11.5
5	Alcofix (kg/t)	1	2.5
6	A.K.D (kg/t)	1.1	1.9
7	Percol (kg/t)	0.25	0.4
8	Bentonite (kg/t)	1.4	2.4

Notes:
a. Pulp composition: mass fraction od of BCTMP, repulped stock and multifiber
b. Additives concentration kg of od product per ton of ad pulp

Concentration Series

The screening test showed that four of the eight factors - pulp composition and three chemical additives - had important effects on the brightness and the colour of the filler ply. A concentration series on significant chemical additives was subsequently performed to quantify their impact. In those experiments, only one factor at a time was varied between the screening test two modalities while the balance of the pulp composition was kept constant. The base composition of the pulp and its key properties are given in Table 2.3. The same experimental procedure was used as for the screening experiment.

Table 2.3
Concentration series controlled parameters

	Mixture	BCTMP	Broke	Multifibres
Pulp composition		0.4	0.4	0.2
BCTMP type		fresh	/	/
Ref.deg.(CSF)		394	101	237
Percol (kg/adt)	0.33			
Bentonite (kg/adt)	1.9			
Alcofix (kg/adt)	1 to 2.5			
A.K.D (kg/adt)	1.1 to 1.9			
Starch (kg/adt)	8 to 10.5			
pH		8.3	7.1	8.3
Fiber length	A (mm)	0.42	0.45	0.43
	L(mm)	0.61	0.73	0.77
	W(mm)	0.71	0.91	0.97
	f A(%)	26.6	30.3	34.5
	f L(%)	4.5	4.8	5.5
	f W(%)	0.7	0.7	0.7
Conductivity	(micro S)	1519	1204	1905
Particle charge	filtr.(micro eq/l)	699	446	727
	non filt.(micro eq/l)	1425	1110	1159

Symbols: see Table I

2.2.4.2 RESULTS AND ANALYSIS

Screening Test

Figure 2.1 presents bar charts of the main factor effects for their complete range of variations on brightness, lightness (parameter L) and blue to yellow hue (parameter b) of the handsheets.

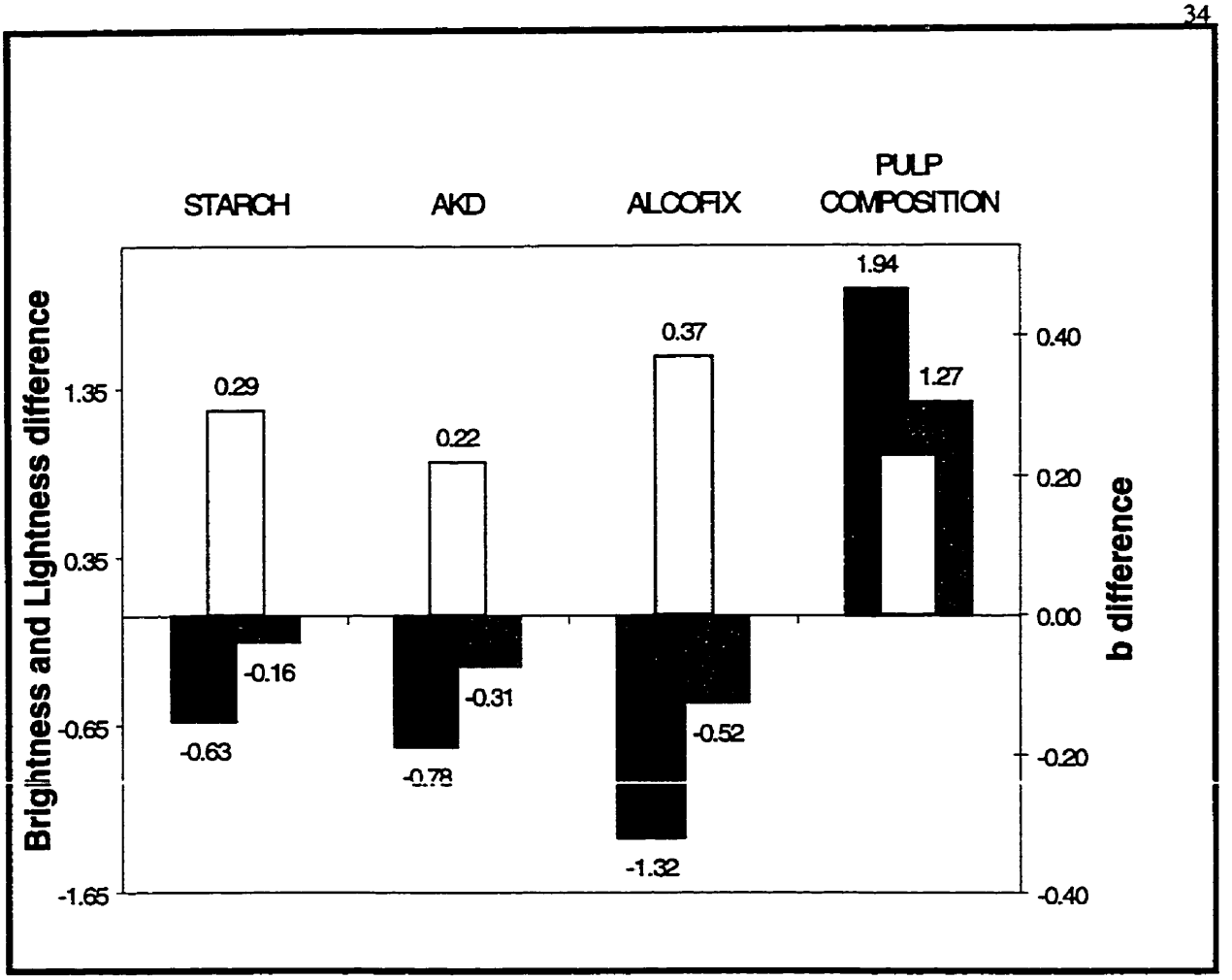


Figure 2.1. Principal Factors effects(■ Brightness, ■ Lightness, ▒ b)

- ***Brightness.*** Four factors have significant effects on brightness: pulp composition, Alcofix, AKD and starch. Pulp composition is the dominant factor: when the concentration of BCTMP (whatever the type) in the pulp increases from 40 to 60 %, the brightness gains almost two points. Three of the additives, Alcofix, AKD, and starch, in that order, also had significant effects, although negative, on brightness. The four other factors (type of BCTMP, degree of refining, Percol and Bentonite) were found not to have any significant effect on brightness.

• ***Lightness*** Similar effects were observed for lightness except that starch was not among the significant factors in this case. Again, increasing BCTMP concentration in the pulps improves lightness very significantly while the two additives, Alcofix and AKD have smaller but negative impacts, because they render the ply darker.

• ***Parameters a and b.*** The same four factors were found to have significant effects on the blue to yellow hue of the ply, but in this case, all effects are in the same direction: increasing the concentration of BCTMP, of Alcofix, cationic starch or AKD, increase the yellowness of the ply. Only pulp composition was found to have a significant effect on the green to red hue of the ply: increased concentration of BCTMP and reduced repulped stock content makes the ply slightly greener.

• ***Discussion.*** As anticipated, BCTMP contributes to brightness and lightness, but also to yellowness. The study has also shown that the type of BCTMP used (i.e : whether the pulp is produced on site or purchased in dried bales) and its degree of refining does not appear to have any significant effect on the brightness and colour of the filler ply. In addition, it was found that some but not all of the additives also have a marked but negative effect on the brightness and colour of the filler ply: the sizing agent (AKD), the mechanical properties booster (cationic starch) and the retention co-factor (Alcofix) all contribute to yellowing, reduced brightness and reduced lightness. Those ingredients should be added sparingly, and their effects on colour compensated for or masked by other means .

• ***Remark.*** Interactionc between factors were not found to have any significant effects.

Concentration Series

Figure 2.2 presents the results obtained for the concentration series of Alcofix, AKD and starch.

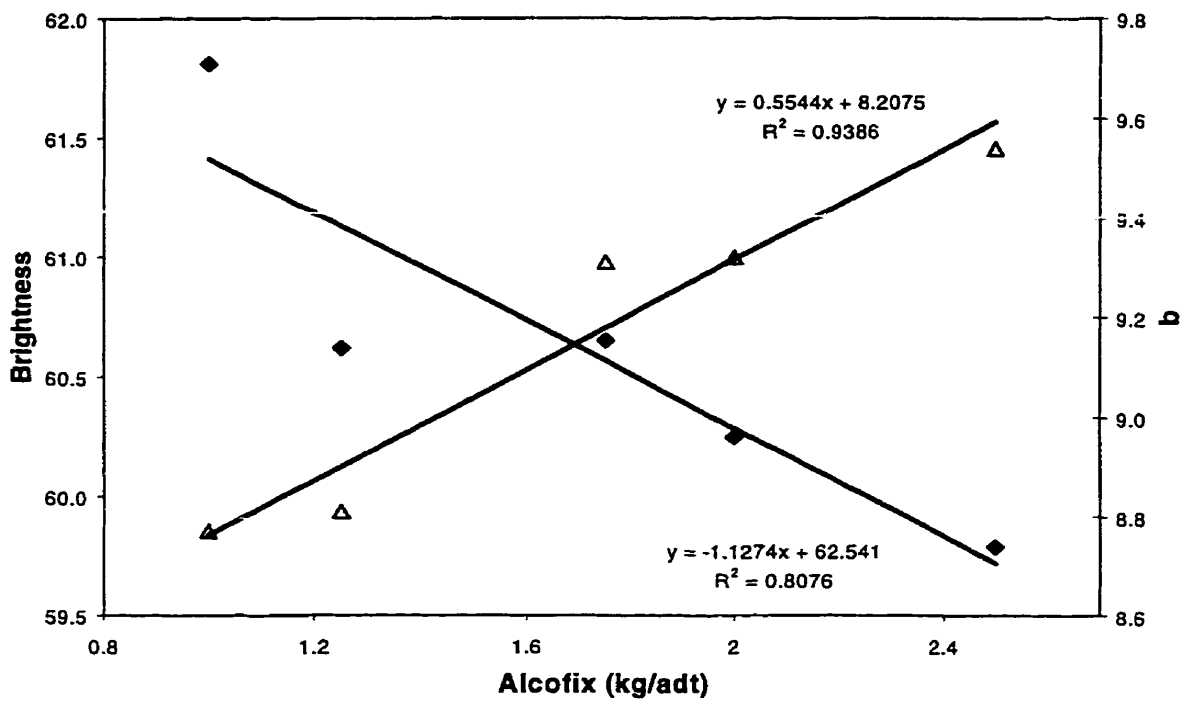


Figure 2.2a

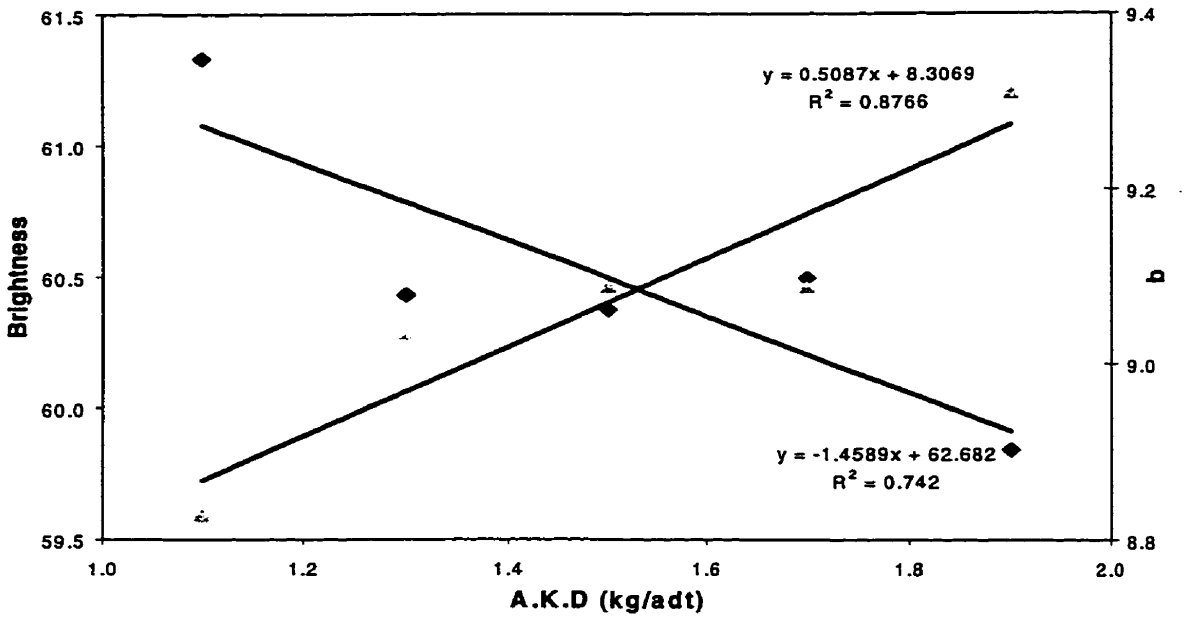


Figure 2.2b

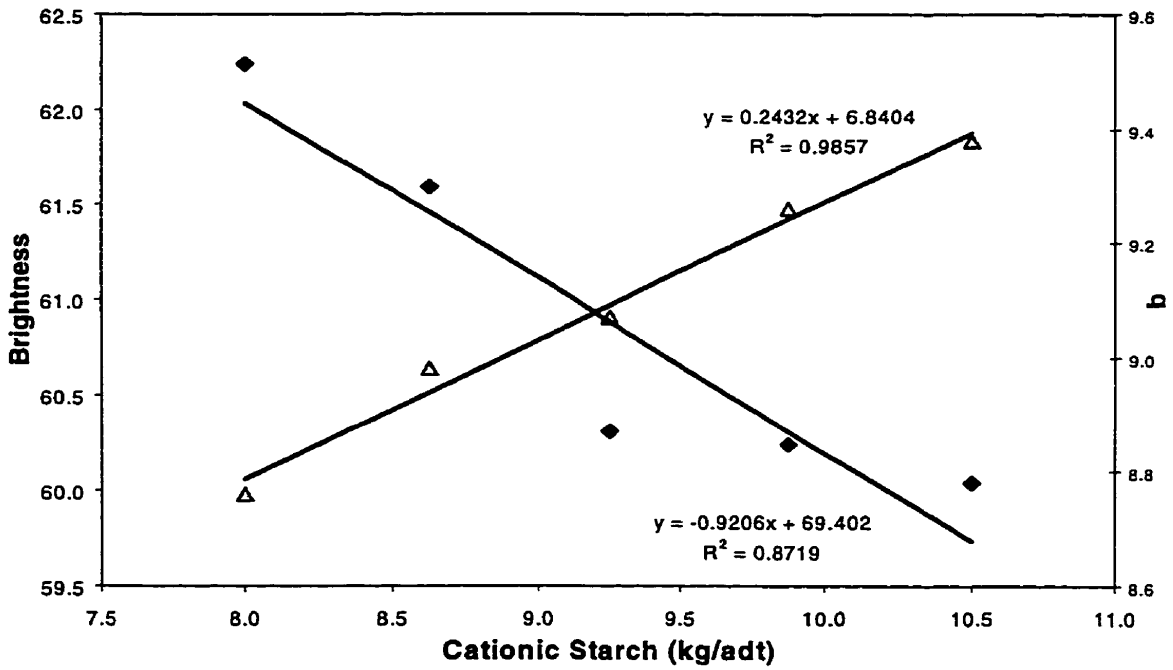


Figure 2.2c

Figure 2.2. Effects of Additives on Brightness (◆) and on Colour b Factor (▲).

2.2a : Alcofix; 2.2b : A.K.D; 2.2c : Cationic Starch

Standard Deviations: 0.5 (Brightness), 0.3 (Lightness), 0.2 (b)

These experiments confirm the significant negative role of those three chemical additives. Alcofix remains the most significant factor. However, it should be noted that in all cases, the magnitude of the observed effects is larger than in the screening test. For example, Alcofix, when increased from 1 to 2.5 kg/t, contributes to a loss of brightness of more than 2 points, and a gain of yellowness of 0.7 points; the screening test predicted 1.3 and 0.5 points respectively. When the recipe contains high concentrations of Alcofix, AKD or starch, the colour of the filler ply is affected, and the combination of these effects is also likely to influence the colour of the finished paperboard. These concentration series underscore the need to integrate these three chemical additives in a future colour model. All the data can be reasonably well approximated by a first-degree polynomial. A similar linear behaviour was observed for parameter b in the study of the effect of the colour corrective dyes (Part II). This may indicate the chemical additives behave as a yellow dye, albeit with a much weaker impact.

2.2.5 PART II: EFFECTS OF A BLUE DYE

2.2.5.1 EXPERIMENTAL WORK

The purpose of this work was to determine the effect of the blue dye added to the filler pulp on the filler ply colour and the effectiveness of its corrective action in view of

the pulp composition and additives effects observed in Part I. A method to estimate dye retention in the filler ply Fourdrinier based on the experimental results was also developed. The experimental work was performed on site in the mill laboratory and experimental methods and measurement techniques were the same as in Part I, except as indicated below.

It is not feasible to make direct measurements on the dried filler ply since it is then imbedded between the two outer plies; it was therefore decided to make handsheets from pulps taken from the headbox during actual production and to measure their colour as a function of the recorded blue dye dosage at the time of sampling. In order to obtain a sufficiently broad range of dye concentration, 17 samples were taken over a period of 21 days. Important variations in dye concentration (ratio of more than 1 to 3) and measured colour made it possible to effectively separate dye effects from recipe effects on the handsheet colour. This method eliminated the need to prepare less realistic synthetic pulps, a necessity imposed in Part I, by the rigorous experimental design. The operating conditions and pulp compositions corresponding for the 17 samples are presented in Table 2.4.

Table 2.4
Pulp Recipes and Operating Conditions for Part II

N°	Bent.	Perc.	Alco.	Starch	AKD	Comp.	pH	Fibre Ret.	Weight
	kg/adt	kg/adt	kg/adt	kg/adt	kg/adt	%		%	g / m^2
1	2.1	0.33	1.9	9.7	1.3	50/30/20	/	96	/
2	2.16	0.34	2.16	9.6	1.16	55/30/15	7.49	97	191.7
3	2.05	0.32	2.1	8.8	1.35	60/25/15	7.8	93	104.5
4	2	0.29	2	8.6	1.29	57/25/18	7.91	93	107.8
5	1.9	0.3	1.8	8.4	1.2	50/30/20	7.73	91	109
6	1.9	0.29	2	8.6	1.3	52/33/15	7.79	91	109.7
7	1.83	0.32	2.9	8.7	1.38	49/33/18	7.7	91	90.3
8	2.08	0.29	1.93	9.23	1.35	50/30/20	7.68	84	69.2
9	2	0.31	2.2	10	1.46	50/30/20	7.76	89	77.8
10	1.73	0.32	2	10.4	1.46	45/35/20	7.75	92	70.3
11	2	0.29	1.97	9.6	1.43	40/35/25	7.96	90	63.6
12	2	0.28	1.99	6.9	1.32	40/25/35	7.94	87	62.1
13	1.8	0.3	1.9	8.7	1.1	50/30/20	7.83	93	95.3
14	1.9	0.31	2	8.9	1.1	50/30/20	8.05	90	77
15	2.1	0.31	2	9.3	1.2	52/33/15	8.02	97	165.4
16	2	0.28	1.85	7.4	1.04	52/33/15	7.89	97	194.6
17	1.87	0.26	1.92	7.2	1.12	52/33/15	7.87	97	243.4

In order to compute the amount of dye retained in the filler ply by a mass balance over the Fourdrinier, it is necessary to measure or estimate the amount of dye present in the drained whitewater. An exploratory experiment showed that absorption spectrophotometry would not produce reliable values of dye concentrations in the water phase because of low concentrations and broad variations in pulp composition. To circumvent this difficulty, an indirect method was developed to estimate the amount of dye fixed to suspended fibrous material in the whitewater. Since the low consistency of the whitewater collected (Table 2.5) prevented the preparation of handsheets by standard procedures, pulp cakes were made by filtering the fines with vacuum assisted drainage. Whitewater for cake preparation was collected from the filler Fourdrinier at the same

time as pulp sampling. The same procedure was followed for pressing and drying the pulp cakes as was used for the handsheets and the grammage was maintained ($2g/m^2$). It seems that the reliability of the colour measurements was not altered; the accuracy of b value measurements was about 0.4 points (vs 0.25 points for handsheet measurements), which is quite adequate for the purpose of the study. For each white water and headbox sample, 6 handsheets or cakes were made and the colour parameters were measured on both sides. Reported values are averages of these measurements. In addition the fiber length distribution in the whitewater samples was determined with the Valmet Kajaani FSA equipment. Results (Table 2.5) show that this distribution is quite constant; the mean proportion of fines in the filler ply whitewaters was 78%, with a standard deviation of 3.4 %.

Table 2.5

Fibres length distribution in white water sample from filler ply Fourdrinier

	Mean	St. deviation	Max	Min
A (mm)	0.14	0.02	0.17	0.12
L(mm)	0.35	0.05	0.46	0.3
W(mm)	0.59	0.06	0.71	0.5
f A(%)	78	3.4	82.4	71.8
f L(%)	37.1	5.8	44.6	25.9
f W(%)	11.1	2.9	14.7	5.2

Symbols: see Table I

Since results from Part I have clearly established that the main effect of BCTMP content and chemical additives is to increase the yellow hue of the filler ply, the effect of

the added blue dye was determined in order to assess the effectiveness of its counter-acting effect on the b value. Brightness and lightness were also measured but no significant effects were observed and results are not presented.

2.2.5.2 RESULTS AND ANALYSIS

The average measured values of factor b for the handsheets and pulp cakes as a function of the blue dye concentrations in the filler ply headbox are presented on Figure 2.3.

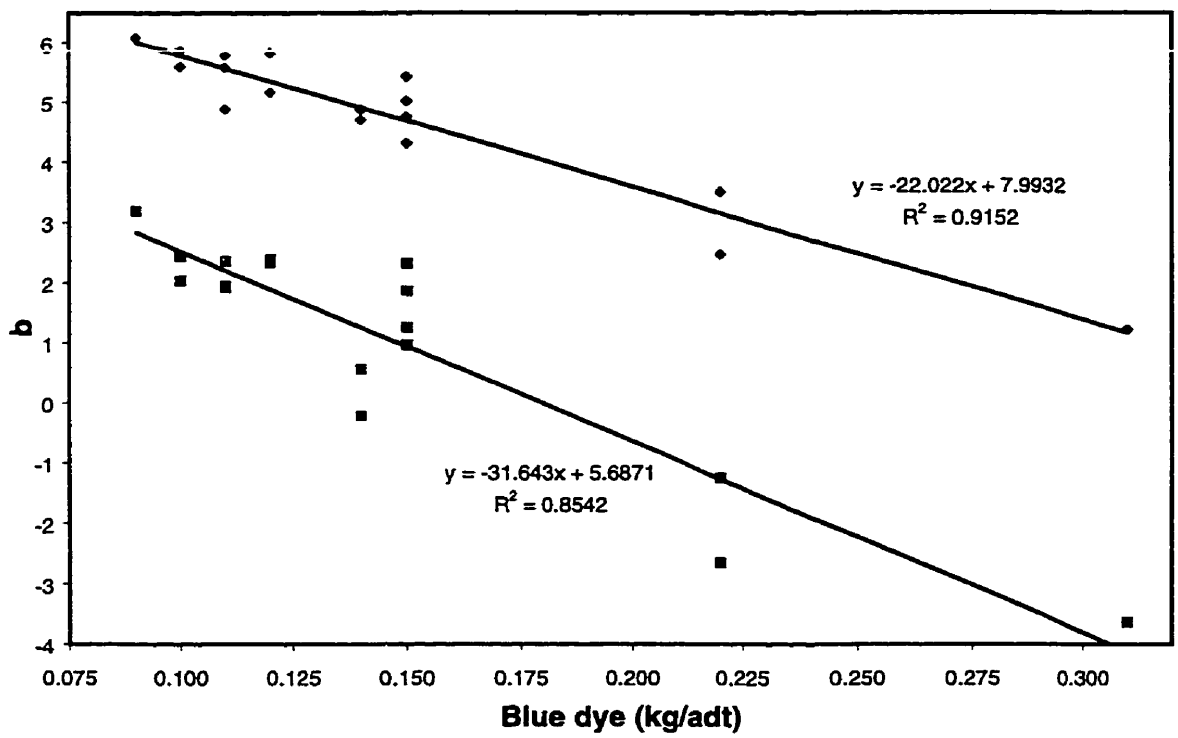


Figure 2.3. Effect of Blue Dye Concentration on the b Colour Factor of Handsheets made from Furnish (◆) and Pulp Cakes (■) made from White Water

Those results demonstrate the strong influence of the blue dye on the b colour component of the sample. They also show that the relation between b value and dye concentration is linear in the domain investigated (0.08 to 0.28 kg/adt). The data can be satisfactorily fitted by a first-degree polynomial.

Dye vs composition effects

The magnitude of the effects of the dye is more important than that of the other parameters found influent in Part I. For example, to reduce the b value by 0.7 points, the inverse of the effect observed with Alcofix total concentration range, only about 0.04 kilograms of dye per ton of pulp is needed, i.e. much less than the range of dye addition observed during the work. Blue dye addition can certainly be an effective means to counteract the impacts of pulp composition and chemical additives. However, the observed colour is a complex combined effect of pulp composition, level and type of additives used, and dye concentration. This explains the significant colour variations observed at constant dye concentration (Table 2.6 and Figure 2.3).

Table 2.6
Operating conditions (Part II)
Dye concentration = 0.15 kg / adt

N°	Bent.	Perc.	Alco.	Starch	AKD	Comp.	Fibre Ret.	Gramm.	b (hand.)	b (cakes)
	kg/adt	kg/adt	kg/adt	kg/adt	kg/adt	%	%	g / m^2		
1	2.1	0.33	1.9	9.7	1.3	50/30/20	96	/	4.31	1.26
2	2	0.31	2.2	10	1.46	50/30/20	89	77.8	5.43	1.87
3	2	0.29	1.97	9.6	1.43	40/35/25	90	63.6	4.75	0.97
4	2.1	0.31	2	9.3	1.2	52/33/15	97	165.4	5.02	2.33

Dye ratio used of more than 1 to 3 also illustrates the difficulty experienced by the mill to maintain constant paperboard colour and brightness. In addition, it points out to potential control problems.

Whitewater vs headbox colour

The experimental results also reveal a strong linear correlation between the colour of hansheets and pulp cakes made from corresponding samples (Figure 2.4).

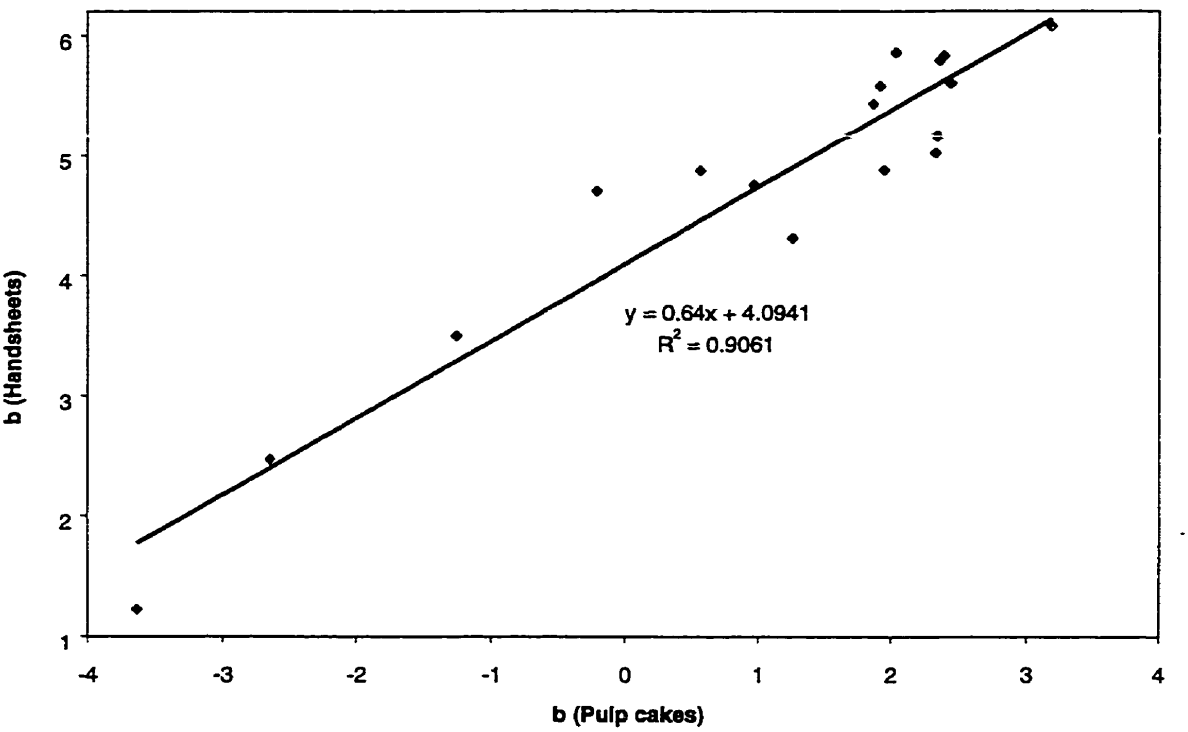


Figure 2.4. Correlation of b Colour Values for Handsheets and Pulp Cakes

It could be expected that increasing blue dye concentration in the pulp would also increase blue dye concentration in the whitewater collected from the Fourdrinier; however it it is somewhat surprising that the cakes made from white water are significantly bluer than the handsheets made from pulp. This, of course, does not indicate that the dye concentration in whitewater is higher than in headbox. In fact, this effect can be explained by the very large consistency difference between headbox pulp (about 0.6 %) and white water (about 0.04 %), a ratio of about 1 to 15, as discussed in the next section.

2.2.5.3 ESTIMATION OF DYE RETENTION

Colour vs dye concentration in whitewater

The strong linear correlation observed between colour measurements of headbox handsheets and whitewater pulp cakes (Figure 4) make it possible to evaluate the total concentration of the blue dye in the whitewater filler ply. The estimation is based on the correlation obtained between the b value of handsheets and the concentration of blue dye in the furnish, Q, expressed as kilograms of dye per ton of air dried fibrous material:

$$\mathbf{b = -22.022\ Q + 7.5932} \qquad \mathbf{(1)}$$

This relation is only valid in the specific context of the experiments. In order to exploit this proposal, the following hypotheses are made. Considering that white waters samples correspond to the same pulp recipes, it is possible to apply equation (1) to whitewater, if Q is the concentration of the dye in the whitewater itself (Hypothesis 1). This hypothesis does not take into account color differences that may be caused by the

higher fines fraction in the whitewater than in the head box. Fines are known to have a stronger yellow hue than long fibers because of their high specific surface. This linear relation can be extrapolated to the colour of pulp cakes made from whitewater provided it is expressed on the same basis (Hypothesis 2). The dye is in equilibrium between the fibres and water phases in the pulp furnish as well as in the whitewater (Hypothesis 3).

Pulp cake colour measurements gave linear correlation between the b value and the blue dye concentration in the headbox furnish:

$$\mathbf{b = -31.643\ Q_{hb} + 5.6871} \qquad (2)$$

Applying hypothesis 2 to the pulp cakes, the combination of equations (1) and (2) gives a relation between furnish and whitewater blue dye concentration expressed in kilograms of dye per ton of dried fibrous material in the considered suspension:

$$\mathbf{Q_{ww} = 1.437 * Q_{hb} + 0.105} \qquad (3)$$

The blue dye concentrations in the whitewater Q_{ww} appears superior to the corresponding furnish blue dye concentrations Q_{hb} because both quantities are expressed on the basis of total suspended fibres in whitewater or pulp respectively.To express the concentration of dyes in whitewater relative to headbox furnish, the total retention of fibres, R, in the filler ply Fourdrinier must be taken into account:

$$\mathbf{Q_{ww} = (1\text{-}R/100) * (1.437 * Q_{hb} + 0.105)} \qquad (4)$$

During the experimental study, the retention of fibres varied from 84 to 97%. Fibres retention, during stable operating conditions, is directly related to paperboard grammage: as grammage increases so does fibres retention. The highest fiber retention values were effectively observed for highest paperboard grammage (superior to 160

g/m^2), while lowest values corresponded to lowest grammage (inferior to 100 g/m^2). The dye retention, R_D, can then be estimated by equation (5):

$$R_D = (Q_{hb} - Q_{ww}) / Q_{hb} \quad (5)$$

Results

Figure 2.5 presents the estimated dye retention on the filler ply Fourdrinier as a function of dye concentration, for different levels of fibres retention.

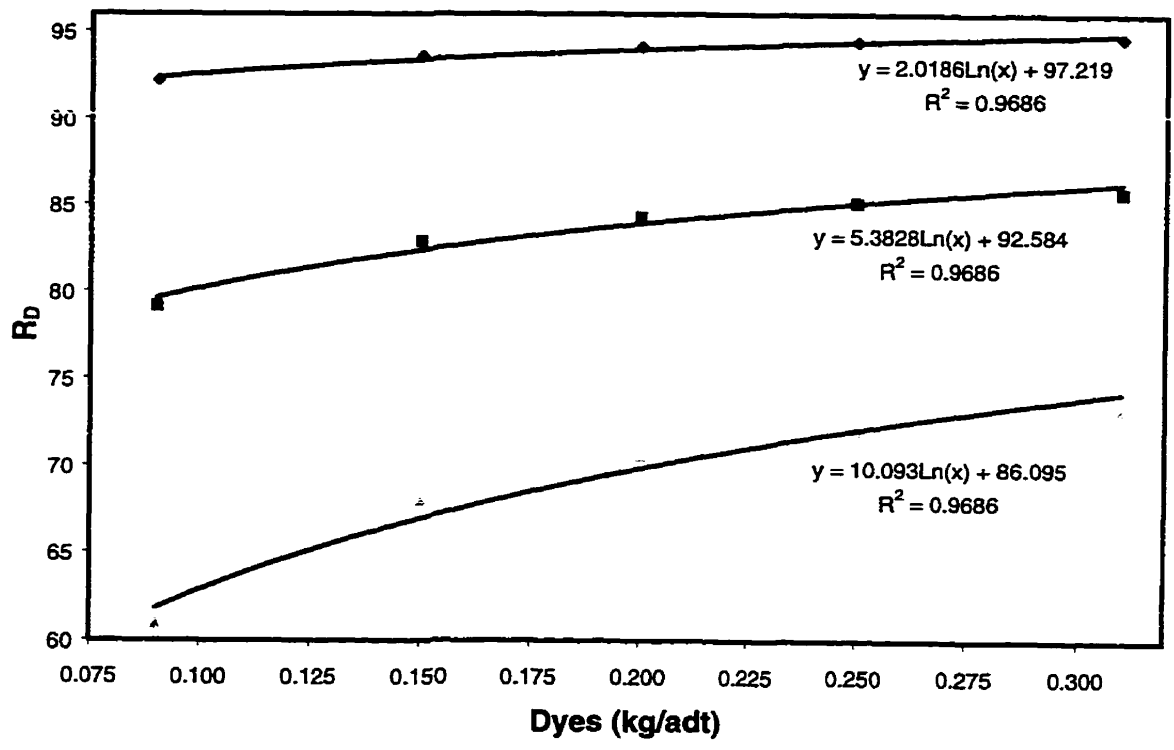


Figure 2.5. Dye Retention in the Filler Ply Fourdrinier as a function of Total Fibres Retention (◆ : 97%, ■ : 92%, ▲ : 85%) and Dye Concentration in Headbox.

The results indicate that dye retention increases with dye concentration; they can be fitted by a logarithmic equation. The slope of the curve depends on the fibres retention level at low value of dye concentrations: the lower the level, the higher the gradient. Dye retention tends to reach a plateau with increasing concentration. Dye retention depends upon fibres retention, hence upon the grammage of the filler ply board. The slope of the curve depends also on the fibres retention level. The biggest fluctuations of dyes behaviour, when dye addition varies, correspond with lowest fibres retention, that is lowest grammage. Dye concentration should be monitored carefully during production.

2.2.6 CONCLUSION

Effects of BCTMP, Alcofix, AKD and starch. This experimental study has shown that some components of the filler ply composition significantly affect its brightness and colour. As the concentration of BCTMP in the pulp mixture increases, in replacement of repulped stock, brightness, lightness, but also yellowness increase. Three of the additives (the retention co-factor, the sizing agent and the mechanical properties enhancer) have negative effects on brightness and lightness, and they also increase yellowness.

It can be reasonably inferred that significant yellowness degradation would occur when large concentrations of additives and BCTMP are used. The same effects can be expected for brightness and lightness when high concentrations of additives and repulped stock are used. The overall impact could therefore affect the brightness and the colour of the finished paperboard. Any recipe based on such combinations of high

concentrations should be monitored carefully to determine whether remedial actions are necessary. Such remedial actions could be: colour compensation by dye addition or rebalancing problem-prone recipes.

Dye impact. This study has also shown that dye addition can be an effective means to compensate for colour variations and to adjust the finished product colour to customers specifications. However, dye retention on the filler ply Fourdrinier appears to be affected by variations in dye concentration, especially at lower grammage. Particular care should be taken to monitor changes in dye addition.

Perspective. These results provide the basis for the development of control actions. A model of the combined impacts of furnish composition and dye addition could be developed to support control policies based on product recipes and also to anticipate formulation fluctuations.

2.2.7 ACKNOWLEDGEMENTS

This research project was sponsored by the Natural Science and Engineering Research Council of Canada (NSERC) through the Industrial R&D Cooperative Program. Laurent Cabos received a France-Quebec scholarship. We would also like to thank the mill technical personnel for their invaluable assistance and collaboration. Professor Bernard Clément (École Polytechnique, Montréal) provided us with very useful advice in statistical methods for experiments while David Amelin (International Exchange Student) participated in the execution of the experimental work.

2.2.8 REFERENCES

1. DULLFORCE, J.P., On-line Colour Measurement and Control, *Process control conference*, Pira Paper and Board Division, Paper 2A-9, Eastbourne, U.K (5-7 Dec.1988).

2. CHISHOLM, A., J., Colour Measurement and Control in the Paper Industry, *Appita*, 40 (6): 455-60 (1987).

3. CHAO, H., WICKSTROM, W., The Development of Dynamic Colour Control on a Paper Machine, *Automatica*, 6: 5-18, Pergamon Press, London (1970).

4. BELANGER, P., A Paper Machine Colour Control System Design Using Modern Techniques, *IEEE*, AC-14(6) (1969).

5 SHIH-CHIN, C., Color Control System for Paper Machines, *Process Control Conference*, 81th Annual Meeting, Technical Section A, CPPA, Montreal, Canada (1995)

6. COLLING, F., The Use and Mis-use of Dyestuffs, Sandoz Products Limited, *North Western Branch Papers, Institution of Chemical Engineers*, 2 (1986).

7. PEARL, I.A., The Chemistry of Lignin, Marcel Decker, New York (1967).

8. AU, C.O., THORN, I., JOHANSSON, K., The Use of Retention and Drainage Aids in the Wet-end, *Applications of Wet-End Paper Chemistry*, Blackie Academic and Professional, London (1994).

9. TAPPI TEST METHODS(1992-1993), TAPPI Press, Atlanta, Georgia (1992).

10. MAC ADAM, D.L., Color Measurement: Theme and Variations, Springler -Verlag, New York, 2nd ed. (1981).

11. SCHMIDT, S.R , LAUNSBY, R.G., Understanding Industrial Experiments, Air Academy Press, New York, 4th ed.(1997).

12. WHEELER, D.J., LYDAY, R.W., Understanding Industrial Experimentation, *SPC Press*, Knoxville, Tenessee, 2nd ed. (1988).

CONCLUSION

1 Contribution au domaine :

Dans le cadre de ce projet, une étude expérimentale a été effectuée pour déceler et quantifier les effets des paramètres de composition et des correctifs utilisés sur la couleur des cartons trois couches. Ce travail se distingue aussi bien au niveau de la méthodologie qu'au niveau des résultats.

Méthodologie de travail

. La préparation et l'exécution des essais se sont déroulées à l'usine Temboard. Les mesures de couleur et de blancheur ont été prises sur les appareils normalisés de l'usine.

. L'expérimentation a intégré l'utilisation d'un plan statistique d'expérience. Cette approche séquentielle a permis de filtrer les variables influentes, parmi les huit paramètres préalablement retenus, en un minimum de 32 expériences. Les variables décelées par cette première expérimentation ont ensuite été étudiées individuellement.

. Plusieurs suivis des conditions d'opération sur la machine à carton de Temboard ont été effectués notamment pour fixer les modalités du plan d'expérience et pour étudier le rôle des colorants.

. La conductivité et la teneur en charges des suspensions de pâtes, entre autres conditions expérimentales, ont été contrôlées de manière rigoureuse.

. Les distributions en taille des fibres dans les différents prélèvements de pâtes ont été mesurées avec des appareils Kajaani FSA en 2 points de la machine : caisse d'arrivée et eaux blanches de la couche intérieure.

. La préparation des mélanges recréés en laboratoire a été basée sur le procédé industriel et les ajouts d'additifs chimiques suivaient l'ordre d'opération sur la machine à cartons de Temboard. Une pompe de recirculation a assuré une excellente homogénéisation dans les mélanges de pâtes.

Résultats

Cette étude expérimentale a permis de mettre en évidence l'influence de plusieurs éléments entrant dans la composition de la couche intérieure du carton produit sur la couleur et la blancheur. Les écarts de couleur sont exprimés dans le système (L, a, b).

. La composition du mélange de pâtes pour la fabrication du carton influe sur la couleur et la blancheur. L'augmentation de la proportion de PCTMB entraîne une augmentation de la blancheur mais déplace la couleur du mélange vers le jaune.

. Trois additifs chimiques, l'Alcofix, l'amidon cationique et l'AKD, qui agissent respectivement sur la rétention, les propriétés physiques et le collage se sont également révélés influents sur la couleur et la blancheur. L'augmentation de teneur en ces produits dans le mélange a des conséquence négatives sur les propriétés optiques : la blancheur diminue et la teinte jaune de la couche intérieure est accentuée.

. Le colorant bleu utilisé par l'usine permet de corriger efficacement la teinte jaune du mélange de pâtes de la couche intérieure. Le colorant rose couplé à ce dernier n'influence pas de manière significative cette composante de la couleur. Sur la plage de variations observées, on note une corrélation linéaire entre composante chromatique b des échantillons fabriqués à partir des mélanges prélevés sur machine, aussi bien en caisse d'arrivée que dans les eaux blanches, et la concentration en colorants bleus introduits.

. A partir de ces données expérimentales, un modèle empirique de la rétention a été développé. Il montre que la rétention des colorants est élevée mais que le comportement de ces derniers semble dépendre des concentrations.

2 Actions correctives

Les non-spécifications de couleur des cartons peuvent être réduites par :

. Correction de la couleur des mélanges de pâtes par un dosage de colorants approprié tenant compte des résultats précédents.

. Équilibrage des recettes des mélanges de pâtes, en considérant la forte différence de couleur de la pâte PCTMB.

3 Travaux futurs

. Ces travaux ont montré que certaines variables de composition influencent de manière très significative la couleur de la couche intérieure. Il faut désormais utiliser les résultats obtenus pour quantifier les écarts de couleur sur le carton fini trois couches.

. Les autres étapes de la fabrication du carton, pressage, séchage, calendrage et particulièrement le couchage devront être étudiées pour mettre en évidence d'autres variables influentes sur la couleur.

. Les variables de composition les plus influentes seront intégrées dans un futur contrôleur de la couleur qui sera développé par un autre étudiant dans le cadre de son projet de maîtrise.

REFERENCES

AU, C.O., THORN, I., JOHANSSON, K., The Use of Retention and Drainage Aids in the Wet-end, *Applications of Wet-End Paper Chemistry*, Blackie Academic and Professional, London (1994).

BELANGER, P., A Paper Machine Colour Control System Design Using Modern Techniques, *IEEE*, AC-14(6) (1969).

CHAO, H., WICKSTROM, W., The Development of Dynamic Colour Control on a Paper Machine, *Automatica*, 6: 5-18, Pergamon Press, London (1970).

CHISHOLM, A., J., Colour Measurement and Control in the Paper Industry, *Appita*, 40 (6): 455-60 (1987).

CHRISMENT, A. la couleur et la colorimétrie, Communiquer par la couleur, *Editions 3C Conseil, Couleur Conseil Communication*, Paris (1994).

CLEMENT, B., Méthodes statistiques en ingénierie de la qualité, *manuel de cours*, École Polytechnique, Montréal (1997a).

CLEMENT, B., Planification et Analyse statistique d'expériences industrielles, *manuel de cours*, École Polytechnique, Montréal (1997).

COLLING, F., The Use and Mis-use of Dyestuffs, Sandoz Products Limited, *North Western Branch Papers, Institution of Chemical Engineers*, 2 (1986).

DULLFORCE, J.P., On-line Colour Measurement and Control, *Process control conference*, Pira Paper and Board Division, Paper 2A-9, Eastbourne, U.K (5-7 Dec.1988).

MAC ADAM, D.L., Color Measurement: Theme and Variations, Springler -Verlag, New York, 2nd ed. (1981).

MAC LAREN, K., Colour space, colour scales and colour difference, Colour physics for industry, Springler -Verlag, New York (1982).

MINOLTA Co., Precise colour communication, Colour control from feeling to instrumentation, Osaka, Japan (1994).

PEARL, I.A., The Chemistry of Lignin, Marcel Decker, New York (1967).

POPSON, S., MALTHOUSE,D., CRAWFORD, T., POPSON,T., CRAWFORD, M., Measurement and control of the optical properties of paper, Technidyne corporation, New Albany, Indiana, USA 2d ed.(1996).

SHIH-CHIN, C., Color Control System for Paper Machines, *Process Control Conference*, 81th Annual Meeting, Technical Section, CPPA, Montreal, Canada (2-3 Fev.1995)

SCHMIDT, S.R , LAUNSBY, R.G., Understanding Industrial Experiments, Air Academy Press, New York, 4th ed.(1997).

TAPPI TEST METHODS(1992-1993), TAPPI Press, Atlanta, Georgia (1992).

WHEELER, D.J., LYDAY, R.W., Understanding Industrial Experimentation, *SPC Press*, Knoxville, Tenessee, 2nd ed. (1988).

ANNEXES

ANNEXE I

n° serie	date	heure	pates	pH	conductivite	CSF	charges filtré	charges non filtré
					micro S	ml	micro eq / l	micro eq / l
1	19-mai	13h	PCTMB -P-		1516	412	701	1443
	19-mai	13h	Casses		1197	94	440	1080
	19-mai	13h	Multifibres		2010	199	717	1176
1'	26-mai		PCTMB -P-					
	26-mai		Casses					
	26-mai		Multifibres					
2	19-mai	13h	PCTMB -P-		1516	412	701	1443
	19-mai	13h	Casses		1197	94	440	1080
	19-mai	13h	Multifibres		2010	199	717	1176
2'	26-mai		PCTMB -P-					
	26-mai		Casses					
	26-mai		Multifibres					
3	28-mai	13h30	PCTMB -P-	8.4	1389	433	199	603
	28-mai	13h30	Casses	7.0	1575	74	310	124
	28-mai	13h30	Multifibres	8.4	1365	160	113	422
3'	28-mai	13h30	PCTMB -P-	8.4	1389	433	199	603
	28-mai	13h30	Casses	7.0	1575	74	310	124
	28-mai	13h30	Multifibres	8.4	1365	160	113	422
4	28-mai	13h30	PCTMB -P-	8.4	1389	433	199	603
	28-mai	13h30	Casses	7.0	1575	74	310	124
	28-mai	13h30	Multifibres	8.4	1365	160	113	422
4'	28-mai	13h30	PCTMB -P-	8.4	1389	433	199	603
	28-mai	13h30	Casses	7.0	1575	74	310	124
	28-mai	13h30	Multifibres	8.4	1365	160	113	422
5	28-mai	13h30	PCTMB -P-	8.4	1389	433	199	603
	28-mai	13h30	Casses	7.0	1575	74	310	124
	28-mai	13h30	Multifibres	8.4	1365	160	113	422
5'	28-mai	13h30	PCTMB -P-	8.4	1389	433	199	603
	28-mai	13h30	Casses	7.0	1575	74	310	124
	28-mai	13h30	Multifibres	8.4	1365	160	113	422
6	28-mai	13h30	PCTMB -P-	8.4	1389	433	199	603
	28-mai	13h30	Casses	7.0	1575	74	310	124
	28-mai	13h30	Multifibres	8.4	1365	160	113	422
6'	28-mai	13h30	PCTMB -P-	8.4	1389	433	199	603
	28-mai	13h30	Casses	7.0	1575	74	310	124
	28-mai	13h30	Multifibres	8.4	1365	160	113	422
7	20-mai	11h	PCTMB -P-	8.3	1559	427	622	1155
	20-mai	11h	Casses	7.9	722	95	506	1026
	20-mai	11h	Multifibres	8.0	2060	223	737	1518
7'	02-juin	22h	PCTMB -P-	8.07	1742	348	716	1640
	02-juin	22h	Casses	8.47	1933	115	98	460
	02-juin	22h	Multifibres	7.45	1897	137	725	1330
8	20-mai	11h	PCTMB -P-	8.3	1559	427	622	1155
	20-mai	11h	Casses	7.9	722	95	506	1026
	20-mai	11h	Multifibres	8.0	2060	223	737	1518
8'	26-mai		PCTMB -P-					
	26-mai		Casses					
	26-mai		Multifibres					

Paramètres controlés durant la planification statistique d'expériences - détails (Partie 1)

n° serie	date	heure	pates	pH	conductivite	CSF	charges filtré	charges non filtré
					micro S	ml	micro eq / l	micro eq / l
9	02-juin	22h	PCTMB -B-	8.07	1742	348	716	1640
	02-juin	22h	Casses	8.47	1933	115	98	460
	02-juin	22h	Multifibres	7.45	1897	137	725	1330
9'	22-mai	11h15	PCTMB -B-	7.0	1323	430	689	1913
	22-mai	11h15	Casses	8.1	1224	214	333	769
	22-mai	11h15	Multifibres	7.9	1616	295	537	1507
10	22-mai	11h15	PCTMB -B-	7.0	1323	430	689	1913
	22-mai	11h15	Casses	8.1	1224	214	333	769
	22-mai	11h15	Multifibres	7.9	1616	295	537	1507
10'	22-mai	11h15	PCTMB -B-	7.0	1323	430	689	1913
	22-mai	11h15	Casses	8.1	1224	214	333	769
	22-mai	11h15	Multifibres	7.9	1616	295	537	1507
11	29-mai	9h30	PCTMB -B-	7.2	1608	439	141	527
	29-mai	9h30	Casses	6.7	1620	100	36.3	523
	29-mai	9h30	Multifibres	6.8	1500	270	39.5	470
11'	29-mai	9h30	PCTMB -B-	7.2	1608	439	141	527
	29-mai	9h30	Casses	6.7	1620	100	36.3	523
	29-mai	9h30	Multifibres	6.8	1500	270	39.5	470
12	29-mai	9h30	PCTMB -B-	7.2	1608	439	141	527
	29-mai	9h30	Casses	6.7	1620	100	36.3	523
	29-mai	9h30	Multifibres	6.8	1500	270	39.5	470
12'	29-mai	9h30	PCTMB -B-	7.2	1608	439	141	527
	29-mai	9h30	Casses	6.7	1620	100	36.3	523
	29-mai	9h30	Multifibres	6.8	1500	270	39.5	470
13	29-mai	9h30	PCTMB -B-	7.2	1608	439	141	527
	29-mai	9h30	Casses	6.7	1620	100	36.3	523
	29-mai	9h30	Multifibres	6.8	1500	270	39.5	470
13'	29-mai	9h30	PCTMB -B-	7.2	1608	439	141	527
	29-mai	9h30	Casses	6.7	1620	100	36.3	523
	29-mai	9h30	Multifibres	6.8	1500	270	39.5	470
14	29-mai	9h30	PCTMB -B-	7.2	1608	439	141	527
	29-mai	9h30	Casses	6.7	1620	100	36.3	523
	29-mai	9h30	Multifibres	6.8	1500	270	39.5	470
14'	29-mai	9h30	PCTMB -B-	7.2	1608	439	141	527
	29-mai	9h30	Casses	6.7	1620	100	36.3	523
	29-mai	9h30	Multifibres	6.8	1500	270	39.5	470
15	15-mai	16h	PCTMB -B-			343	1029	2003
	15-mai	16h	Casses			130	426	953
	15-mai	16h	Multifibres			281	905	1224
15'	05-juin	22h	PCTMB -B-	7.85	1691	364	708	1810
	05-juin	22h	Casses	7.16	1931	93	43	280
	05-juin	22h	Multifibres	8.42	1854	215	608	1390
16	05-juin	22h	PCTMB -B-	7.85	1691	364	708	1810
	05-juin	22h	Casses	7.16	1931	93	43	280
	05-juin	22h	Multifibres	8.42	1854	215	608	1390
16'	05-juin	22h	PCTMB -B-	7.85	1691	364	708	1810
	05-juin	22h	Casses	7.16	1931	93	43	280
	05-juin	22h	Multifibres	8.42	1854	215	608	1390

Paramètres controlés durant la planification statistique d'expériences - détails (Partie 2)

date	série	A	L	W	f A	f L	fW
5/19/97	1	0.42	0.61	0.71	26.6	4.5	0.7
5/26/97	1'	0.4	0.6	0.72	28.7	5	0.8
5/19/97	2	0.42	0.61	0.71	26.6	4.5	0.7
5/26/97	2'	0.4	0.6	0.72	28.7	5	0.8
5/28/97	3	0.41	0.6	0.72	28.3	4.9	0.8
5/28/97	3'	0.41	0.6	0.72	28.3	4.9	0.8
5/28/97	4	0.41	0.6	0.72	28.3	4.9	0.8
5/28/97	4'	0.41	0.6	0.72	28.3	4.9	0.8
5/28/97	5	0.41	0.6	0.72	28.3	4.9	0.8
5/28/97	5'	0.41	0.6	0.72	28.3	4.9	0.8
5/28/97	6	0.41	0.6	0.72	28.3	4.9	0.8
5/28/97	6'	0.41	0.6	0.72	28.3	4.9	0.8
6/2/97	7	0.39	0.61	0.74	32.7	5.9	1
5/26/97	7'	0.4	0.6	0.72	28.7	5	0.8
5/20/97	8	0.42	0.62	0.74	26.6	4.5	0.7
5/26/97	8'	0.4	0.6	0.72	28.7	5	0.8
6/2/97	9	0.39	0.61	0.74	32.7	5.9	1
5/22/97	9'	0.41	0.6	0.73	28.5	5.2	0.9
5/22/97	10	0.41	0.6	0.73	28.5	5.2	0.9
5/22/97	10'	0.41	0.6	0.73	28.5	5.2	0.9
5/29/97	11	0.41	0.61	0.73	29.6	5	0.8
5/29/97	11'	0.41	0.61	0.73	29.6	5	0.8
5/29/97	12	0.41	0.61	0.73	29.6	5	0.8
5/29/97	12'	0.41	0.61	0.73	29.6	5	0.8
5/29/97	13	0.41	0.61	0.73	29.6	5	0.8
5/29/97	13'	0.41	0.61	0.73	29.6	5	0.8
5/29/97	14	0.41	0.61	0.73	29.6	5	0.8
5/29/97	14'	0.41	0.61	0.73	29.6	5	0.8
6/5/97	15	0.39	0.61	0.74	32.8	6	1
6/5/97	15'	0.39	0.61	0.74	32.8	6	1
6/5/97	16	0.39	0.61	0.74	32.8	6	1
6/5/97	16'	0.39	0.61	0.74	32.8	6	1

Distributions en longueur des fibres lors de la planif. statistique – détails (PCTMB)

date	série	A	L	W	f A	f L	fW
5/19/97	1	0.45	0.73	0.91	30.3	4.8	0.7
5/26/97	1'	0.44	0.74	0.92	32.5	5.2	0.7
5/19/97	2	0.45	0.73	0.91	30.3	4.8	0.7
5/26/97	2'	0.44	0.74	0.92	32.5	5.2	0.7
5/28/97	3	0.42	0.72	0.9	34.2	5.7	0.8
5/28/97	3'	0.42	0.72	0.9	34.2	5.7	0.8
5/28/97	4	0.42	0.72	0.9	34.2	5.7	0.8
5/28/97	4'	0.42	0.72	0.9	34.2	5.7	0.8
5/28/97	5	0.42	0.72	0.9	34.2	5.7	0.8
5/28/97	5'	0.42	0.72	0.9	34.2	5.7	0.8
5/28/97	6	0.42	0.72	0.9	34.2	5.7	0.8
5/28/97	6'	0.42	0.72	0.9	34.2	5.7	0.8
6/2/97	7	0.42	0.73	0.91	36	5.8	0.8
5/26/97	7'	0.44	0.74	0.92	32.5	5.2	0.7
5/20/97	8	0.42	0.7	0.9	33.3	5.5	0.8
5/26/97	8'	0.44	0.74	0.92	32.5	5.2	0.7
6/2/97	9	0.42	0.73	0.91	36	5.8	0.8
5/22/97	9'	0.44	0.73	0.9	32.9	4.9	0.6
5/22/97	10	0.44	0.73	0.9	32.9	4.9	0.6
5/22/97	10'	0.44	0.73	0.9	32.9	4.9	0.6
5/29/97	11	0.43	0.72	0.91	32.7	5.3	0.7
5/29/97	11'	0.43	0.72	0.91	32.7	5.3	0.7
5/29/97	12	0.43	0.72	0.91	32.7	5.3	0.7
5/29/97	12'	0.43	0.72	0.91	32.7	5.3	0.7
5/29/97	13	0.43	0.72	0.91	32.7	5.3	0.7
5/29/97	13'	0.43	0.72	0.91	32.7	5.3	0.7
5/29/97	14	0.43	0.72	0.91	32.7	5.3	0.7
5/29/97	14'	0.43	0.72	0.91	32.7	5.3	0.7
6/5/97	15	0.42	0.73	0.91	34.9	5.7	0.8
6/5/97	15'	0.42	0.73	0.91	34.9	5.7	0.8
6/5/97	16	0.42	0.73	0.91	34.9	5.7	0.8
6/5/97	16'	0.42	0.73	0.91	34.9	5.7	0.8

Distributions en longueur des fibres lors de la planification statistique – détails (Cassés)

date	série	A	L	W	f A	f L	fW
5/19/97	1	0.43	0.77	0.97	34.5	5.5	0.7
5/26/97	1'	0.42	0.75	0.95	36.9	6	0.7
5/19/97	2	0.43	0.77	0.97	34.5	5.5	0.7
5/26/97	2'	0.42	0.75	0.95	36.9	6	0.7
5/28/97	3	0.43	0.73	0.9	33	5.3	0.7
5/28/97	3'	0.43	0.73	0.9	33	5.3	0.7
5/28/97	4	0.43	0.73	0.9	33	5.3	0.7
5/28/97	4'	0.43	0.73	0.9	33	5.3	0.7
5/28/97	5	0.43	0.73	0.9	33	5.3	0.7
5/28/97	5'	0.43	0.73	0.9	33	5.3	0.7
5/28/97	6	0.43	0.73	0.9	33	5.3	0.7
5/28/97	6'	0.43	0.73	0.9	33	5.3	0.7
6/2/97	7	0.43	0.77	0.98	35.5	5.7	0.8
5/26/97	7'	0.42	0.75	0.95	36.9	6	0.7
5/20/97	8	0.42	0.62	0.74	26.6	4.5	0.7
5/26/97	8'	0.42	0.75	0.95	36.9	6	0.7
6/2/97	9	0.43	0.77	0.98	35.5	5.7	0.8
5/22/97	9'	0.45	0.77	0.96	32.6	5.11	0.7
5/22/97	10	0.45	0.77	0.96	32.6	5.11	0.7
5/22/97	10'	0.45	0.77	0.96	32.6	5.11	0.7
5/29/97	11	0.45	0.73	0.9	30.8	4.6	0.6
5/29/97	11'	0.45	0.73	0.9	30.8	4.6	0.6
5/29/97	12	0.45	0.73	0.9	30.8	4.6	0.6
5/29/97	12'	0.45	0.73	0.9	30.8	4.6	0.6
5/29/97	13	0.45	0.73	0.9	30.8	4.6	0.6
5/29/97	13'	0.45	0.73	0.9	30.8	4.6	0.6
5/29/97	14	0.45	0.73	0.9	30.8	4.6	0.6
5/29/97	14'	0.45	0.73	0.9	30.8	4.6	0.6
6/5/97	15	0.42	0.77	0.98	36.9	5.9	0.8
6/5/97	15'	0.42	0.77	0.98	36.9	5.9	0.8
6/5/97	16	0.42	0.77	0.98	36.9	5.9	0.8
6/5/97	16'	0.42	0.77	0.98	36.9	5.9	0.8

Distributions en longueur des fibres lors de la planif. statistique – détails (Multifibres)

Série	Blancheur	L	a	b
1	66.95	87.40	-0.14	7.96
2	64.39	86.41	-0.11	8.73
3	65.09	86.97	-0.19	8.91
4	67.23	87.70	-0.27	8.14
5	69.10	89.07	-0.52	8.46
6	68.71	88.89	-0.46	8.54
7	66.37	88.01	-0.40	8.43
8	68.26	88.38	-0.40	8.24
9	69.25	88.88	-0.51	8.07
10	67.13	88.09	-0.37	8.49
11	66.03	87.47	-0.32	8.80
12	67.62	88.11	-0.35	8.36
13	66.57	87.22	-0.13	8.02
14	66.00	87.00	-0.14	8.18
15	65.25	86.96	-0.33	8.76
16	65.45	87.06	-0.37	8.71

Synthèse des résultats du plan statistique

Série 1a												
	Bl. Tem.	Bl.	Diff. Bl.	L tem.	L	Diff. L	a tem.	a	Diff. a	b tem.	b	Diff. b
1a	72.13	66.69		89.99	87.22		-0.45	-0.22		7.27	7.95	
1b	71.83	67.92		90.01	87.53		-0.51	-0.11		7.53	7.32	
2a	72.13	66.63		90	87.06		-0.45	-0.17		7.3	7.77	
2b	71.67	66.62		89.94	87.02		-0.51	-0.1		7.58	7.69	
3a	71.78	66.68		89.95	87.04		-0.5	-0.17		7.51	7.7	
3b	72.3	66.61		90.06	87.01		-0.48	-0.12		7.24	7.68	
4a	71.64	66.56		89.88	87		-0.58	-0.11		7.54	7.73	
4b	71.33	66.58		89.83	87.01		-0.55	-0.1			7.74	
5a	72.38	65.98		90.03	87.02		-0.5	-0.23		7.13	8.25	
5b	71.88	66.04		89.92	87.08		-0.54	-0.26		7.39	8.27	
6a	71.9	68.08		89.96	87.55		-0.51	-0.12		7.52	7.23	
6b	71.91	68.28		89.97	87.69		-0.5	-0.17		7.25	7.29	
Moy.	71.91	66.89	-5.02	89.96	87.19	-2.78	-0.51	-0.16	0.35	7.39	7.72	0.33
Ecart	0.30	0.77		0.06	0.25		0.04	0.06		0.16	0.33	
% var.	0.41	1.15		0.07	0.29		7.45	35.52		2.10	4.33	

Résultats du plan statistique – détails (Série 1a, 1ère des 32 séries réalisées)

ANNEXE II

Date	Grade	Bent.	Perc.	Alco.	Catio	AKD	Ratio pâtes	Bleu	Rose
97-07-30	114	2.1	0.33	1.9	9.7	1.3	50/30/20	0.15	0.18
H.B.	Blancheur	L	a	b	conc		Ret		
	67.95	85.24	-0.58	4.31	7.04		96%		
W.W.	Blancheur	L	a	b	conc				
	62.45	79.51	0.99	1.26	0.264				
HACH	400 nm	500 nm	600 nm						
	0.049	0.012	0.005						

Date	Grade	Bent.	Perc.	Alco.	Catio	AKD	Ratio pâtes	Bleu	Rose
97-08-03	118	2.16	0.34	2.16	9.6	1.16	55/30/15	0.14	0.17
H.B.	Blancheur	L	a	b	conc	pH	Rét	Gramm.	
	68.47	85.83	-0.28	4.7	8.66	7.49	97%	191.7	
W.W.	Blancheur	L	a	b	conc				
	66.45	80.89	-0.67	-0.21	0.3				
HACH	400 nm	500 nm	600 nm						
	0.154	0.081	0.057						

Date	Grade	Bent.	Perc.	Alco.	Catio	AKD	Ratio pâtes	Bleu	Rose
97-08-04	212	2.05	0.32	2.1	8.8	1.35	60/25/15	0.1	0.14
H.B.	Blancheur	L	a	b	conc	pH	Ret	Gramm.	
	68.17	86.53	-0.36	5.86	6.16	7.8	93%	104.5	
W.W.	Blancheur	L	a	b	conc				
	64.58	81.23	-0.49	2.04	0.41				
HACH	400 nm	500 nm	600 nm						
	0.095	0.037	0.021						

Date	Grade	Bent.	Perc.	Alco.	Catio	AKD	Ratio pâtes	Bleu	Rose
97-08-05	212	2	0.29	2	8.6	1.29	57/25/18	0.1	0.15
H.B.	Blancheur	L	a	b	conc	pH	Rét	Gramm.	
	69.51	87.11	-0.24	5.6	6.51	7.91	93%	107.8	
W.W.	Blancheur	L	a	b	conc				
	66.63	82.92	-0.24	2.44	0.46				
HACH	400 nm	500 nm	600 nm						
	0.072	0.022	0.012						

Date	Grade	Bent.	Perc.	Alco.	Catio	AKD	Ratio pâtes	Bleu	Rose
97-08-06	212	1.9	0.3	1.8	8.4	1.2	50/30/20	0.11	0.14
H.B.	Blancheur	L	a	b	conc	pH	Rét	Gramm.	
	68.29	86.52	-0.48	5.79	6.28	7.73	91%	109	
W.W.	Blancheur	L	a	b	conc				
	66.23	82.61	-0.35	2.36	0.56				
HACH	400 nm	500 nm	600 nm						
	0.075	0.027	0.017						

Étude colorants : conditions d'opération et recettes de pâtes – détails (Partie 1)

Date	Grade	Bent.	Perc.	Alco.	Catio	AKD	Ratio pâtes	Bleu	Rose
97-08-07	311	1.9	0.29	2	8.6	1.3	52/33/15	0.11	0.19
H.B.	Blancheur	L	a	b	conc	pH	Rét	Gramm.	
	67.78	86.07	-0.54	5.58	6.18	7.79	91%	109.7	
W.W.	Blancheur	L	a	b	conc				
	64.07	80.96	0.16	1.92	0.54				
HACH	400 nm	500 nm	600 nm						
	0.125	0.057	0.038						

Date	Grade	Bent.	Perc.	Alco.	Catio	AKD	Ratio pâtes	Bleu	Rose
97-08-08	210	1.83	0.32	2.9	8.7	1.38	49/33/18	0.09	0.14
H.B.	Blancheur	L	a	b	conc	pH	Rét	Gramm.	
	67.88	86.49	-0.55	6.08	5.9	7.7	91%	90.3	
W.W.	Blancheur	L	a	b	conc				
	62.45	80.86	-0.57	3.19	0.4				
HACH	400 nm	500 nm	600 nm						
	0.122	0.052	0.033						

Date	Grade	Bent.	Perc.	Alco.	Catio	AKD	Ratio pâtes	Bleu	Rose
97-08-10	208	2.08	0.29	1.93	9.23	1.35	50/30/20	0.12	0.2
H.B.	Blancheur	L	a	b	conc	pH	Rét	Gramm.	
	65.91	85.13	-0.18	5.83	5	7.68	84%	69.2	
W.W.	Blancheur	L	a	b	conc				
	62.07	80.08	0.36	2.39	0.8				
HACH	400 nm	500 nm	600 nm						
	0.091	0.043	0.023						

Date	Grade	Bent.	Perc.	Alco.	Catio	AKD	Ratio pâtes	Bleu	Rose
97-08-11	6208	2	0.31	2.2	10	1.46	50/30/20	0.15	0.24
H.B.	Blancheur	L	a	b	conc	pH	Rét	Gramm.	
	66	84.88	-0.085	5.43	5.04	7.76	89%	77.8	
W.W.	Blancheur	L	a	b	conc				
	63.43	80.56	0.7	1.87	0.54				
HACH	400 nm	500 nm	600 nm						
	0.073	0.037	0.025						

Date	Grade	Bent.	Perc.	Alco.	Catio	AKD	Ratio pâtes	Bleu	Rose
97-08-12	5207	1.73	0.32	2	10.4	1.46	45/35/20	0.14	0.29
H.B.	Blancheur	L	a	b	conc	pH	Rét	Gramm.	
	66.44	84.71	0.024	4.87	5.13	7.75	92%	70.3	
W.W.	Blancheur	L	a	b	conc				
	63.23	79.48	1	0.57	0.7				
HACH	400 nm	500 nm	600 nm						
	0.055	0.022	0.015						

Étude colorants : conditions d'opération et recettes de pâtes - détails (Partie 2)

Date	Grade	Bent.	Perc.	Alco.	Catio	AKD	Ratio pâtes	Bleu	Rose
97-08-13	607	2	0.29	1.97	9.6	1.43	40/35/25	0.15	0.31
H.B.	Blancheur	L	a	b	conc	pH	Rét	Gramm.	
	66.59	84.75	0.43	4.75	4.8	7.96	90%	63.6	
W.W.	Blancheur	L	a	b	conc				
	61.94	78.98	1.48	0.97	0.5				
HACH	400 nm	500 nm	600 nm						
	0.057	0.027	0.016						

Date	Grade	Bent.	Perc.	Alco.	Catio	AKD	Ratio pâtes	Bleu	Rose
97-08-14	450	2	0.28	1.99	6.9	1.32	40/25/35	0.22	0.38
H.B.	Blancheur	L	a	b	conc	pH	Rét	Gramm.	
	64.69	83.22	0.17	3.5	4.65	7.94	87%	62.1	
W.W.	Blancheur	L	a	b	conc				
	57.64	75.3	1.38	-1.25	0.61				
HACH	400 nm	500 nm	600 nm						
	0.09	0.046	0.028						

Date	Grade	Bent.	Perc.	Alco.	Catio	AKD	Ratio pâtes	Bleu	Rose
97-08-15	4109	1.8	0.3	1.9	8.7	1.1	50/30/20	0.31	0.49
H.B.	Blancheur	L	a	b	conc	pH	Rét	Gramm.	
	66.75	82.21	1.16	1.22	6.36	7.83	93%	95.3	
W.W.	Blancheur	L	a	b	conc				
	62.81	76.12	2.35	-3.63	0.44				
HACH	400 nm	500 nm	600 nm						
	0.063	0.022	0.014						

Date	Grade	Bent.	Perc.	Alco.	Catio	AKD	Ratio pâtes	Bleu	Rose
97-08-16	3908	1.9	0.31	2	8.9	1.1	50/30/20	0.22	0.44
H.B.	Blancheur	L	a	b	conc	pH	Rét	Gramm.	
	66.71	83.13	1.22	2.47	5.6	8.05	90%	77	
W.W.	Blancheur	L	a	b	conc				
	63.27	77.25	2.74	-2.65	0.56				
HACH	400 nm	500 nm	600 nm						
	0.084	0.043	0.029						

Date	Grade	Bent.	Perc.	Alco.	Catio	AKD	Ratio pâtes	Bleu	Rose
97-08-17	115	2.1	0.31	2	9.3	1.2	52/33/15	0.15	0.17
H.B.	Blancheur	L	a	b	conc	pH	Rét	Gramm.	
	67.99	85.75	0.32	5.02	7.92	8.02	97%	165.4	
W.W.	Blancheur	L	a	b	conc				
	66.51	82.8	0.65	2.33	0.26				
HACH	400 nm	500 nm	600 nm						
	0.108	0.053	0.035						

Étude colorants : conditions d'opération et recettes de pâtes - détails (Partie 3)

Date	Grade	Bent.	Perc.	Alco.	Catio	AKD	Ratio pâtes	Bleu	Rose
97-08-18	118	2	0.28	1.85	7.4	1.04	52/33/15	0.11	0.14
H.B.	Blancheur	L	a	b	conc	pH	Rét	Gramm.	
	69	86.29	-0.14	4.88	8.9	7.89	97%	194.6	
W.W.	Blancheur	L	a	b	conc				
	66	82.21	0.07	1.95	0.3				
HACH	400 nm	500 nm	600 nm						
	0.156	0.079	0.05						

Date	Grade	Bent.	Perc.	Alco.	Catio	AKD	Ratio pâtes	Bleu	Rose
97-08-19	214	1.87	0.26	1.92	7.2	1.12	52/33/15	0.12	0.15
H.B.	Blancheur	L	a	b	conc	pH	Rét	Gramm.	
	69.18	86.59	-0.74	5.16	9.1	7.87	97%	243.4	
W.W.	Blancheur	L	a	b	conc				
	66.6	82.87	-0.2	2.34	0.3				
HACH	400 nm	500 nm	600 nm						
	0.159	0.08	0.053						

Étude colorants : conditions d'opération et recettes de pâtes - détails (Partie 4)

Col.bleu (kg/t pâtes)	b HB	b WW
0.09	6.08	3.19
0.1	5.86	2.04
0.1	5.6	2.44
0.11	5.79	2.36
0.11	5.58	1.92
0.11	4.88	1.95
0.12	5.83	2.39
0.12	5.16	2.34
0.14	4.87	0.57
0.14	4.7	-0.21
0.15	5.43	1.87
0.15	5.02	2.33
0.15	4.75	0.97
0.15	4.31	1.26
0.22	3.5	-1.25
0.22	2.47	-2.65
0.31	1.22	-3.63

Données de la figure 2.3

Estimation de la rétention du colorant bleu (%)			
Col.bleu	Rfibres		
(kg/t pâtes)	%	%	%
0.09	61	79	92
0.15	68	83	94
0.2	71	84	94
0.25	72	85	94
0.31	73	86	95

Données de la figure 2.5