

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITÉ de BLIDA 1

Faculté de Technologie

Département de Génie des Procédés



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER EN GENIE DES PROCEDES

Spécialité : Technologie des matériaux

Intitulé du mémoire

ETUDE DES PROPRIETES PHYSICO- CHIMIQUES DES SUPPORTS ET DE L'ENCRE D'IMPRESSION

Présenté par :

Melle GUELLOUMA Hadjira

Encadré par :

Dr ZERMANE Faiza

Melle ADI Souhila

Année universitaire 2015/2016

DEDICACES

Je dédie ce mémoire à ...

A mon très cher père

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le respect et le dévouement que j'ai toujours eu pour toi.

A ma très chère mère

Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour, puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.

A mes sœurs et toute ma famille

A tous mes amis et mes camarades pour leurs aide et compréhension et surtout pour leur soutien moral.

G. Hadjira

REMERCIEMENTS

*Avant toute chose, je tiens à remercier **ALLAH** le tout puissant, qui m'a donné la patience, la santé et le courage durant mon parcours pédagogique.*

Je tiens à remercier vivement ma promotrice Mme ZERMANE.F Maitre de conférences « A » au Département de Génie des Procédés, pour sa confiance et son soutien.

Je souhaite exprimer toute ma gratitude à tous les membres du jury.

Au sein de TONIC INDUSTRIE, je souhaite remercier le chef de département Contrôle Qualité Mlle ADI Souhila qui m'a formé et accompagné tout au long de ce mémoire. Par ailleurs, je souhaite remercier Mr SIFI Reda, Mr TALBI et Mr CHAIB CHERIF Ali. Plus particulièrement METAT Kawtar et DAHYMANE Soumia.

Je souhaite vivement remercier quelques personnes en particulier. Tout d'abord merci Papa, merci Maman, à qui je dois un soutien et une confiance sans faille tout au long de ma vie.

Reconnaissance éternelle également à ma chère copine Wissem, qui m'a apporté un grand soutien moral au cours de ma vie.

Merci à mes ami(e)s de près ou de loin qui sont restés constants dans leur témoignage d'affection, je pense à Amina, Nesrine, Meriem, Sihem, Samira, Mehdi, Walid, Abd el latif, Mahmoud, Hichem et Zoubir. Une grande bise pour vous toutes et tous...

Enfin, Merci pour toutes les personnes qui ont apporté une aide, une écoute, ou simplement une chaleur gratuite et généreuse.

ملخص :

الهدف من عملنا هو دراسة الخصائص الفيزيائية, الكيميائية و الميكانيكية لعناصر الطباعة اوفست المتمثلة في الورق, الحبر ومحلول التبليل. وأيضا مشكل التقرحات الذي يحدث خلال هاته العملية. نتائج الخصائص المطبقة على حامل الطباعة و الحبر أظهرت صحة تطابق قيمها مع القيم المطلوبة. المتمثلة في: الوزن الذي يساوي 450 غ/م² و الكوب الذي هو 8 غ/م² والمسامية 6 مل/د و رطوبة الورق 7 %, الصلابة 638 : مل/د و لزوجة الحبر 6.989 باسكال.ثانية, و قد. من خلال النتائج المتحصل عليها لحل مشكلة التقرحات توصلنا إلى أن درجة الحرارة المتمثلة في 25.88 درجة مئوية و الرطوبة النسبية التي تساوي 51.02 % في مكان التخزين يؤثران على جودة الطباعة. الكلمات المفتاحية: الخصائص, الطباعة , اوفست , الورق , الحبر, محلول التبليل , التقرحات, الحرارة, الرطوبة النسبية.

ABSTRACT:

The object of our work is to study the physical, chemical and mechanical properties of the printing elements of the offset process are: paper, ink and fountain solution. And the blistering problem encountered during this process.

The results of the characterization formed on the print medium and the ink have shown the conformity of their values with the required standards. which are the basis weight equal to 450 g/m² Cobb which is 8 g/m², a porosity of 6ml/min, humidity of the paper 7 % and a stiffness of 638 ml/min and the ink viscosity of 6.989 Pa.s,

Through the results of solving the problem of blistering obtained we showed that a temperature of 25.88 °C and a relative humidity of 51.02% of the storage affect print quality.

Keywords: proprieties, printing, offset, paper, ink, fountain solution, blistering, temperature, relative humidity.

RESUME :

L'objectif de notre travail consiste à l'étude des propriétés physiques, chimiques et mécaniques des éléments d'impression du procédé offset qui sont : le papier, l'encre et la solution de mouillage. Ainsi que le problème du cloquage rencontré durant ce procédé.

Les résultats de caractérisation réalisés sur le support d'impression et l'encre révèlent la conformité de leurs valeurs avec les normes. A savoir : le grammage qui égale à 450 g/m², le Cobb qui est de 8 g/m², une porosité de 6 ml/min, une humidité du papier de 7% et une rigidité de 638 ml/min ainsi que la viscosité de l'encre de 6.989 Pa.s.

A travers les résultats de la résolution du problème de cloquage obtenus nous avons montré qu'une température de 25.88°C et une humidité relative de 51.02 % du lieu de stockage influent sur la qualité d'impression.

Mots clés : propriétés, impression, offset, papier, encre, solution de mouillage, cloquage, température, humidité relative.

TABLE DES MATIERES

RESUME

REMERCIEMENTS

INTRODUCTION GENERALE

CHAPITRE 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1	Définition du papier.....	1
1.2	Structure du papier.....	1
1.3	Propriétés du papier.....	2
1.4	Classification du papier à partir de leur usage.....	3
1.5	Composition du papier.....	4
1.6	Les étapes de fabrication du papier.....	6
1.7	Définition des encres d'impression.....	8
1.8	Composition des encres.....	8
1.9	Nature des encres selon le procédé d'impression	9
1.10	Les propriétés des encres d'impression.....	10
1.11	L'impression.....	11
1.12	Procédé d'impression offset	12
1.13	Les problèmes rencontrés durant le processus d'impression offset.....	16
1.14	Le cloquage.....	17
1.15	Une revue bibliographique sur les travaux réalisés dans le domaine d'impression.....	19
1.16	Présentation du lieu de stage.....	20

CHAPITRE 2 : MATERIELS ET METHODES

2.1	Introduction	22
2.2	La caractérisation du papier.....	22
2.2.1	Le grammage	22
2.2.2	L'épaisseur	23
2.2.3	L'humidité.....	23
2.2.4	L'absorption de l'eau par la méthode de Cobb.....	24
2.2.5	La rigidité.....	25
2.2.6	La blancheur.....	26

2.2.7	Le lissé.....	26
2.2.8	La perméabilité à l'air (porosité).....	27
2.2.9	Le pourcentage de la matière inorganique dans le papier.....	27
2.2.10	La spectroscopie Infrarouge.....	28
2.3	La caractérisation des encres d'impression.....	29
2.3.1	La mesure rhéologique.....	29
2.3.2	La spectroscopie Ultra-violet/visible.....	30
2.4	La caractérisation de la solution de mouillage.....	30
2.4.1	Le potentiel hydrométrique (mesure de pH).....	30
2.4.2	La conductivité	30
2.5	Phénomène de cloquage.....	30

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1	La caractérisation du papier	33
3.1.1	Les caractéristiques physico-mécaniques.....	33
3.1.2	La spectroscopie IRTF	35
3.2	La caractérisation des encres d'impression.....	36
3.2.1	La spectroscopie UV/visible	36
3.2.2	La rhéologie des encres d'impression	37
3.2.3	La spectroscopie IRTF des encres d'impression.....	39
3.3	La caractérisation de la solution de mouillage.....	42
3.4	L'étude de l'interaction papier/encre.....	42
3.4.1	L'humidité dans le local d'impression.....	46
3.4.2	L'humidité de lieu de stockage	47
3.5	Les recommandations.....	49

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Le travail que nous avons mené dans ce mémoire montre que le domaine de la technologie des matériaux est très vaste, et qu'il touche toutes les industries. Nous avons pu le constater à travers notre stage dans l'industrie du papier et de l'impression au niveau de TONIC INDUSTRIE. Dans le domaine de l'impression, il nous a été permis avec la collaboration des différents laboratoires de déterminer les caractéristiques physiques, mécaniques et chimiques des différents éléments comme le papier, les encres et les solutions de mouillage et de pouvoir transmettre à l'Entreprise TONIC INDUSTRIE les résultats obtenus. Ceci lui permettra de contrôler la matière première et améliorer ainsi la qualité de ces produits.

A travers cette étude nous avons pu dégager les conclusions suivantes :

- L'environnement immédiat, comme le lieu de stockage et les conditions de travail ont un impact direct sur les caractéristiques des matériaux et donc la qualité de l'impression. Dont il faut stocker le papier à une température de 20°C et à une humidité de 50%.
- Pour les caractéristiques du papier, solution de mouillage et les encres utilisés, il a été mis en évidence que les deux grandeurs physiques, la température et l'humidité, ont affecté ses propriétés et son imprimabilité. Pour la solution de mouillage, il a été remarqué qu'un long contact avec le papier nuirait considérablement sur le comportement physique du papier et affecterait sa surface donc il faut maintenir son pH entre 4.5 à 5.5. L'encre mise à notre disposition possède un comportement rhéofluidifiant avec une valeur de viscosité qui est égale 6.989Pa.s ce qui est en bon accord avec les normes exigées.
- Concernant le problème de cloquage du papier lors de l'impression, nous avons pu mettre en évidence que ce défaut est le résultat de la modification des caractéristiques du papier et de son environnement immédiat comme les conditions de travail au niveau de l'atelier de l'impression où l'humidité relative avoisinait 62% et la température est égale à 22°C, Aussi au niveau du stockage, où l'humidité atteint un taux de 51% avec une température de 25°C.

Il est important de signaler que l'entreprise doit vérifier avant chaque début d'opération d'impression les caractéristiques de tous les matériaux utilisés dans le processus d'impression, ainsi que l'environnement du travail.

Nous pensons que les travaux que nous avons effectués dans ce mémoire pourraient être affinés et peut-être explorés dans d'autres champs pour permettre à l'entreprise de mieux cerner ses problèmes.

Enfin, nous pensons aussi que ce mémoire par sa spécificité d'être un sujet d'actualité qui a mis en relation directe l'université et le secteur économique, nous a permis de nous confronter au milieu industriel et de connaître ces problèmes. Il est bien entendu que si les deux parties renforceraient leur collaboration plusieurs problèmes touchant le secteur industriel, pourraient être résolus et formalisés par des travaux de recherche.

LISTE DES ABRIVIATIONS

ATR : Attenuated Total Reflectance

CAREL : Consortium pour l'acquisition de ressources électronique en ligne

CEMEF : Centre de Mise En Forme de Matériaux à Sophia-antipolis

CRAPC : Centre de de Recherche Scientifique et Technique en Analyses Physico-Chimiques.

CTP : Centre Technique du Papier à Grenoble

DA: Dinar Algérien

EB: Electron Beam

IR: Infrarouge

IRTF : Infrarouge à Transformée de Fourier

KBr : Bromure de Potassium

MEB : Microscope Electronique à Balayage

US : Etats-Unis

UV : Ultra-violet

LISTES DES FIGURES

Figure 1.1 : Observation au microscope électronique à balayage (MEB) de la surface d'un papier (CEMEF – CTP) [2].....	2
Figure 1.2 : La structure de la fibre cellulosique.....	4
Figure 1.3 : La liaison d'hydrogène qui relie les fibres cellulosiques [4].....	4
Figure 1.4 : Schéma de principe de l'héliogravure [8].....	11
Figure 1.5 : Schéma de principe de la flexographie [8].....	12
Figure 1.6 : Schéma de principe de l'offset [14], [8].....	13
Figure 1.7 : Cloquage du papier.....	17
Figure 1.8 : Cloquage du carton durant l'impression.....	18
Figure 1.9 : Cloquage de peinture [25].....	18
Figure 1.10 : Cloquage d'un film de revêtement.....	19
Figure 1.11 : Coupe transversale d'une cloque circulaire se formant par délaminage d'un film élasto-plastique sur substrat rigide [28].....	19
Figure 1.12 : TONIC INDUSTRIE.....	20
Figure 2.1 : Un micromètre.....	23
Figure 2.2 : Réservoir cylindrique.....	25
Figure 2.3 : Un rigidimètre.....	25
Figure 2.4 : Un réflectomètre.....	26
Figure 2.5 : Schéma de principe de la mesure du lissé.....	26
Figure 2.6 : Schéma de principe de la mesure de la porosité.....	27
Figure 2.7 : Rugosimètre/ Porosimètre.....	27
Figure 2.8 : Un incinérateur.....	28
Figure 2.9 : Schéma de principe de la mesure de rhéologie.....	29

Figure 2.10 : La machine d'impression Offset KBA 105 au niveau de TONIC INDUSTRI.....	31
Figure 2.11 : Thermo-hygromètre.....	32
Figure 3.1 : Le spectre IRTF du papier Blanc Gris.....	35
Figure 3.2 : La courbe de la variation de la viscosité en fonction de la force du cisaillement.....	37
Figure 3.3 : La courbe de la modélisation du comportement rhéologique de l'encre offset.....	38
Figure 3.4 : Le spectre IRTF de l'encre Bleu.....	39
Figure 3.5 : Le spectre IRTF de l'encre Rouge.....	40
Figure 3.6 : Le spectre IRTF de l'encre Noir.....	40
Figure 3.7 : Le spectre IRTF de l'encre Jaune.....	41
Figure 3.8 : Un papier imprimé avec un seul passage dans la solution de mouillage.....	43
Figure 3.9 : Un papier imprimé avec deux passages dans la solution de mouillage.....	43
Figure 3.10 : Un papier imprimé avec trois passages dans la solution de mouillage	44
Figure 3.11 : Un papier imprimé quatre passages dans la solution de mouillage.....	44
Figure 3.12 : Evolution de l'humidité en fonction de nombre de passage du papier dans la solution de mouillage	45
Figure 3.13 : Evolution de l'humidité relative du local d'impression en fonction du temps	46
Figure 3.14 : Evolution de la température du local d'impression en fonction du temps ...	46
Figure 3.15 : Le lieu de stockage de TONIC INDUSTRIE	48
Figure 3.16 : La toiture de lieu de stockage.....	48

Liste des tableaux

Tableau 1.1: Les avantages et les inconvénients des différents types de pigments [1].....	5
Tableau 2.2 : Les différents problèmes de la presse offset [15].....	16
Tableau 3.1 : Les différentes caractéristiques du papier Blanc Gris.....	32
Tableau 3.2 : La spectroscopie UV/visible des quatre encres primaires.....	34
Tableau 3.3: Résultats de la modélisation.....	36
Tableau 3.4 : La conductivité et le pH de la solution de mouillage.....	40

Chapitre 1 :

Synthèse bibliographique

Chapitre 2 :

Matériels et méthodes

Chapitre 3 :

Résultats et discussions

ANNEXES

CHAPITRE 1

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Ce premier chapitre sera relatif aux généralités sur le papier, les étapes de son élaboration, l'encre et les procédés d'impression.

1.1 Définition du papier :

Le papier est un matériau sous forme de feuilles minces, composé d'un réseau de fibres cellulosiques, provenant de l'assemblage en bandes de ces fibres auxquelles on ajoute des charges et quelques produits pour ajouter ou améliorer certaines caractéristiques.

Le terme « papier » est principalement réservé à des matériaux dont la masse par mètre carré (le grammage) est inférieur à 225 g ; si le grammage est supérieur, le matériau est dénommé carton [1].

Le papier est utilisé pour écrire, imprimer, envelopper, emballer, et pour différentes applications bien précises. Donc on peut le considérer comme un matériau de base.

Le papier est un matériau complexe produit en grande quantité et à grande vitesse. Il est composé de fibres cellulosiques dont la répartition assure les propriétés finales du produit [2].

1.2 Structure du papier :

On assimile généralement la structure du papier à un réseau contenant en plus des fibres cellulosiques, de l'air, de l'eau et des charges, (Figure 1.1). Les charges sont généralement des substances minérales comme le carbonate de calcium (CaCO_3), finement dispersées. Les pourcentages massiques de charge utilisés peuvent varier entre 5 et 35 % selon les applications. Celles-ci induisent des modifications au niveau des propriétés du papier et une baisse du prix de revient [2].

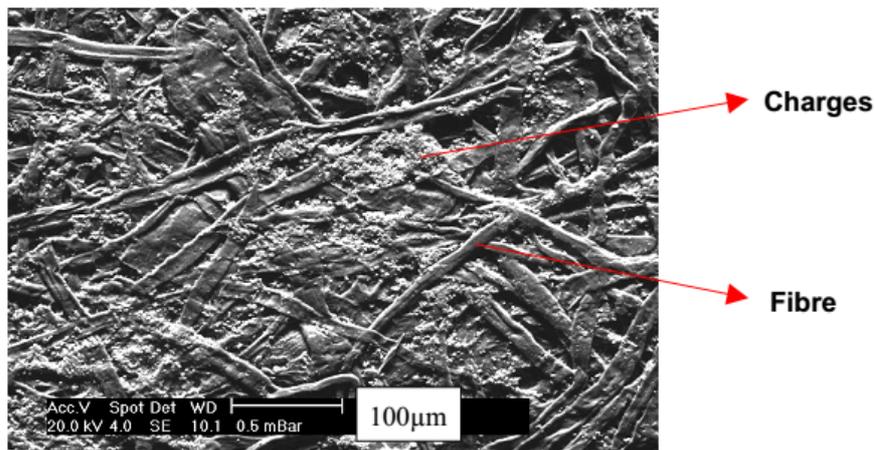


Figure 1.1 : Observation au microscope électronique à balayage (MEB) de la surface d'un papier (CEMEF – CTP) [2]

1.3 Propriétés du papier :

Schématiquement, le papier est analysé suivant quatre critères :

➤ Les propriétés de texture :

- ✓ Grammage : la masse en grammes d'un mètre carré du papier.
- ✓ Epaisseur : la hauteur des couches du papier.
- ✓ L'absorption des liquides : la capacité des pores du papier à se remplir par l'encre ou l'eau.
- ✓ Humidité : la quantité d'eau contenue dans un papier ou un carton, exprimée par le rapport de la perte de masse d'une éprouvette, après séchage, à sa masse au moment de l'échantillonnage [2].

➤ Les propriétés optiques :

- ✓ Blancheur : le facteur de luminance (réflectance) intrinsèque, mesuré avec un réflectomètre équipé d'un filtre ou doté d'une fonction correspondante.

➤ Les propriétés de résistance mécanique :

- ✓ Traction : la résistance à la rupture par traction, des papiers et cartons.
- ✓ la rigidité : la résistance qu'offre une éprouvette à la flexion, dans la zone de déformation élastique.
- ✓ Compression : la force de compression maximale par unité de longueur qu'une éprouvette étroite enroulée en forme de cylindre (anneau) peut supporter sur son chant sans rompre.

➤ Les propriétés de surface :

- ✓ Lissé : le temps nécessaire pour aspirer une certaine quantité d'air à pression atmosphérique entre la surface d'une éprouvette et un plan sous forme d'anneau.
- ✓ Perméabilité à l'air : l'aptitude du papier à se traverser par l'air.

1.4 Classification du papier à partir de leur usage :

Il existe plusieurs classifications du papier en fonction de leur domaine d'utilisation.

1.4.1 Les papiers d'impression et d'écriture :

Dans cette classe nous pouvons trouver :

- Les papiers de presse : les journaux, les magazines, etc.... ils ont une bonne réceptivité aux encres d'impression.
- Les papiers d'édition : les livres, les revues, etc... Ils ont aussi une bonne réceptivité aux encres d'impression et ils doivent avoir un bon aspect de surface.
- Les papiers d'écriture : ils ont une surface lisse et ils doivent présenter une interface qui n'absorbe pas l'encre.

1.4.2 Les papiers d'emballage :

Ils servent à envelopper et à protéger les différents produits, les plus rencontrés sont :

- Les mousselines : ce sont des papiers minces utilisés à l'emballage des objets fragiles et de luxe.
- Le cristal, Les sulfurisés et simili – sulfurisés : imperméables à l'eau, aux graisses. Ils sont employés pour la protection des produits alimentaires.
- Les papiers à base de cellulose écrue ou blanchie.
- Les papiers kraft : ce sont des matériaux résistants, utilisés en une ou plusieurs feuilles pour les emballages pondéreux (sacs ciment, liants hydrauliques, etc....)
- Les papiers pour carton ondulé : utilisés pour les emballages ordinaires et la fabrication des caisses en carton ondulé.
- Les cartons : ce sont des papiers de fort grammage.

1.4.3 Les papiers spéciaux et divers :

Dans cette classe on peut citer :

- Papier à cigarette.
- Billets de banque.
- Papier filtre.
- Papier buvard.
- Papier photo.
- Papier ouate de cellulose (papier hygiénique).

1.5 **Composition du papier :**

La fabrication du papier consiste à mélanger les pigments, des charges minérales, les colorants, les produits de rétention, les agents de collage et les adjuvants afin d'ajouter des caractéristiques spécifiques [1].

1.5.1 La fibre cellulosique:

Le principal composant du papier est les fibres cellulosiques. Elles viennent du bois. Mais aussi on peut le fabriquer à partir du papier et de cartons recyclés.

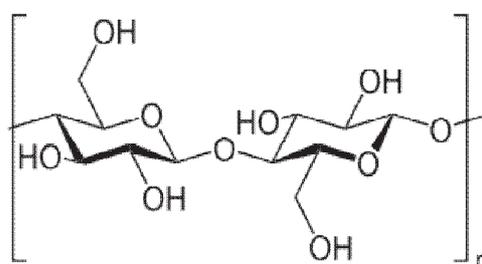


Figure 1.2 : La structure de la fibre cellulosique

La cellulose est irremplaçable. Elle se présente sous forme d'une chaîne de molécules de glucose reliées entre elle par un oxygène. Il s'agit plus exactement d'anhydro-glucose dont la formule est : $(C_6 H_{10} O_5)_n$. les fibres cellulosiques ont une propriété spécifique et qui fait la force du papier, c'est la liaison d'hydrogène qui relie les fibres entre elles [3].

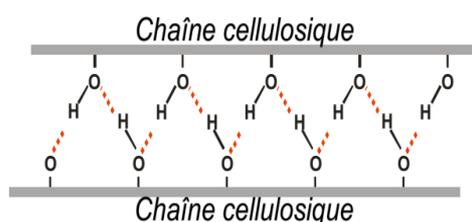


Figure 1.3 : La liaison d'hydrogène qui relie les fibres cellulosesiques [4]

1.5.2 Les pigments :

Ce sont des petites substances minérales blanches, généralement en poudre fine, insoluble dans les milieux de suspension usuels, utilisée en peinture en raison de ses propriétés optiques, protectrices ou décoratives. C'est un élément très important.

Il améliore les caractéristiques mécaniques du papier, assure la bonne couverture des fibres. Le tableau suivant présente les avantages et les inconvénients de différents types de pigment [1].

Tableau 1.1: Les avantages et les inconvénients des différents types de pigments [1]

Les pigments	Avantages	inconvénients
Kaolin	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Bonne couverture des fibres. ✓ Brillance élevée 	<ul style="list-style-type: none"> • Manque de blancheur. • Augmentation de la porosité qui gêne l'imprimabilité et la brillance.
Carbonate de calcium (Ca CO ₃)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Grande capacité d'absorption des huiles. ✓ Meilleure blancheur que le kaolin. 	<ul style="list-style-type: none"> • Plus faible brillance que le kaolin.
Dioxyde de titane (TiO ₂)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Bonne aptitude à la dispersion. ✓ Blancheur élevée (>95°). ✓ Bon pouvoir opacifiant. ✓ Grande surface spécifique. 	<ul style="list-style-type: none"> • Demande importante en liant. • Coût élevé
Talc	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Faible dureté (améliore la découpe du papier). ✓ Douceur (réduit l'abrasion). ✓ Bonne blancheur. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dispersion difficile. • Coût élevé.

1.5.3 Les charges :

Les charges sont des pigments grossiers de granulométrie inférieure à 10 μm pour 90% d'entre eux. L'opacité du papier dépend de l'aptitude de la charge à diffracter la lumière [1].

1.5.4 Les agents de collage :

Le papier est principalement hydrophile donc il absorbe l'eau et l'encre d'écriture, par exemple le papier buvard. Le traitement de collage du papier sert à contrôler la vitesse de pénétration de l'eau. Il s'appelle collage de masse lorsque ce traitement est fait au moment de la préparation de la pâte à papier. Mais quand il est effectué après la fabrication il prend le nom de collage de surface [1].

1.5.5 Les résines:

L'interaction des fibres cellulosiques entre eux s'effectue par des liaisons hydrogène de faible énergie qui se rompent facilement. Pour renforcer le réseau de fibre, il faut ajouter des résines afin d'augmenter la résistance à l'humidité [1].

1.5.6 La coloration:

On ajoute des colorants pour conférer au papier des couleurs différentes en fonction des besoins. Cette opération est appelée l'azurage. Certains papiers nécessitent des colorants spécifiques, comme les papiers-mouchoirs et les papiers hygiéniques...etc. [1].

1.5.7 Les additifs :

On utilise les produits de rétention pour fixer les éléments fins aux fibres (bouts de fibre, pigments) lors de la fabrication du papier. Ils sont entraînés par l'eau à travers les mailles de la toile de fabrication [1].

1.6 Les étapes de fabrication du papier :

La fabrication du papier s'effectue en plusieurs étapes afin de produire un matériau conforme avec des caractéristiques spécifiques.

- La première étape consiste à préparer la pâte à papier tout en mélangeant les matières premières, à raffiner les fibres cellulosiques, et à épurer la pâte dans le but d'éliminer les impuretés comme le sable et le plastique.
- La deuxième étape est la mise en forme du matériau c'est-à-dire les feuilles du papier.

Il n'est pas obligatoire que le fabricant du papier est le producteur de la pâte. Il peut la recevoir sous forme sèche [5].

1.6.1 La préparation de la pâte du papier :

La fabrication du papier consiste à diviser le bois et séparer les fibres cellulosiques des autres constituants tels que la lignine et l'hémicellulose, par des procédés chimiques et/ou mécanique.

- a. Le procédé mécanique : on coupe le bois sous forme des copeaux, par des forces mécaniques dans des défibreurs à meule ou à disque, afin de libérer les fibres. Ce procédé peut être réalisé sous pression ou à pression atmosphérique. On obtient des bûchettes de bois, des fibres courtes, des fibres longues et la farine du bois. Il présente un grand inconvénient de mal résister au vieillissement [5].
- b. Le procédé chimique : ce procédé est obtenu en effectuant une cuisson à haute température aux copeaux du bois, dans des réacteurs cylindriques verticaux appelés "lessiveurs", en présence de produits chimiques [5].
- c. Le procédé mi-chimique : c'est un procédé intermédiaire entre le procédé mécanique et chimique. Les copeaux de bois vont subir un traitement chimique modéré, complété par un traitement mécanique. Le traitement chimique se fait avec de la soude (température inférieure à 100°C), ou du sulfite neutre de sodium, Na_2SO_3 , (à des températures de 170-180°C, sous pression) [5].

1.6.2 Le raffinage des fibres cellulosiques :

Le raffinage consiste à faire éclater les fibres cellulosiques. La suspension fibreuse passe forcément entre deux disques garnis de lames. En appliquant des forces mécaniques, il se produit des changements morphologiques et physiques irréversibles au niveau de la fibre cellulosique. Les fibres sont hydratées par la rupture des liaisons hydrogènes à l'intérieur des fibres. Donc la pâte est épurée, on lui ajoute des agents de collage (ce sont des résines synthétiques qui empêchent l'encre à se pénétrer dans la surface du papier lorsque l'on écrit) [6].

1.6.3 La machine à papier :

Cette étape consiste à éliminer petit à petit l'eau pour assurer le contact entre les fibres cellulosiques elles-mêmes. Avant l'entrée de la pâte dans la machine il faut la diluée afin de bien disperser les fibres. Après elle va s'étaler sur une toile métallique ou plastique. Donc on obtient une feuille fibreuse humide. Cette dernière va continuer son parcours, en passant sur un support de feutre entre deux rouleaux où des pompes à vide vont prélever une proportion d'eau supplémentaire.

Ensuite on passe au séchage à vapeur, où la feuille humide est mise en contact avec plusieurs cylindres métalliques chauffés à l'intérieur. Après la sécherie, les feuilles vont passer sur des cylindres de refroidissement. Et elles peuvent être enroulées en bobines [7].

1.7 Définition des encres d'impression :

Une encre d'imprimerie est un mélange plus ou moins complexe, parfaitement homogène, dont la viscosité maîtrisée et la formulation correspondent parfaitement aux impératifs de mise en œuvre :

- Type de forme imprimante.
- Support d'impression.
- Vitesse d'impression.
- Caractéristique de séchage.

Le choix de l'encre est déterminant pour l'utilisation de l'imprimé, chaque produit exigeant des qualités physiques particulières :

- ✓ Résistance à la lumière pour des imprimés continuellement exposés (affichage, vitrine, présentoir).
- ✓ Résistance au froid pour des emballages alimentaires.
- ✓ Résistance à la chaleur, à l'abrasion, à l'eau, aux graisses...
- ✓ Résistance au pliage.
- ✓ Adhérence (divers matériaux d'impression tels certains métaux ou plastiques doivent préalablement recevoir une sous-couche "d'accrochage" [8]).

1.8 Composition des encres :

Les encres d'imprimerie sont cependant composées de matériaux de nature bien différente; nous pouvons classer ces matériaux en trois catégories :

- A. Le véhicule ou vernis : est composé d'un mélange de polymère (la résine), souvent de faible masse moléculaire, de diluants et/ou de solvants. Son rôle est multiple : transporter les pigments, les lier au support d'impression et enfin les protéger de l'agression extérieure en formant un film continu. Le choix du véhicule de l'encre détermine son mode de séchage.
- B. La matière colorante : est le plus souvent constituée de pigments (ou de mélange de pigments) très finement divisés, en suspension colloïdale dans la phase fluide de l'encre. Pour certaines encres les pigments sont remplacés par des colorants solubles.

C. Les additifs : produits de natures très variées, ont une utilité primordiale dans l'ajustement des propriétés rhéologiques des encres et vernis.

La répartition en masse est d'environ 20% pour les pigments, 70% pour le véhicule et 10% pour les additifs. Si la matière colorante est le dénominateur commun à tout type d'encre, les deux autres composants sont entièrement déterminés par la nature du procédé d'impression utilisé. Ces différents composants doivent assurer à la fois une bonne cohésion de l'encre et une bonne adhésion sur le support. D'autres qualités sont bien évidemment requises, elles concernent la colorimétrie ou la résistance à la lumière, à l'abrasion ou aux produits chimiques.

Nous pouvons déterminer deux grandes catégories d'encres : les encres « grasses » utilisées pour le procédé offset, les encres « fluides » concernant la flexographie et l'héliogravure. Les encres pour la sérigraphie sont classées à part. [9]

1.9 Nature des encres selon le procédé d'impression :

On peut déterminer la nature des encres selon le type du procédé d'impression.

1.9.1 Les encres en Héliogravure :

En l'héliogravure, une encre à faible viscosité (40 à 100 mPa.s) et au séchage très rapide est requise. L'évaporation d'un ou plusieurs solvants assez volatils est donc la méthode de séchage la plus rapide et la plus économique actuellement. Cependant, l'utilisation de ces solvants n'est pas sans risque : ils sont généralement très inflammables et parfois toxiques (toluène) [9].

1.9.2 Les encres en Flexographie :

Les encres flexographiques peuvent être à base de solvants, à base d'eau ou durcissables par irradiation UV. Une propriété très importante des encres flexographiques est leur résolvabilité, c'est-à-dire, la capacité qu'a l'encre partiellement sèche d'être redissoute par elle-même. Comme en héliogravure, les encres utilisées en flexographies possèdent une viscosité relativement faible, de l'ordre de 0,1 à 0,5 Pa.s à température ambiante [9].

1.9.3 Les encres en offset :

Le procédé offset est basé sur l'antagonisme qui existe entre l'eau et un corps gras. L'encre offset doit donc être grasse et très visqueuse (entre 2 et 40 Pa.s). La tension superficielle de ce type d'encre se situe entre 35 et 40 mN/m ; ce paramètre est très important pour permettre un bon étalement de l'encre sur la plaque d'impression [9].

On peut classer sommairement les encres offset selon le mode de séchage employé :

- Encres coldset: le séchage se fait physiquement par capillarité au travers du support imprimé ou évaporation des fractions solvantées volatiles.
- Encres quickset : elles sont soumises à un séchage mixte physique (infiltration par capillarité) et chimique (oxydo-polymérisation, qui dure généralement plusieurs heures, voire plusieurs jours, et peut être accélérée par l'utilisation desiccatifs).
- Encres heatset: leur séchage est analogue à celui des encres quickset, mais combiné à un séchage physique par évaporation d'une partie des solvants contenus dans la formulation, lors du passage dans un four à circulation d'air chaud [10].

1.10 Les propriétés des encres d'impression :

La viscosité et le comportement rhéologique des encres sont des propriétés importantes influençant grandement la distribution, le transfert et l'évolution de l'encre sur la presse. Ces propriétés doivent être contrôlées afin de produire des impressions semblables et de bonne qualité [11] [12].

A. La rhéologie :

La rhéologie est la science qui détermine comment un système répond à une perturbation mécanique en termes de déformations élastiques et d'écoulement visqueux [12].

B. La viscosité :

La viscosité et le comportement rhéologique des encres sont des propriétés importantes influençant grandement la distribution, le transfert et l'évolution de l'encre sur la presse.

C. Les groupements chimiques fonctionnels dans l'encre :

La spectroscopie infrarouge (IRTF) est l'un des outils spectroscopiques les plus utilisés pour la caractérisation structurale des molécules. L'absorption résulte des phénomènes de vibration et rotation des molécules. La durée de vie des états excités est très courte, elle est de l'ordre de 10⁻¹³ s. Les spectres d'absorption infrarouge permettent donc de déterminer la nature des liaisons chimiques composant une molécule.

D. Les propriétés optiques:

La spectroscopie UV/visible est une étude des interactions entre la matière et un rayonnement électromagnétique. L'interaction électromagnétique caractérise l'aptitude d'un édifice atomique à voir son énergie modifiée par l'action d'un rayonnement électromagnétique.

1.11 L'impression :

L'impression peut être définie comme le dépôt des films d'encre sur les surfaces des supports comme : le papier, le carton et le plastique par des procédés d'impression standards tels que : la flexographie, l'héliogravure et l'offset.

1.11.1 Définition de l'impression :

« Laisser ou reporter sur un papier, carton, ou plastique des empreintes, des caractères ou des dessins » voici la définition du verbe imprimer. Aussi, c'est la déposition du film d'encre sur des différents supports avec contact (direct ou indirect) ou sans contact.

1.11.2 Les procédés d'impression :

a. L'héliogravure :

L'héliogravure est un procédé d'impression directe par une forme d'imprimante en creux.

Son prix de revient très élevé. Sa mise en œuvre est limitée à des tirages importants tels que ceux des catalogues, des magazines et des brochures de grande diffusion (plusieurs centaines de milliers d'exemplaires, plusieurs millions si la laize des bobines est plus petite [8]).

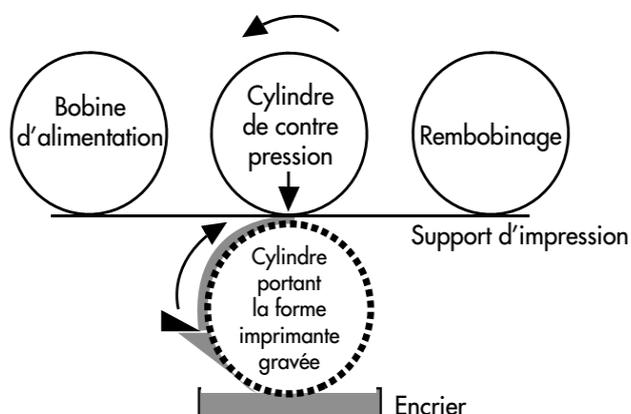


Figure 1.4: Schéma de principe de l'héliogravure [8]

b. La flexographie :

La flexographie est un procédé d'impression directe par une forme imprimante en relief. Ce procédé, particulièrement adapté à l'impression sur pellicules plastiques destinées à l'emballage, permet à l'aide de rotatives à bobines, de réaliser des impressions de qualité en couleur, dans la mesure où les documents originaux ont été conçus pour ce procédé [8].

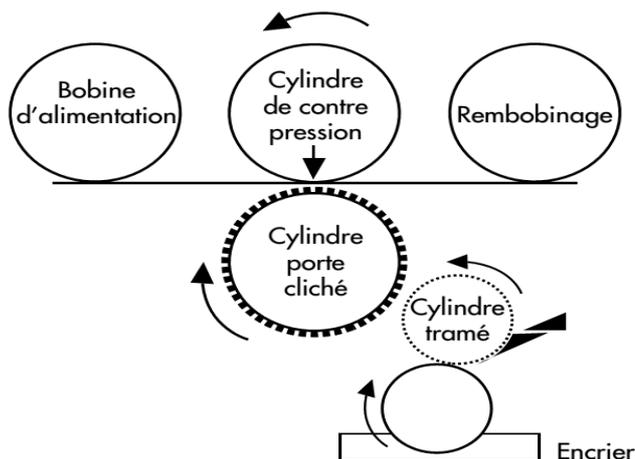


Figure 1.5: Schéma de principe de la flexographie [8]

c. L'offset :

Il est aujourd'hui le plus vaste de tous les procédés d'impression puisqu'il est rentable à partir de quelques centaines d'unités jusqu'à des centaines de milliers d'exemplaires et c'est celui utilisé dans notre étude. Tous les supports ou presque peuvent être imprimés en offset dans la mesure où ils sont suffisamment souples pour épouser la forme du cylindre imprimant: les affiches, les étiquettes, les catalogues, les emballages, le papier ou le carton, les cartes commerciales, les livres, les journaux, les magazines. Il offre surtout un rapport coût/efficacité très intéressant [8].

1.12 Procédé d'impression offset :

1.12.1 Définition :

Le procédé "offset" tient son nom de la présence d'une surface intermédiaire entre la forme imprimante et le support : le blanchet. Ce dernier est un matériau caoutchouteux destiné à "reporter" (en anglais : to set off) l'image de la plaque au support. C'est un procédé que l'on classe parmi les procédés d'impression indirects [13].

1.12.1 Le principe :

Le procédé offset se différencie des autres procédés classiques d'impression principalement par le mode de formation de l'image sur la forme imprimante appelée «plaque». Dans le procédé offset conventionnel, deux fluides interviennent : l'encre (grasse et visqueuse) et la solution de mouillage (80 à 90% d'eau et des additifs). Cette dernière s'étale sur les zones non imprimantes hydrophiles empêchant ainsi l'encre de se déposer. Les zones imprimantes, non recouvertes de solution de mouillage, sont oléophiles pour recevoir l'encre.

Une seconde particularité du procédé offset réside dans le double transfert de l'image qui est reportée sur une surface caoutchouteuse, le blanchet, avant d'être imprimée sur le support d'impression.

Cette étape intermédiaire qui fait intervenir un matériau compressible hydrophobe, évite le transfert d'eau sur le support (dans le cas de l'offset conventionnel), minimise l'usure de la plaque d'impression et permet un meilleur contrôle du transfert d'encre [9].

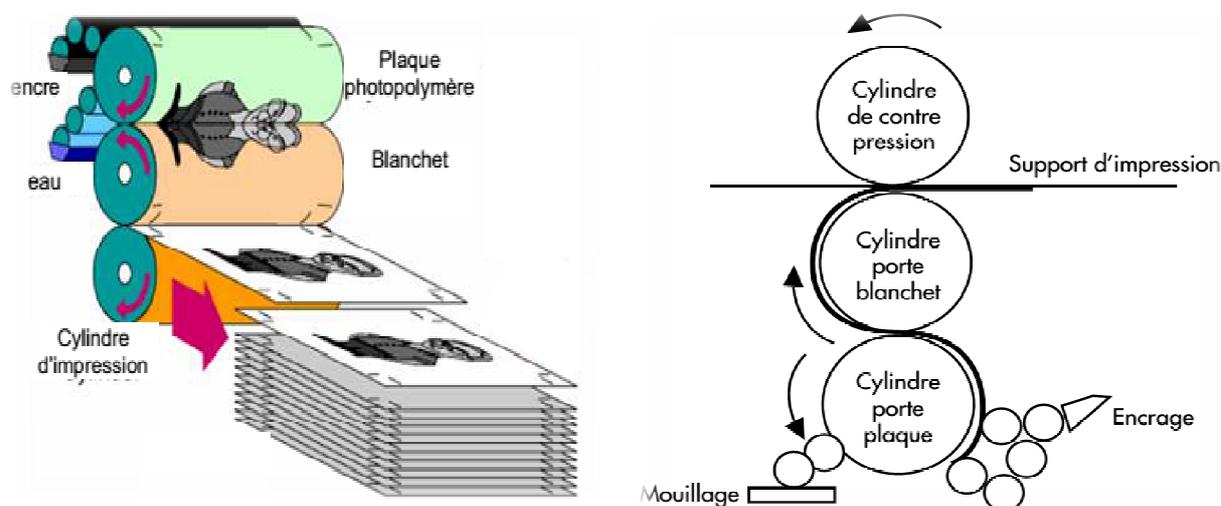


Figure 1.6 : Schéma de principe de l'offset [14], [8]

1.12.2 Les étapes d'impression offset :

A. Mouillage de la plaque :

C'est la déposition d'un film de solution de mouillage sur la plaque. Cette solution s'étale sur les zones non imprimantes. Pour que le transfert de l'encre réussisse, il est essentiel d'adapter l'encre et la solution de mouillage, c'est-à-dire que leur chimie soit compatible. On demande aux solutions de mouillage de maintenir la plaque d'impression propre tout en permettant à l'encre de se transférer efficacement [15].

La solution de mouillage sert à :

- ✓ Mouiller les zones non imprimables pour les protéger de l'encre.
- ✓ Faire une émulsion.
- ✓ Lubrifier les zones non imprimables.
- ✓ Refroidir l'émulsion (régulateur thermique).
- ✓ Evacuer les particules.
- ✓ Lubrifier les rouleaux et les blanchets.

Cette dernière est composée en grande partie d'eau additionnée à de l'alcool isopropylique(ou isopropanol) et à un additif (2 à 3 %). Certains additifs ayant des propriétés bactéricides peuvent causer des irritations [8]. De nombreux auteurs s'accordent sur une limite de pH entre 4.5 à 5.5 [16] [17].

B. Encrage de la plaque :

Dans la plaque d'impression on a une émulsion de solution de mouillage dans l'encre se forme à la surface des zones imprimantes de la plaque, c'est-à-dire le mélange d'encre et de la solution de mouillage se disperse en fines gouttelettes uniformément réparties dans l'encre sur la presse. Il faut que l'encre ne perde aucune de ses performances, sa viscosité et son transfert approprié soient assurés [15].

C. Transfert de l'émulsion de la plaque au blanchet :

Le Blanchet est un matériau multicouche de faible épaisseur : environ 2 mm dans la majorité des cas. La pression spécifique (pression maximum dans la zone de contact appelées aussi "nip") est l'évolution de l'épaisseur du blanchet (plaque/blanchet ou blanchet/papier exprimé) dans le temps [15].

Après cette opération d'encrage, la plaque transmet par pression l'encre au blanchet, sorte de tapis souple qui est ensuite transmise au papier. Le blanchet est donc imprimé de manière opposée à la plaque et au papier, il joue juste le rôle de transfert [18].

D. Le séchage :

La composition des encres d'imprimerie dépend à la fois du procédé d'impression utilisé et éventuellement du mode de séchage adopté. Les différents modes de séchage vont donc influencer la composition de l'encre qui reste tout de même constituée des trois grandes familles de matériaux mais dans des proportions différentes. Il existe cinq grands types de séchage [19] [20] [21]:

D.1 Le séchage physique ou séchage par infiltration (encre Coldset) :

L'encre déposée sur un support poreux pénètre dans ses interstices. Plus exactement, le véhicule de l'encre s'infiltré entre les fibres du papier par capillarité, laissant en surface les pigments. En réalité, ce film d'encre ne sèche pas vraiment, il perd juste sa fluidité [9].

D.2 Le séchage chimique est encore appelé séchage par oxydo-polymérisation :

Le véhicule contenu dans l'encre, au contact de l'oxygène de l'air et à température ambiante, polymérise pour former un film « sec » de rigidité variable [9].

D.3 Le séchage mixte :

Encore appelé "séchage quickset", associe infiltration et oxydo-polymérisation. Ce mode de séchage est le plus courant dans l'impression sur les machines à feuilles [9].

D.4 Le séchage thermique :

Ce mode de séchage, encore appelé "séchage heatset", combine le séchage par infiltration et le séchage par évaporation. Les solvants volatils contenus dans le véhicule de ces encres « heatset » sont partiellement absorbés par le support, la majeure partie étant évaporée lors du passage dans le four [9].

D.5 Les séchages par rayonnement:

Ils concernent des encres dont le film se solidifie par action de rayonnement UV ou EB (Electron Beam – faisceaux d'électrons) sur certains composés du véhicule. Une des

spécificités majeures des encres d'imprimerie est leur capacité à rester en phase liquide avant et durant l'impression puis leur capacité à sécher le plus rapidement possible [9].

1.13 Les problèmes rencontrés durant le processus d'impression offset :

Tableau 2.2 : Les différents problèmes de la presse offset [22]

Expressions	Problèmes	Causes
Cloquage	De petites sections de la couche ou de la surface du papier se soulèvent et forment des cloques	La surface de papier est trop faible pour résister au tirant de l'encre utilisée
Arrachage	Des particules du papier ou de la couche se décollent pour adhérer au blanchet	Même cause que ci-dessus. Le tirant d'encre est trop élevé ou le papier est trop faible.
Maculage	L'encre sur le papier provoque du maculage à la réception et à la finissure	Une encre dont le pouvoir de pénétration est trop faible ou dont les caractéristiques de prise sont inadéquates provoquera un maculage
Aucun brillant	Encres lustrées devenant mates au séchage	Papier non brillant. Le papier absorbe une trop grande partie du véhicule.
Interférence deuxième couleur	Sur une presse deux couleurs, chevauchement de la zone de la première couleur par la deuxième plaque	Il y a transfert de la première encre de couleur au blanchet de la deuxième couleur et sensibilisation de la deuxième plaque
Séchage lent	Temps de séchage de l'encre trop long	Trop d'eau et trop d'acide utilisés sur la plaque. Taux d'humidité élevé du papier et dans l'air ambiant
Séchage	Bande d'encre radiale apparaissant sur les zones non imprimantes	Saletés, rouleaux de mouillage secs ou sections des rouleaux de mouillage ne touchant pas la plaque
Placage	L'encre s'accumule sur le blanchet et les rouleaux	Trop d'eau dans l'encre. La sauce de couchage du papier ne convient pas à l'offset. L'encre est trop courte

1.14 Le cloquage :

Dans ce travail nous nous intéressons au phénomène de cloquage. Notre objectif est d'expliquer l'origine de cet endommagement et trouver des solutions pour y remédier à ce problème. On trouve ce type de défaut dans plusieurs domaines :

1.14.1 Cloquage dans l'impression :

On peut définir le cloquage comme la formation des petites cloques sur l'interface du support imprimé. On obtient ce type de problème au niveau de l'impression lorsqu'on a une mauvaise ou faible interface du support.

Sans souscrire à une théorie particulière, on pense que les cloques de papier sont dues à l'absorption de l'eau par les fibres de papier qui produit un gonflement de la fibre et à la rupture des liaisons interfibrilles [23].



Figure 1.7 : Cloquage du papier

Le cloquage est un défaut particulier qui risque de se produire au cours du séchage IR quand les lampes IR sont réglées au maximum. Une trop grande chaleur peut transformer l'humidité présente dans le carton en vapeur d'eau à l'intérieur des jets fibreux du carton. Puisque la vapeur a un volume supérieur à l'humidité d'origine, elle entraîne la formation de cloques sur le carton. C'est la raison pour laquelle le carton ne convient généralement pas aux applications offset rotative à sécheurs thermiques [24].

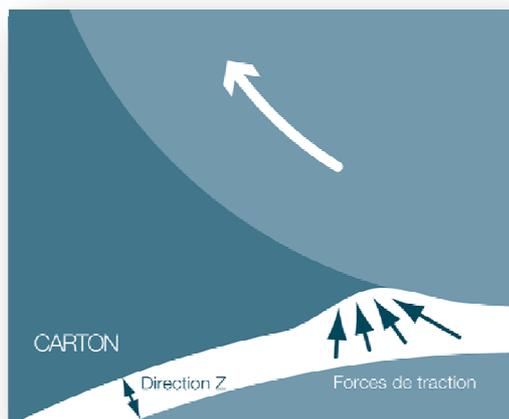


Figure 1.8: Cloquage du carton durant l'impression

1.14.2 Cloquage dans les peintures :

Le cloquage est lié à un défaut lors de l'application de la peinture en raison du produit lui-même ou du support. La cause la plus fréquente de cette anomalie est un mauvais nettoyage des surfaces à peindre.

En effet, la présence d'impuretés, comme les sels qui attirent l'humidité, augmente la vapeur d'eau naturelle qui se crée sur la couche de peinture. Ce surplus n'est pas éliminé naturellement au séchage, et provoque le cloquage [25].



Figure 1.9 : Cloquage de peinture [25]

1.14.3 Cloquage des revêtements :

Le phénomène de cloquage repose sur un mécanisme complexe alliant un processus de flambage du revêtement, associé à une décohésion corrélée de l'interface film/substrat. Le phénomène de flambage a été étudié de manière intensive ces dernières années dans le cadre des équations d'équilibre des plaques minces de Föppl-Von Kàrmàn [26] [27].

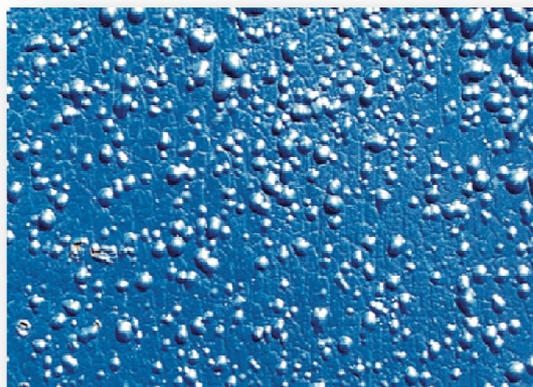


Figure 1.10 : Cloquage d'un film de revêtement

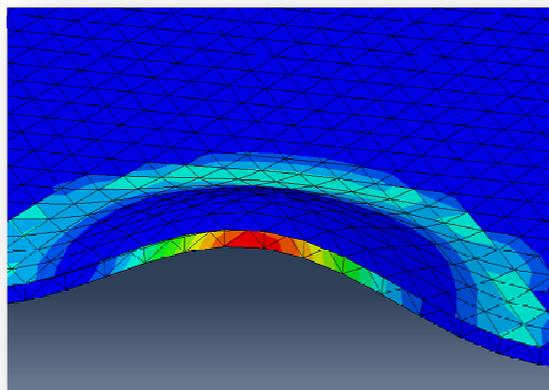


Figure 1.11 : Coupe transversale d'une cloque circulaire se formant par délaminage d'un film élasto-plastique sur substrat rigide [28]

1.15 Une revue bibliographique sur les travaux réalisés dans le domaine d'impression :

D'après Browne et al. [29], Pfeiffe [30] et Rodal, [31], le papier est décrit comme un matériau mince, hétérogène, anisotrope, avec une surface rugueuse. Nous pouvons ajouter que le papier est un matériau compressible dont les propriétés dépendent de l'hygrométrie et de la température. Ces caractéristiques au niveau de la structure du papier rendent difficile le développement de modèle de comportement thermomécanique.

D'après l'étude de Mathieu Fenoll en 2007, dont il a fait une optimisation des paramètres d'impression pour l'électronique imprimée sur supports souples [9]. D'après l'étude de viscosité des encres, il a trouvé que l'augmentation de la température du support aura sûrement un impact sur les caractéristiques des dépôts d'encres polymères. L'augmentation de la température du support pendant (ou juste avant) l'impression permet une meilleure adhésion sur le support.

Un certain nombre d'efforts ont été faits dans le passé pour réduire le gondolement du papier jet d'encre. Par exemple, le brevet US n ° 5.207.824 décrit l'utilisation d'entre 15 à 50% en poids d'un agent anti-saponaire dans l'encre pour réduire l'ivraie [22].

Dans le brevet US n ° 5.431.724, l'addition d'un solvant soluble dans l'eau ou de sel à l'encre à jet d'encre est décrite comme réduisant le papier saponaire pendant l'impression [22].

D'autres brevets antérieurs qui décrivent une relation entre la capacité d'absorption d'encre et la stabilité dimensionnelle d'une feuille d'enregistrement à jet d'encre comprennent les brevets des Etats-Unis 4.780.356, 4.902.568 [22].

L'objet de la présente invention comprend un procédé de réduction de la coque d'une feuille de papier d'enregistrement à jet d'encre lors de l'impression à jet d'encre, dans lequel, même si les fibres de papier sont donnés un degré élevé d'apprêt pour empêcher la pénétration de l'humidité, la feuille d'enregistrement est encore muni un degré élevé de capacité d'absorption d'eau par le remplacement d'une partie mineure mais efficace des pigments de faible surface spécifique classiques normalement utilisés dans la fabrication du papier à jet d'encre avec des pigments de grande surface spécifique ayant un volume interne de pores [22].

1.16 Présentation du lieu de stage :

TONIC INDUSTRIE est aujourd'hui un véritable complexe d'Emballage et des Arts Graphiques. Elle est spécialisée dans la fabrication du carton ondulé et de tous types d'emballages en carton compact.



Figure 1.12 : TONIC INDUSTRIE

Elle est devenue à ce titre, un acteur majeur incontournable dans le paysage industriel Algérien. Son savoir-faire et la maîtrise complète du flux de production, ont fait de Tonic une référence incontestable dans son secteur d'activité. C'est le plus grand fabricant d'emballage en Afrique. Sa production couvre 60 % du marché national dans le secteur de la papeterie.

Elle est installée sur deux sites. Le premier site d'une surface de 12.2Hectares situé dans la zone industrie de Bou-Ismaïl n'est pas clôturé. Le deuxième site d'une superficie de 24.6 Hectares dans la zone de Chaïba à environ de 5Km du 1^{er} site il est clôturé et sécurisé.

De la récupération à la transformation du papier et à la production du carton en passant par l'édition et l'impression, elle couvre ainsi un large champ d'activités de productions intermédiaires et finales. L'entreprise se place comme partenaire majeur de la filière papetière de par son apport direct en produits d'emballages finis.

TONIC INDUSTRIE produit et commercialise de bien de consommation en fournissant une gamme complète de produits d'emballages ainsi que des produits domestiques et sanitaires pour le grand public. Aussi, elle dispose d'une unité de recyclage de vieux papiers collectés par ses propres moyens et par un vaste réseau externe couvrant le territoire national.

1.16.1 Les objectifs de TONIC INDUSTRIE :

Parmi les objectifs de TONIC INDUSTRIE nous pouvons citer :

- ✓ La valorisation de l'environnement.
- ✓ Amélioration de l'image de l'entreprise.
- ✓ Fidélisation de la clientèle.
- ✓ Amélioration des relations humaines au sein de l'entreprise et du cadre habituel de travail.

CHAPITRE 2

MATERIELS ET METHODES

2.1 Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons présenter tous les matériels et les méthodes utilisés pour effectuer :

- ✓ Etude des propriétés physiques, mécaniques et chimiques du papier et de l'encre d'impression et les comparer avec ceux utilisés par l'entreprise TONIC INDUSTRIE.
- ✓ Etude du problème rencontré durant le processus d'impression offset qui est le cloquage, et trouver des solutions pour y remédier à ce problème.

2.2 Caractérisation du papier :

Dans le présent travail, nous avons travaillé avec un papier Blanc Gris de 450 g/m² et des encres primaires de quatre couleurs : Jaune, Magenta, Cyan, Noir. Toutes ces analyses physico-mécaniques et chimiques ont été réalisées au niveau de laboratoire de TONIC INDUSTRIE, Centre de Recherche Scientifique et Technique en Analyses Physico-Chimiques (CRAPC) et les laboratoires Génie des procédés BLIDA1.

Nous allons présenter dans la partie suivante les appareils permettant de déterminer les caractéristiques du papier utilisé.

2.2.1 Le grammage :

Les types de papier se diffèrent entre eux par la grandeur du grammage. Nous avons préparé des feuilles coupées à l'aide d'un emporte pièce circulaire, ensuite nous avons pesé ces échantillons avec une balance de précision 0.2 %. Après nous calculons le grammage en utilisant la formule suivante :

$$G = \frac{M}{A \times N} \dots\dots\dots (2.1)$$

Avec : G = le grammage en g / m^2
 M = la masses de feuilles coupées en g
 N = le nombre de feuilles coupées
 A = la surface d'une feuille en m^2

2.2.2 L'épaisseur :

Afin de connaître l'épaisseur de notre papier nous avons utilisé un micromètre tout en lisant la valeur directement. La figure suivante représente l'appareil utilisé pour déterminer la valeur de l'épaisseur.



Figure 2.1 : Un micromètre

2.2.3 L'humidité :

L'humidité est parmi les propriétés les plus importantes pour déterminer la teneur de l'eau dans le papier. Nous avons coupé la feuille du papier à l'aide d'un massicot, nous avons pesé la masse de cette feuille avant le séchage après nous avons mise cette dernière dans une étuve à $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ pendant 10 min. Nous avons repesé la masse de l'échantillon après le séchage.

Le pourcentage d'humidité est représenté par la formule suivante :

$$\text{Humidité \%} = \frac{m_i - m_f}{m_i} \times 100 \dots\dots\dots(2.2)$$

Avec : m_i : la masse de l'échantillon avant le séchage en g.

m_f : la masse de l'échantillon après le séchage en g.

2.2.4 L'absorption de l'eau par la méthode de Cobb :

Cette méthode nous a permis d'obtenir la quantité d'eau absorbée par le papier. Nous avons découpé à l'aide d'un massicot des éprouvettes de 12.5 cm sur 12.5 cm, ensuite nous avons chauffées ces éprouvettes pendant 15 mn à une température de 105 °C dans une étuve.

Avant de commencer le test, nous avons pesé la masse de ces éprouvettes. Ensuite nous avons placé notre échantillon sous le réservoir cylindrique dont sa base a une surface de 100 cm² et nous l'avons rempli avec 100 ml d'eau tout en déclenchant le chronomètre.

Après 45 secondes d'exposition à l'eau, nous avons déversé rapidement l'eau et nous avons placé l'échantillon sur un papier buvard. Une seconde feuille de papier buvard est posée sur la surface de l'échantillon et essorer l'excédant d'eau avec un rouleau à main. Enfin nous avons repesé la masse de l'échantillon.

La valeur de l'absorption d'eau est égale :

$$A \text{ (g/m}^2\text{)} = (m_2 - m_1) / S \dots\dots\dots (2.3)$$

Avec: m_1 : poids de l'échantillon sans eau en g.

m_2 : poids de l'échantillon avec l'eau en g.

S : surface de la base du cylindre en m²



Figure 2.2 : Réservoir cylindrique

2.2.5 La rigidité :

La rigidité est la résistance à la flexion où nous avons appliqué un angle de 15° sans connaître le sens de la fibre. Nous avons commencé par la préparation des échantillons, dont nous avons coupé des éprouvettes dans deux sens. Nous avons placés les échantillons préparés dans le Rigidimètre, en lisant la valeur directement de l'appareil.

La valeur la plus grande correspond au sens marche (avec l'orientation des fibres) des fibres et si le cas contraire c'est le sens travers.



Figure 2.3 : Un rigidimètre

2.2.6 La blancheur :

Le test de la blancheur sert à déterminer du pourcentage de la blancheur de papier. C'est une propriété optique où nous avons fait passer un rayonnement UV à travers notre échantillon. Après nous avons lu la valeur sur le réflectomètre.



Figure 2.4 : Un réflectomètre

2.2.7 Le lissé:

Le Lissé est le temps nécessaire à l'écoulement de 10 cm^3 d'air, dans une atmosphère ambiante, entre l'anneau de 10 cm^2 et la surface du papier (ou du carton) posé sur une surface de verre parfaitement polie.

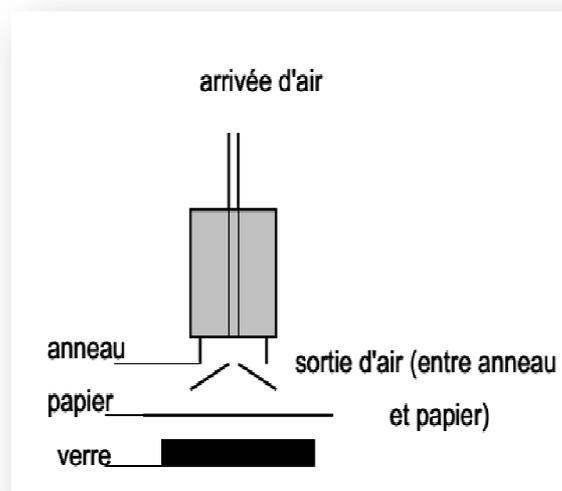


Figure 2.5 : Schéma montrant le principe de la mesure du lissé

2.2.8 La perméabilité à l'air (porosité) :

La porosité consiste à mesurer un débit d'air traversant le papier à une différence de pression constante. L'appareil présenté dans la figure suivante nous a permis d'effectuer deux mesures, une fois la valeur du lissé et une deuxième fois la valeur de la porosité.

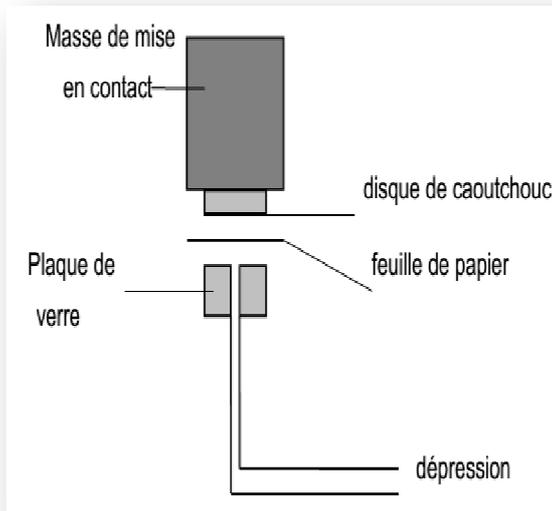


Figure 2.6 : Schéma de principe de la mesure de la porosité



Figure 2.7 : Rugosimètre/ Porosimètre

2.2.9 Le pourcentage de la matière inorganique dans le papier :

Pour déterminer le pourcentage de la matière inorganique dans le papier nous avons utilisé un incinérateur. Avant de commencer le test nous avons mesuré la masse de l'échantillon ensuite on l'a brûlé jusqu'à ce qu'on obtient de la cendre. Nous avons pesé la masse de cette dernière et le pourcentage de la matière inorganique est calculé par la formule suivante :

$$X (\%) = \frac{(m_f \times 100)}{m_i} \dots \dots \dots (2.4)$$

Avec : m_i : la masse de l'échantillon avant le brûlage en g

m_f : la masse de la cendre en g



Figure 2.8 : Un incinérateur

2.2.10 La spectroscopie Infrarouge :

L'analyse par spectroscopie IRTF a été réalisée à l'aide d'un spectromètre de marque ALPHA BRUKER.

Le papier est analysé directement en mode ATR (Attenuated Total Reflectance). L'acquisition des spectres a été effectuée dans le domaine $4000-400\text{ cm}^{-1}$ avec 32 scans et une résolution de 4 cm^{-1} .

Cette analyse a été réalisée au niveau de laboratoire Matériaux Méso-structurés Centre de Recherche Scientifique et Technique en Analyses Physico-chimiques (CRAPC) Bou-Ismaïl, Tipaza, Algérie.

Aussi nous avons caractérisé nos encres avec cette méthode mais dans le cas des liquides peu visqueux et volatils, il est recommandé d'introduire l'échantillon dans une cuve fermée d'épaisseur déterminée. Mais dans notre cas et comme nous avons des encres grasses et visqueuses, nous l'avons déposées entre deux lames de KBr (Bromure de Potassium).

2.3 La caractérisation des encres d'impression :

Plusieurs méthodes de caractérisation ont été réalisées sur l'encre afin de connaître les propriétés de ce dernier.

2.3.1 La mesure rhéologique :

Afin de caractériser le comportement rhéologique de nos encres primaires, nous avons effectué deux mesures : la mesure en écoulement et la mesure de la viscosité.

Le comportement en écoulement des encres étudiées est déterminé à l'aide d'un rhéomètre de marque ANTON PAAR 302.

Le principe de fonctionnement de cette analyse consiste à placé un échantillon (l'encre) sur un plan réglé auquel nous avons imposé un couple. Nos échantillons sont caractérisés à 22°C. Le cône en tournant impose une certaine contrainte au matériau qui répond avec un gradient de vitesse qui est mesuré. Ensuite nous avons modélisé les résultats obtenus à l'aide d'un logiciel STATISTIC A afin de déterminer la valeur de la viscosité.

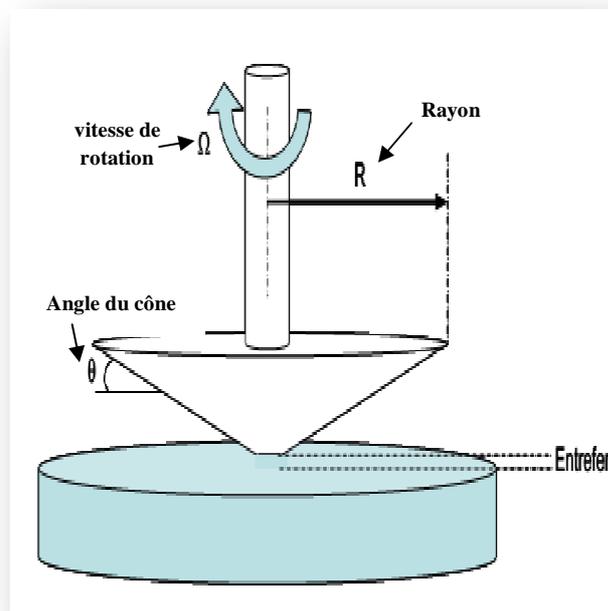


Figure 2.9 : Schéma de principe de la mesure de rhéologie

2.3.2 La spectroscopie Ultra-violet/visible :

Pour le test de la spectroscopie UV/visible nous avons dilué nos échantillons d'encre tout d'abord avec l'huile de lin parce que nos encres sont sous forme pâteuse. Ensuite nous avons effectué le balayage et nous avons déterminé les valeurs de l'absorbance et la longueur d'onde de chaque couleur.

2.4 La caractérisation de la solution de mouillage :

Etant donné que la solution de mouillage est l'un des éléments les plus importants pour assurer une bonne qualité d'impression, donc il était nécessaire d'effectuer des analyses chimiques pour caractériser cette solution. Cette partie a été réalisée dans le laboratoire de TONIC INDUSTRIE.

2.4.1 Le potentiel hydrométrique (mesure de pH) :

Les solutions de mouillage acides présentent un certain nombre d'avantages. Il est cependant fondamental d'ajuster et de fixer le pH de la solution à une valeur appropriée.

Pour vérifier l'acidité de la solution de mouillage, nous avons utilisé un pH mètre de marque HANNA à $T=25^{\circ}\text{C}$ et nous l'avons comparé avec la valeur citée dans la norme [22].

2.4.2 La Conductivité :

Il n'est pas suffisant d'en contrôler le pH pour s'assurer de la stabilité de la qualité de la solution de mouillage. Il est important de contrôler sa conductivité. Un conductimètre de marque HANNA (étalonné sur une solution électrolyte de conductivité connue) nous a permis de mesurer la conductivité de la solution de mouillage.

2.5 **Phénomène de cloquage :**

Afin d'identifier l'origine du phénomène de cloquage, nous avons réalisé des essais sur des feuilles d'un papier blanc gris d'un grammage de 450 g/m^2 . Nous avons procédé à 4 opérations d'impression sur les feuilles de papier blanc gris. Pour chaque opération nous avons pris deux échantillons (2feuilles de papier), la première feuille « feuille témoin » la deuxième feuille « feuille test ».

- ✓ Les deux feuilles de papier sont mises en contact avec la solution de mouillage. La « feuille témoin n'est pas imprimée », elle servira à mesurer le taux d'humidité suite au contact avec la solution de mouillage.
- ✓ La « feuille test » est imprimée. nous procédons ainsi à chaque opération et nous augmentons à chaque fois le nombre de contact avec la solution de mouillage. Nous obtenons ainsi l'apparition des cloques en fonction du taux d'humidité.

Nous avons pris en considération les paramètres thermo-hygrométriques du local d'impression, dont nous avons mesuré l'humidité et la température à l'aide d'un thermo-hygromètre tout le long de l'expérience.

Nous avons réalisé ces essais dans l'offset KBA 105 de l'atelier d'impression au niveau de l'entreprise TONIC INDUSTRIE.

La KBA 105 est une machine d'impression offset, de très grande fiabilité équipée d'un transporteur de feuilles, de groupe d'encrage optimisée et une automatisation poussée. Sa capacité est de 17000 feuille/heure.



**Figure 2.10 : La machine d'impression Offset KBA
105 au niveau de TONIC INDUSTRIE**

A. Mesure de l'humidité :

Le thermo-hygromètre nous a permis de mesurer le changement d'humidité et de température dans le local d'impression et dans le lieu de stockage. Nous avons posé cet appareil à l'air libre dans le local d'impression et dans plusieurs endroits du lieu de stockage. A l'aide de son capteur nous avons mesuré directement la température et l'humidité. La figure suivante représente cet appareil.



Figure 2.11: Thermo-hygromètre

CHAPITRE 3

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Nous présentons dans cette partie l'ensemble des résultats obtenus à savoir ceux de la caractérisation du papier, l'encre et la solution de mouillage et leurs interprétations.

Ensuite nous exposons les résultats de cloquage ainsi que les solutions pour y remédier à ce problème.

3.1 Caractérisation du papier :

Nous citons dans ce qui suit les résultats de la caractérisation du papier Blanc Gris.

3.1.1 Les caractéristiques physico-mécaniques :

Les résultats de caractérisation du papier utilisé dans cette étude sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau 3.1 : Les différentes caractéristiques du papier Blanc Gris

Caractéristiques		Méthode d'analyse	Unité de mesure	Mesures effectuées	Les normes	Tolérance
Grammage		ISO-536	g/m^2	450	450	± 6
Epaisseur		ISO-534	μm	561	620	± 15
Cobb		ISO-535	g/m^2	8	10-50	Zone
Humidité		ISO-287	%	7	6-8	Zone
Porosité		ISO-5636-3	ml/min	6	5-25	Max
Rigidité	sens marche	ISO-2493	mN	638	380	Min
	Sens travers			260	170	Min
Matière inorganique		ISO-ICS-85.040	%	17.26	15 %	Min
Blancheur		ISO-2470	%	80	77	Min
Lissé (rugosité)		ISO 5627	ml/min	205	500	Max

L'examen des résultats donnés dans le tableau (3.1) nous permet de conclure que :

- Le papier utilisé a une bonne rigidité parce que la valeur de cette dernière en sens marche de la fibre est de 638 mN, cette dernière est supérieur à 380 mN et en sens travers est de 260 mN, elle est supérieur à 170 mN.
- Il a une bonne stabilité dimensionnelle car la valeur du lissé (rugosité) trouvé est de 205 ml/min. elle est inférieur à 500ml/min donc nous pouvons dire que notre surface n'est pas très rugueuse.
- La valeur de la porosité obtenue est 6 ml/min parait dans la norme (5-25 ml/min), ce qui montre un bon aspect de d'impression et par conséquent une bonne pénétration de l'encre dans le papier.
- Le pourcentage de la matière inorganique est aux environ 17.26 %, ce résultat est intéressant dans la mesure où l'existence de la matière inorganique a une valeur supérieur à 15 %, cette matière bloque totalement la porosité du papier ce qui empêche la bonne pénétration de l'encre et par conséquent une mauvaise qualité d'impression.
- Ce résultat de caractérisation montre que le papier blanc gris utilisé peut être destiné pour tous genres d'emballage, comportant une impression sur la face externe (boîtes pliantes).

3.1.2 La spectroscopie IRTF :

Les résultats de l'IRTF du papier blanc gris utilisé sont donnés sous forme de spectre exprime l'absorbance en fonction de la longueur d'onde représenté dans la figure (3.1)

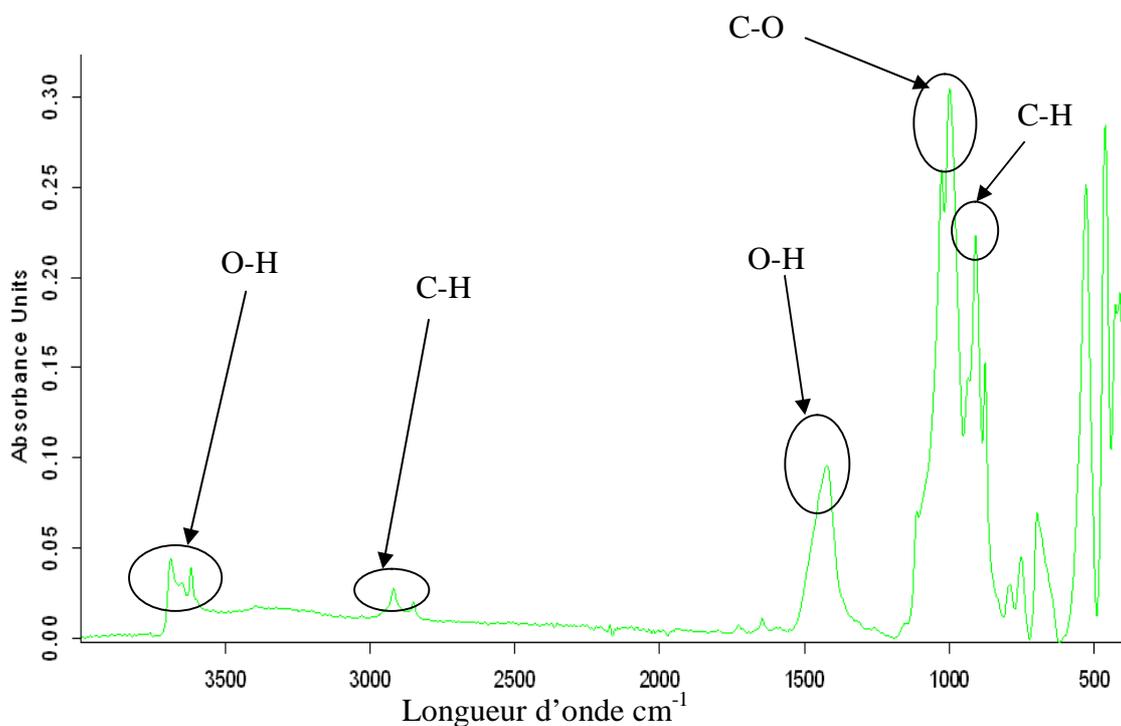


Figure 3.1 : Le spectre IRTF du papier Blanc Gris

L'examen des spectres IRTF nous permet de dégager les groupements fonctionnels suivants avec leurs longueurs d'ondes.

- Deux bandes ont été détectées dans les régions des fréquences de $3618-3650\text{ cm}^{-1}$ et 1421 cm^{-1} , Ces deux bandes peuvent attribuer à l'apparition des groupements alcooliques ce qui est en accord avec les données de la littérature [32].
- Aussi d'autres pics aux environ $2849-2918\text{ cm}^{-1}$ et 907 cm^{-1} correspondent au groupement C-H.
- Enfin une bande vers 997 cm^{-1} convient à la liaison C-O.

3.2 Caractérisation des encres d'impression:

Les résultats de la caractérisation de l'encre primaire utilisée dans notre étude, sont présentés de la manière suivante :

3.2.1 La spectroscopie UV/visible :

Le tableau (3.1) illustre les résultats de la spectroscopie UV/visible réalisé sur les encres utilisées dans le présent travail.

Tableau 3.1 : La spectroscopie UV/visible des quatre encres primaires

La couleur d'encre	La longueur d'onde en nm	Absorbance
Jaune	475	0.928
Rouge	577	0.158
Bleu	736	0.324
Noir	410	1.2

L'examen des résultats donnés dans le tableau ci-dessus nous constatons que :

- L'encre jaune a une longueur d'onde de 475 nm mais il absorbe dans le bleu.
- Le rouge absorbe dans le jaune avec $\lambda = 477$ nm.
- Le bleu a une longueur d'onde de 736 nm mais il absorbe dans le rouge.
- Finalement l'encre qui a une longueur d'onde de 410 nm absorbe dans le violet.

3.2.2 La rhéologie des encres d'impression :

Les résultats de l'étude rhéologique des encres primaires utilisées sont donnés dans les figures suivantes.

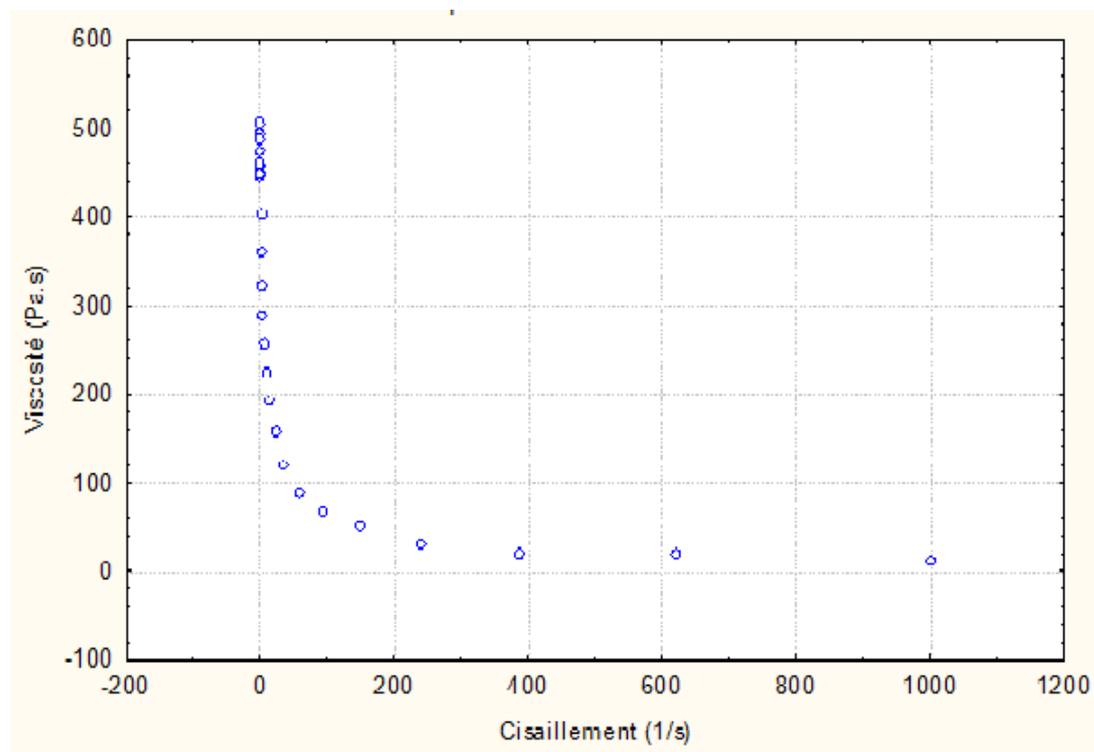


Figure 3.2 : La courbe de la variation de la viscosité de l'encre offset en fonction de la force du cisaillement

La courbe précitée représente la variation de la viscosité de l'encre offset en fonction de la force du cisaillement. Nous observons que la viscosité diminue en fonction de l'augmentation du cisaillement. De plus, nous constatons que cette variation est indépendante du temps.

Afin de déterminer la viscosité de notre encre nous avons procédé à la modélisation en utilisant le logiciel statistica, le résultat obtenu est illustré dans la figure ci-dessous.

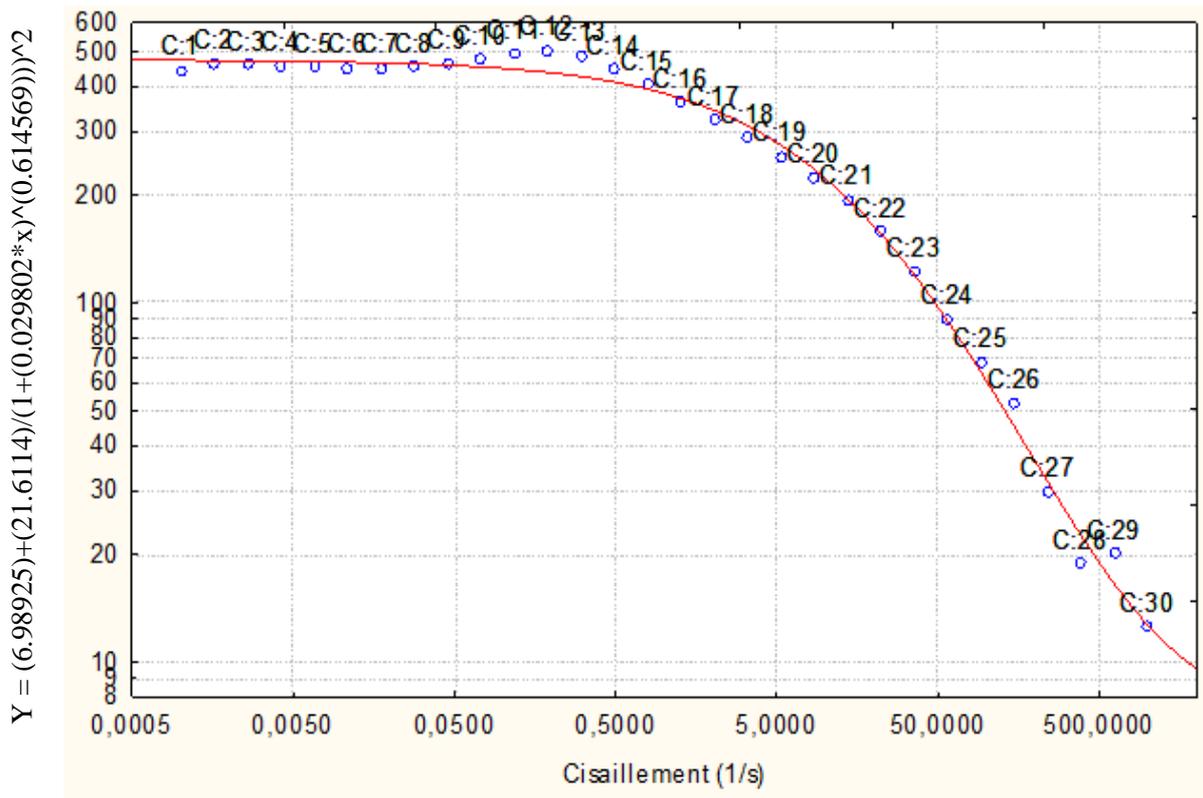


Figure 3.3 : La courbe de la modélisation du comportement rhéologique de l'encre offset

A l'étude de la modélisation nous avons établi le modèle approprié pour représenter le comportement rhéologique de nos encres. En appliquant la loi de puissance (proposée pour la première fois par Ostwald en 1925) où le coefficient k et l'indice de fluidisation $n < 1$ sont à déterminer empiriquement. La viscosité s'écrit :

$$\mu = k \gamma^{n-1} \dots \dots \dots (3.1)$$

Avec : μ : La viscosité en Pa.s

γ : Le cisaillement en 1/s

Tableau 3.3: Résultats de la modélisation

$R^2 = 0.99$	$k = 0,029802$
	$n = 0,614569$
	$\eta_0 = 21,61136$
	$\eta^\infty = 6,989251$

Avec : R^2 : Le coefficient de corrélation.

k : La consistance de fluide

n : L'indice de fluidisation

η_0 : La viscosité à cisaillement nul

η_∞ : La viscosité à cisaillement infini

Au vu des résultats consignés dans le tableau ci-contre nous observons un coefficient de corrélation très acceptable, ce qui montre la concordance quasi-total entre les résultats expérimentaux et le modèle mathématique.

La valeur de l'indice de fluidisation (n) est inférieure à l'unité, ce qui montre que l'encre utilisée possède un caractère rhéofluidifiant ce qui explique l'aspect visqueux de ce dernier.

A travers la précédente modélisation nous avons pu calculer la viscosité de notre fluide qui est égale à 6.989 Pa.s. Cette valeur semble être en bon accord avec celle donnée par la bibliographie et exigée par la norme [9].

3.2.3 La spectroscopie IRTF des encres d'impression :

Les résultats de la spectroscopie IRTF des encres d'impression sont représentés dans les figures suivantes (figure 3.4 et figure 3.7) :

Résultat de l'encre Bleu :

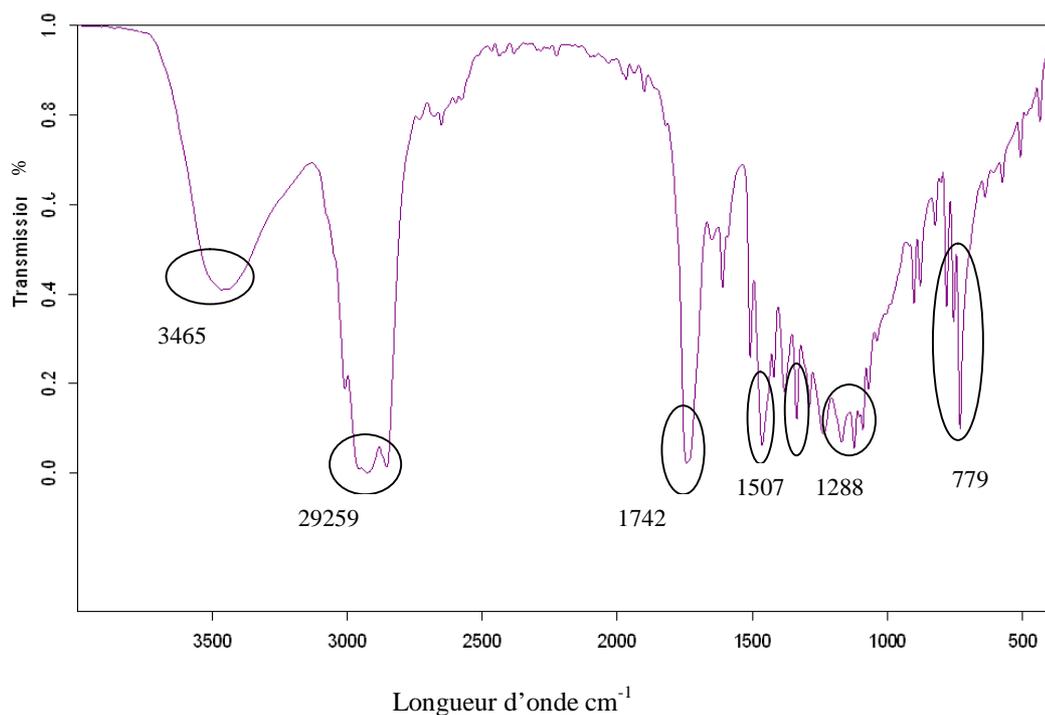


Figure 3.4 : Spectre IRTF de l'encre Bleu

Résultat de l'encre Rouge :

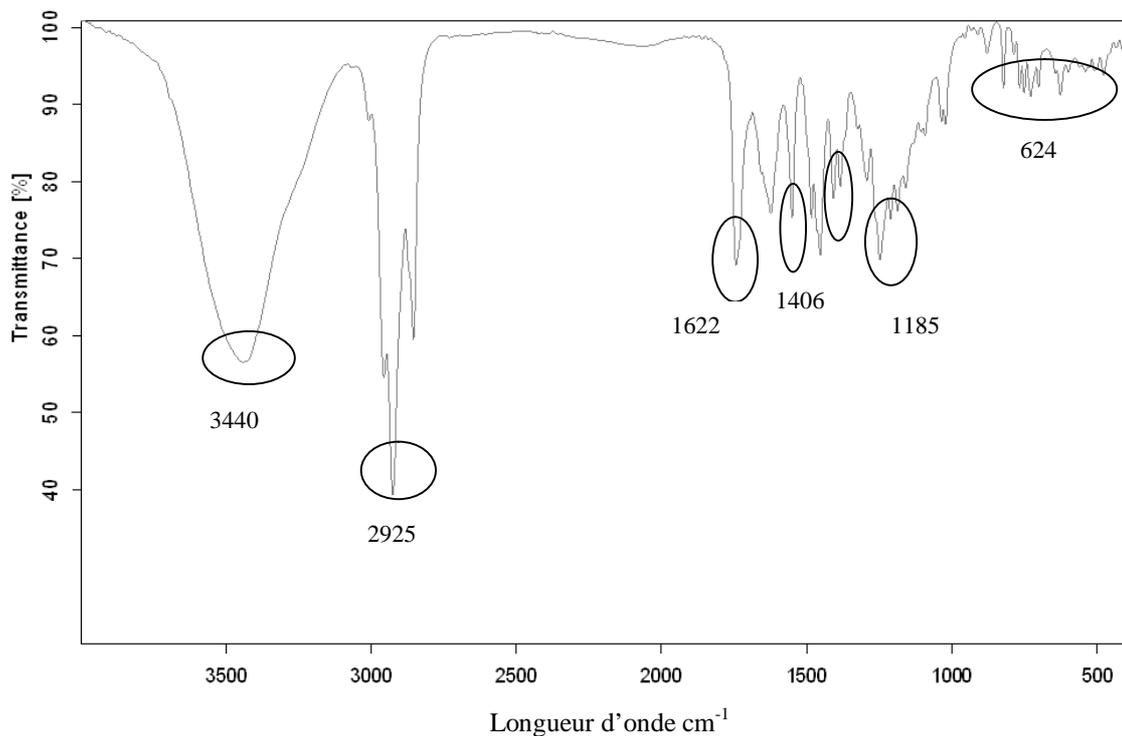


Figure 3.5 : Spectre IRTF de l'encre Rouge

Résultat de l'encre Noir :

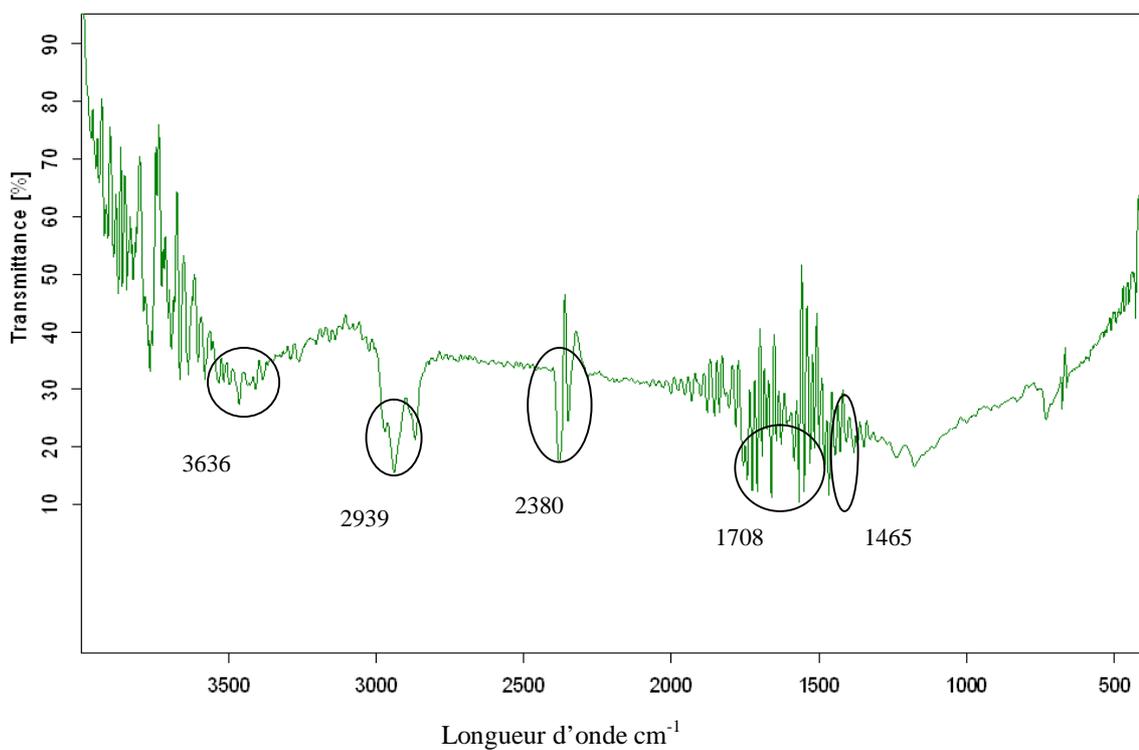


Figure Erreur ! Utilisez l'onglet Accueil pour appliquer 0 au texte que vous souhaitez faire apparaître ici. :
Spectre IRTF de l'encre Noir

Résultat de l'encre Jaune :

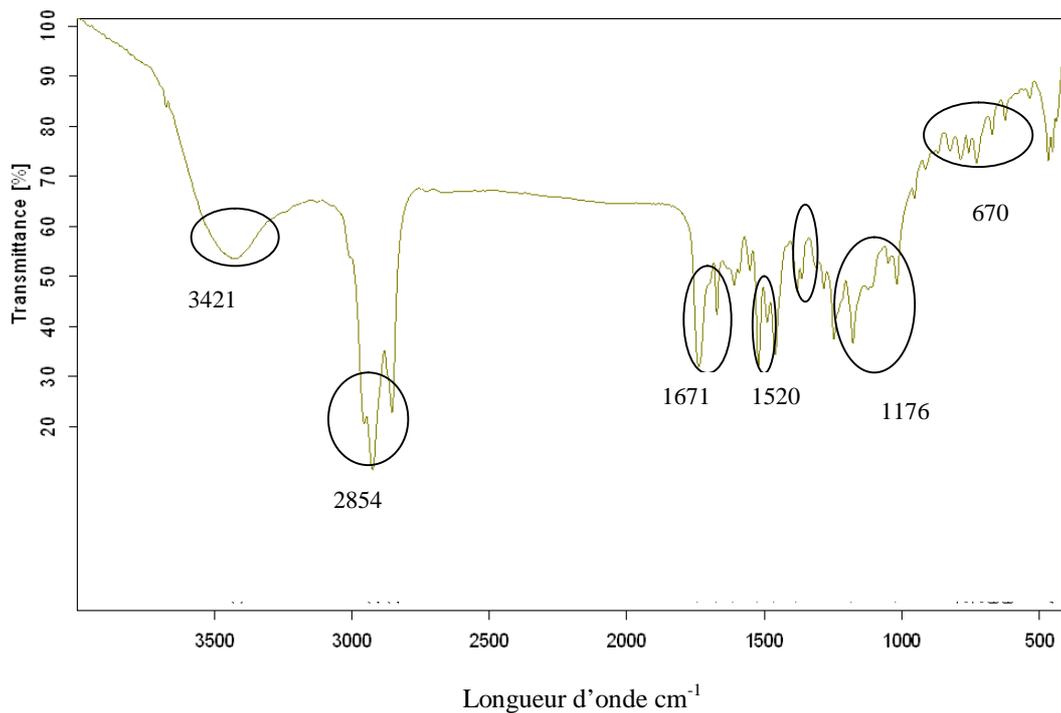


Figure 3.7 : Spectre IRTF de l'encre Jaune

Les figures ci-dessus représentent les résultats de la spectroscopie IRTF des quatre encres primaires. Au regard ces spectres nous observons l'existence des bandes suivantes :

- Une bande caractéristique aux alentours 3440 cm^{-1} correspond aux vibrations d'élongation N-H.
- Une autre bande de 2925 cm^{-1} correspond au groupement de C-H.
- Un autre pic apparaît entre $1600\text{-}1700\text{ cm}^{-1}$ correspond au groupement C=O.
- Les pics entre $1200\text{-}1300\text{ cm}^{-1}$ peuvent être attribués au groupement alcoolique.
- Nous remarquons qu'il y a des groupements COOH dans nos encres à cause du pic 1170 cm^{-1}
- Finalement en examinant le résultat de l'encre Noir nous constatons que le pic à 2380 cm^{-1} correspond aux Nitriles.

En comparant ces résultats avec la fiche technique du fournisseur d'encre on peut dire que nos encres sont dans les normes.

3.3 La caractérisation de la solution de mouillage :

Concernant la solution de mouillage nous avons effectué des prélèvements de la machine offset KBA 162 pour analyser la conductivité et le pH de cette solution. Le tableau suivant résume les résultats obtenus :

Tableau 3.4 : Les valeurs de la conductivité et le pH de la solution de mouillage

L'eau prélevée	Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	pH
Machine KBA 162	3030	4.74

L'examen des valeurs données dans le tableau, nous montre que le pH de notre solution est dans les normes. Selon SCHMITT en 1987 [17], un pH inférieur à 4,4 réduit la quantité de la solution de mouillage absorbée et émulsionnée par l'encre, provoquant un "placage" c'est-à-dire, une accumulation d'encre sur le blanchet, dans les zones imprimantes (existence de l'image).

Nous remarquons aussi que ces eaux possèdent une conductivité de 3030 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ce qui semble conforme à la norme [17]. Une augmentation de la conductivité d'une solution de mouillage signifiera presque toujours que les substances dissoutes sont plus nombreuses. Nous pouvons conclure qu'une dissolution partielle du papier par une solution de mouillage trop acide sera détectable par une simple mesure de conductivité.

3.4 L'étude de l'interaction papier/encre:

Au cours de notre stage pratique dans l'entreprise TONIC INDUSTRIE, nous avons pu déterminer et classer plusieurs problèmes techniques qui conduisent à l'apparition des défauts sur la qualité de l'impression, ces derniers ont une influence négative sur le rendement de production.

A ce stade nous avons cerné les résultats du cloquage obtenus, afin de mettre en évidence l'origine de ce problème. Les figures suivantes représentent les résultats de cloquage sur le papier Blanc Gris.

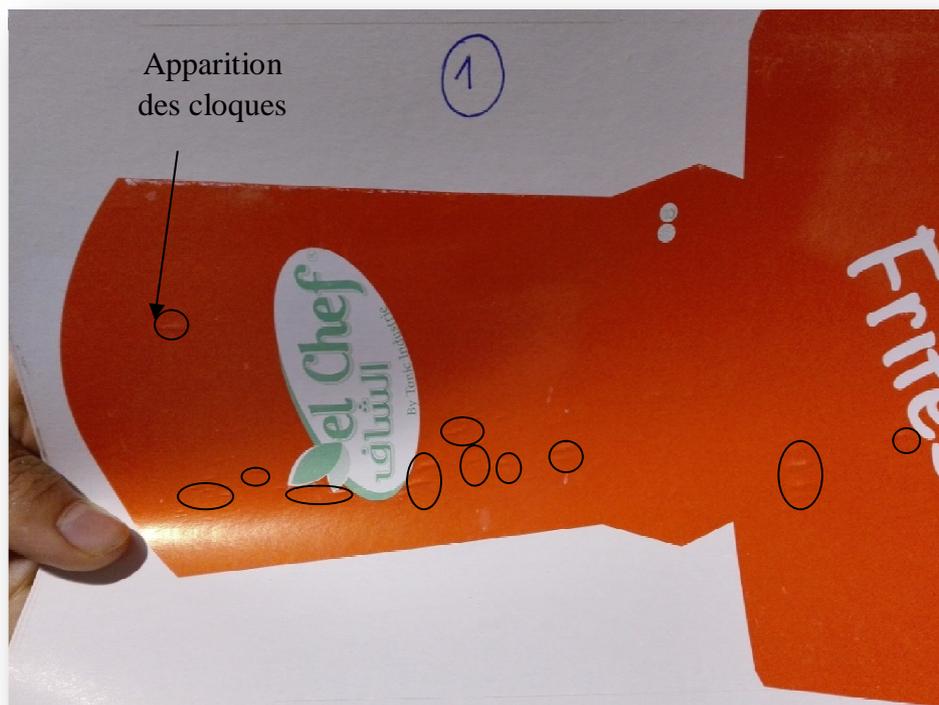


Figure 3.8 : Un papier imprimé avec un seul passage dans la solution de mouillage



Figure 3.9 : Un papier imprimé avec deux passages dans la solution de mouillage



Figure 3.10 : Un papier imprimé avec trois passages dans la solution de mouillage



Figure 3.11 : Un papier imprimé quatre passages dans la solution de mouillage

Après chaque passage du papier par la solution de mouillage, nous mesurons l'humidité du papier au niveau du laboratoire TONIC INDUSTRIE. La courbe suivante illustre les résultats obtenus :

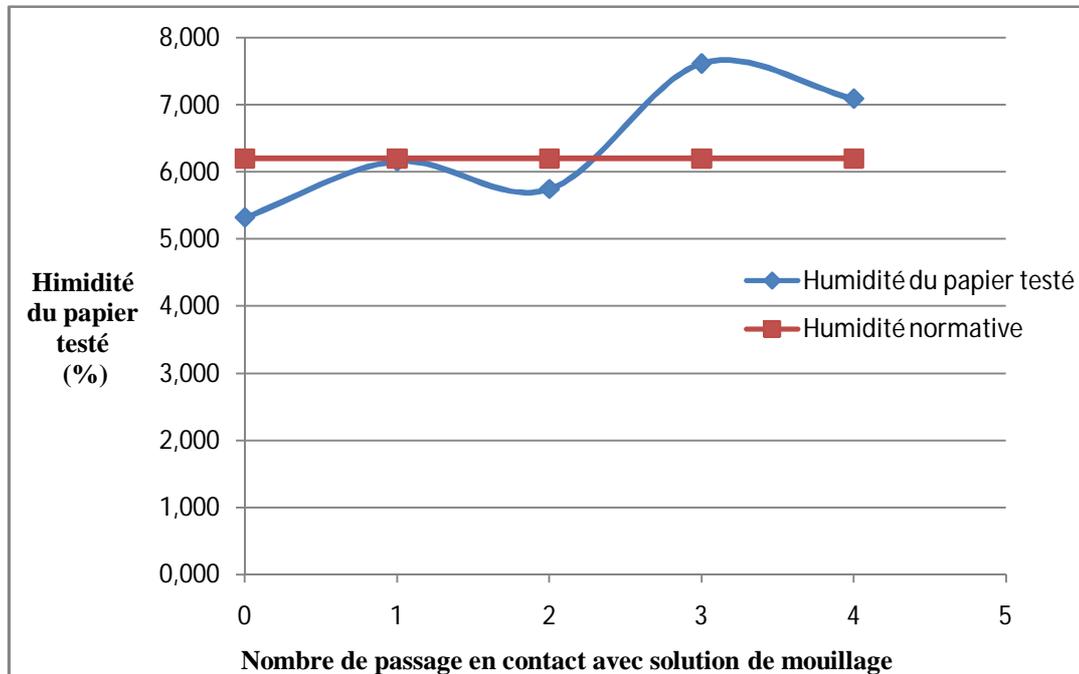


Figure 3.12 : Evolution de l'humidité en fonction de nombre de passage du papier dans la solution de mouillage

En examinant les figures précédentes, nous observons que l'apparition du cloquage augmente en fonction de l'augmentation de l'humidité du papier. Dans la première opération nous n'avons pas obtenu beaucoup de cloques par rapport à la deuxième et la troisième opération. Mais dans la quatrième opération l'interface du papier est arraché et collée sur le blanchet. Donc nous constatons que l'humidité influe sur la qualité d'impression.

D'après la courbe, nous remarquons que l'humidité du papier augmente en fonction du nombre de passage de ce dernier en contact avec la solution de mouillage. Ce qui confirme l'augmentation de l'apparition des cloques sur les surfaces imprimées.

La valeur de la teneur en humidité du papier fabriqué à partir de la pâte du bois, doit être de 6.2 %.d'après l'étude de PARSONS Robert. A [33], dans les conditions d'humidité relative de 40%.

Aussi il décrit que pour garantir la solidité et la maniabilité du papier, il est essentiel de maintenir son taux d'humidité entre 5% et 7%. Cette condition nécessite une humidité dans l'intervalle de 40% à 50% [33].

Donc l'humidité de nos échantillons dépasse les valeurs utilisées dans ce domaine. Et nous constatons l'apparition des cloques à partir d'un taux d'humidité du papier de 6%. Pour qu'un papier ait une bonne imprimabilité, il faut qu'il soit bien conditionné.

3.4.1 L'humidité dans le local d'impression :

Puisque l'humidité est un facteur primordial pour éviter le problème de cloquage, il est judicieux de mesurer la température et l'humidité relative du lieu de travail. Les résultats de ces mesures sont donnés dans les figures suivantes qui expriment la grandeur mesurée (l'humidité relative et la température) en fonction du temps.

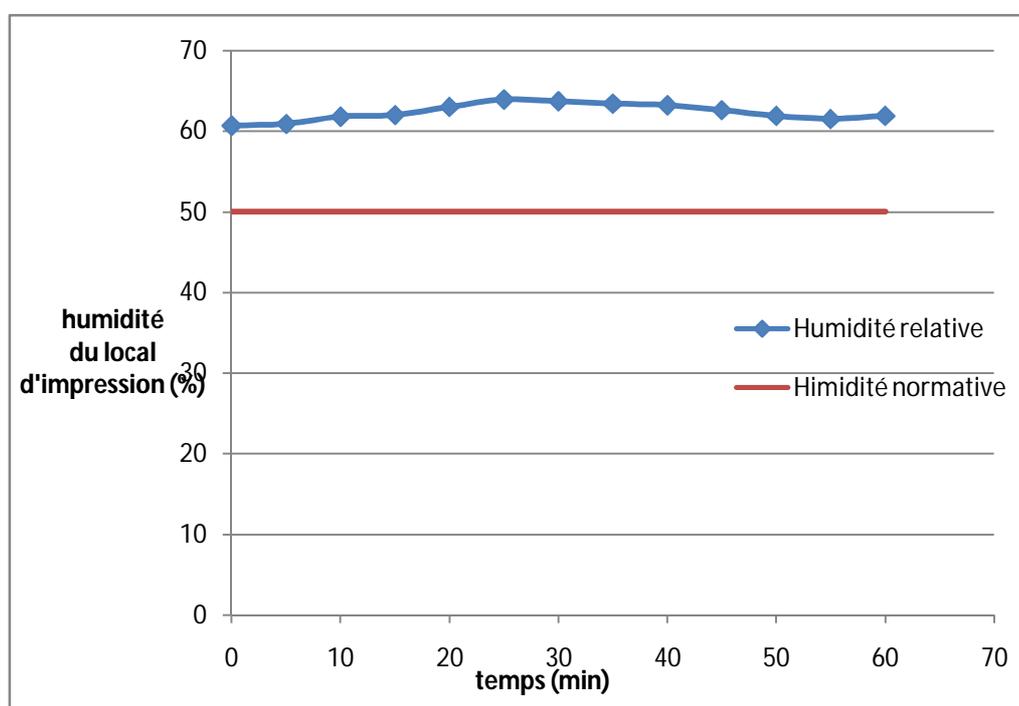


Figure 3.13: Evolution de l'humidité relative du local d'impression en fonction du temps

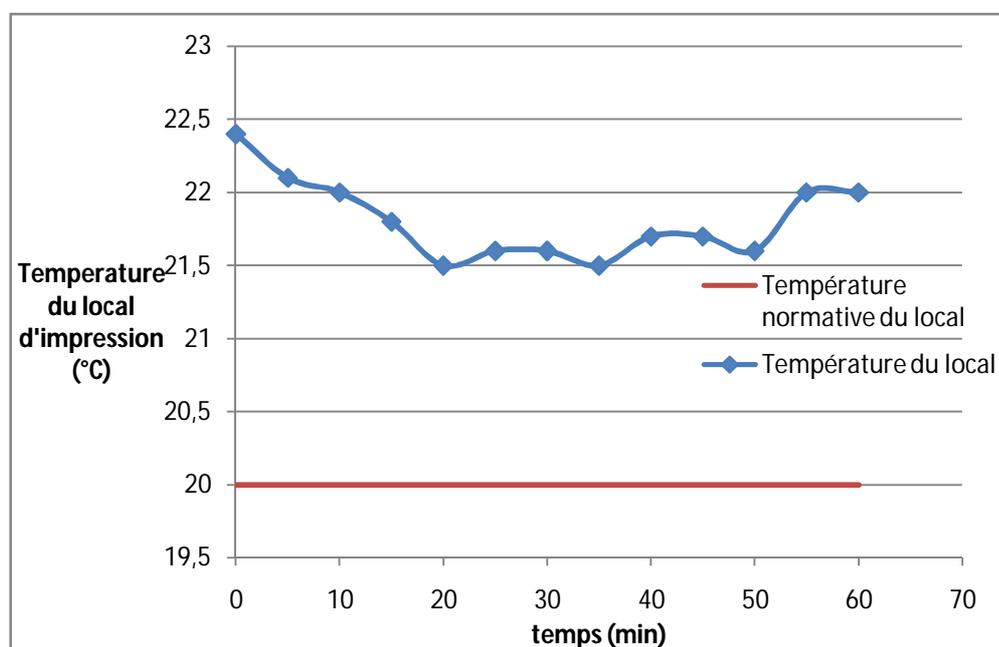


Figure 3.14 : Evolution de la température du local d'impression en fonction du temps

Les courbes précédentes représentent la température et l'humidité relative en fonction du temps. Nous avons mesuré à l'aide d'un thermo-hygromètre chaque 5 minutes l'humidité et la température.

L'examen de ces courbes, nous a permis de conclure que le local d'impression de TONIC INDUSTRIE n'est pas bien conditionné dans la mesure où la valeur de l'humidité relative moyenne est égale à 62% avec une température aux environs 22(°C).

D'après les indications du spécialiste du papier INAPA entreprise Suisse, pour qu'un papier ait une bonne qualité d'impression, il faut que ses propriétés demeurent inchangées au cours de son processus de fabrication (l'impression, façonnage et emballage) et que durant ce processus humidité relative minimale du papier doit être entre 25–40% au max [34].

D'après la société CAREL spécialiste de l'humidification confirme que le papier composé de fibres végétales (cellulose) est un matériau hygroscopique, il est donc très sensible aux variations hygrométriques [35].

Pendant la période hivernale, la chaleur générée par les machines et les installations de chauffage fait tomber le taux d'hygrométrie de l'air à des niveaux critiques entraînant des modifications dimensionnelles et mécaniques du papier.

3.4.2 L'humidité de lieu de stockage :

Dans le même contexte et afin d'éviter le problème de cloquage nous avons contrôlé l'humidité relative et la température dans le lieu de stockage. Les résultats de cette mesure sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 1 : les valeurs de la température et l'humidité relative dans le lieu de Stockage

Les Endroits de mesure	L'humidité (%)	La température (°C)
Endroit 1	43.3	27.5
Endroit 2	49.3	26.6
Endroit 3	53.7	25
Endroit 4	53.6	25.1
Endroit 5	55.2	25.2



Figure 3.15 : Le lieu de stockage de TONIC INDUSTRIE



L'ouverture
de la toiture

Figure 3.16 : La toiture de lieu de stockage

Les photos prises du lieu de stockage de TONIC INDUSTRIE nous montrent qu'il ne répond pas aux conditions idéales de stockage. Puis la toiture est ouverte laissant pénétrer les eaux de pluie. L'isolation est inexiste et il n'est pas doté d'une installation de déshumidification.

Les résultats consignés dans le tableau et qui sont relatifs aux mesures de la température et l'humidité relative dans plusieurs points, donnent une température moyenne de 25.88 °C et une humidité relative moyenne de 51.02 % dans le lieu de stockage.

D'après PARSONS Robert A, le papier a des caractéristiques hygroscopiques et commence à se gonfler sensiblement et se déformer de façon permanente lorsque l'humidité relative est supérieure à 38%. Par conséquent, les produits finis doivent être stockés sous des conditions contrôlées pour maintenir leur teneur en humidité constante [33].

Les conditions recommandées de stockage pour des impressions sur papier sont données par ANSI (1982). Les limites optimales pour l'humidité relative de l'air ambiant sont de 30 à 50% [36].

Donc nous constatons que les conditions de stockage ne sont pas dans les normes. La température, l'humidité et d'autres facteurs environnementaux, ainsi que la méthode de stockage de papier, affectent considérablement la qualité du papier.

La teneur en humidité du papier change avec les variations de températures provoquant la courbure et le gondolage du papier. Les changements de conditions du papier peuvent engendrer des défauts sur le papier et des faux-plis pendant l'impression.

3.5 Les recommandations:

Lors de l'élaboration de ce mémoire intitulé « ETUDE DES PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES DES SUPPORTS DE L'ENCRE D'IMPRESSION » sur le site de TONIC INDUSTRIE, nous avons pu constater l'existence d'anomalies dans le processus d'impression.

Il est bien évident que les recommandations que nous proposons ici ne traitent qu'une partie de la technologie d'impression, vu que cette dernière est vaste et complexe. Ci-joint les recommandations proposées :

- ✓ Etablir les fiches techniques de l'ensemble des éléments rentrant dans le procédé d'impression, ceci permettra un meilleur contrôle de la matière première et améliorer la qualité.
- ✓ Améliorer l'environnement du processus d'impression c'est-à-dire : installer des thermomètres au niveau des ateliers d'impression et des mesureurs d'humidité.
- ✓ Améliorer les conditions de stockage (installation des déshumidificateurs, mettre un emballage adéquat pour le papier stocké).
- ✓ Régler le séchage en fonction des conditions hygrométriques du papier.
- ✓ Vérifier le volume de la solution de mouillage et son pH avant chaque impression.

INTRODUCTION GENERALE

L'impression est une technologie liée au développement de l'humanité et de la culture. Où l'homme a cherché des moyens d'expression pour pérenniser ses œuvres et les diffuser.

Cette technologie est réalisée en utilisant des procédés d'impression standards tels que la flexographie, l'héliogravure et l'offset sur des différents supports tels que le papier, carton et le plastique en employant des encres fonctionnels sur les surfaces de ces supports.

L'impression permet d'identifier le contenu « le produit » et lui donner une image à travers des illustrations sur l'emballage auprès des consommateurs. Avec le développement des besoins de l'homme et l'amélioration de la qualité de vie des populations ainsi que les nouvelles réglementations concernant la santé publique, l'industrie d'emballage s'est développée considérablement.

Ces deux industries très dépendantes l'une de l'autre se sont développées simultanément et des recherches ont été réalisées sur les supports, l'encre et les machines afin de permettre l'amélioration de la qualité de l'emballage et de l'impression et réduire le coût de la production.

Ce mémoire réalisé au niveau de l'entreprise TONIC INDUSTRIE, tourne autour de deux axes. Le premier traite la caractérisation des différents éléments rentrants dans l'impression du papier destiné à l'emballage, à savoir le papier lui-même, l'encre et la solution de mouillage. Le second axe traite la qualité de l'impression sur le papier et l'apparition du phénomène de cloquage.

L'objectif de ce mémoire est d'étudier les propriétés physiques, chimiques et mécaniques de l'ensemble des éléments rentrants dans l'impression du papier et permettre à l'entreprise de maîtriser qualitativement le processus d'impression. Et enfin identifier les facteurs favorisant l'apparition du cloquage et proposer des solutions à l'entreprise TONIC INDUSTRIE.

Cette introduction sera suivie d'un premier chapitre où nous présenterons une bibliographie sur le papier, l'encre, la solution de mouillage et les différents procédés d'impressions. Aussi nous détaillerons le problème rencontré durant le processus offset qui est le cloquage.

Le deuxième chapitre est consacré aux matériels et les méthodes utilisées pour la réalisation des tests au niveau de l'entreprise TONIC INDUSTRIE, au CRAPC et au laboratoire de Génie des procédés, BLIDA1.

Les résultats et leurs interprétations seront exposés dans le troisième chapitre et finalement une conclusion qui résume les principaux résultats obtenus.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] POTHET Jean-Paul « Les matériaux d'emballage », (juillet 2008), XIII.
- [2] ERIC Tourette « Etude mécanique et physico-chimique du contact rouleau - papier lors du calandrage ». Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, 2007.
- [3] Documentation de TONIC.
- [4] LALEG Makhlof « Chimie de la fibre ». Document de TONIC
- [5] NICOLATA Camelia Stinga « Utilisation de la chimie chromatogénique pour la conception et la réalisation de matériaux cellulosiques barrières à l'eau, aux graisses et aux gaz ». Université Joseph-Fourier - Grenoble I, 2008.
- [6] Cochaux A., (1994), "Résistance au déchirement des pâtes et des papiers, caractérisation et possibilités d'amélioration". Thesis of the polytechnic National Institute of Grenoble, 8 sept. 1944, France.
- [7] Cochaux A. and d'Aveni A, (1995), "Anomalies of structure along cellulose fibers: characterisation and consequences". ATIP 49:154-162
- [8] <http://perso.wanadoo.fr/elisabeth.fays/cours/>
- [9] Mathieu Fenoll « Optimisation des paramètres d'impression pour l'électronique imprimée sur supports souples ». Institut National Polytechnique de Grenoble - NPG, 2007.
- [10] MAUVAIS Jean-Claude, BENOIT Moreau, PACCARD Christiane, SIROST Jean-Claude et la collaboration de FALCY Michel, BENOIT Sallé et PIERRE Jean « Encres et vernis d'impression Composition, risques toxicologiques et mesures de prévention ». Edition 6069, octobre 2010.
- [11] LEACH R.H., PIERCE R.J. « The printing ink manual ». 5th ed. London, Blueprint, (1993).
- [12] TODD R.E « Printing inks: Formulation principles, manufacture and quality control testing procedures ». Pira International, (1994).
- [13] EVANS F., Wennerström, H. The colloidal domain: Where physics, chemistry, biology, and technology meet, Wiley-VCH, New York. (1999).

- [14] Dr ZORGNIOTTI et al. «TECHNIQUE DE L'OFFSET», Version Juin 2007.
- [15] <http://www.bobs.co.uk/print/Offset.html>
- [16] Papier, encre et interactions chimiques sur presse. Document de tonic.
- [17] SCHMITT D., Effets Interactifs des Dispositifs de Mouillage, Techniques de Presse, pp. 26, 28, Avril 1987.
- [18] ZANON A., Gérer l'Eau de Mouillage, Caractère n°396, pp. 30-32, Jan. 1995.
- [19] [http://cerig.pagora.grenoble-inp.fr/icg/Dossiers/Blanchet/principales caractéristiques d'un blanchet.](http://cerig.pagora.grenoble-inp.fr/icg/Dossiers/Blanchet/principales_caractéristiques_d'un_blanchet)
- [20] BLAYO, Thèse de Doctorat de l'Institut Nationale polytechnique de Grenoble (1994)
- [21] LEACH et al, « The printing ink manual », 5th ed.London, Blueprint, (1993).
- [22] DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE DÉPANNAGE DE LA PRESSE OFFSET, Document gracieuseté d'Unisource Canada, Inc.<http://www.unisource.ca>
- [23] JONATHAN L.Snover, JOEL R.Recht « Printing crop marks », 10 décembre. 2008
- [24] IGGESUND PAPERBOARD | Guide pour Applications graphiques.
- [25] <http://www.futura-sciences.com/magazines/maison/infos/dico/d/maison-cloquage-10594/>
- [26] L.D. Landau, and E.M. Lifchitz, Theory of Elasticity (3rd ed., Pergamon, New York, 1986).
- [27] J.W. Hutchinson, Z.Suo, Adv. in Appl. Mech. 29 (1992) 63.
- [28] BEN DAHMANE Nadia, PARRY Guillaume, ESTEVEZ Rafael «Cloquage de films minces ductiles sur substrat rigide», Univ. Grenoble, France. Lyon, 24 au 28 Août 2015.
- [29] BROWNE T.C., CROTOGINO R.H., DOUGLAS W.J.M., « Measurement of Paper Strain in the Nip of an Experimental Calender », Journal of Pulp and Paper Science, vol.20, n°9, pp.J266-J270, September 1994.
- [30] PFEIFFER J.D., « Shear stress and replication in calendering », TAPPI Finishing and Converting Conference, TAPPI Press, pp.29-36, Atlanta, USA, 1992.

[31] RODAL J.J.A., « Soft-nip calendering of paper and paperboard », TAPPI Journal, vol.72, n°5, pp.177-186, Mai 1989.

[32] MOUNI Lotfi, « cours de spectroscopie infrarouge »

[33] PARSONS Robert.A « ASHRAE Handbook, 1999 HVAC Applications ».

[34] « Indications pour l'impression/Service », www.inapa.ch, print.echandens@inapa.ch, juillet 2014.

[35] « Le contrôle de l'humidité dans l'imprimerie », carel@carel.com - www.carel.com, CAREL.

[36] ANSI. 1982. Photography (film and slides)—Practice for storage of blackand-white photographic paper prints. Standard PH1.48-82. American National Standards Institute, New York.



Figure 1 : Photo d'une balance



Figure 2 : Une étuve



Figure 3 : Spectromètre ALPHA BRUKER



Figure 4 : Rhéomètre



Figure 5: pH mètre



Figure 6 : Conductimètre

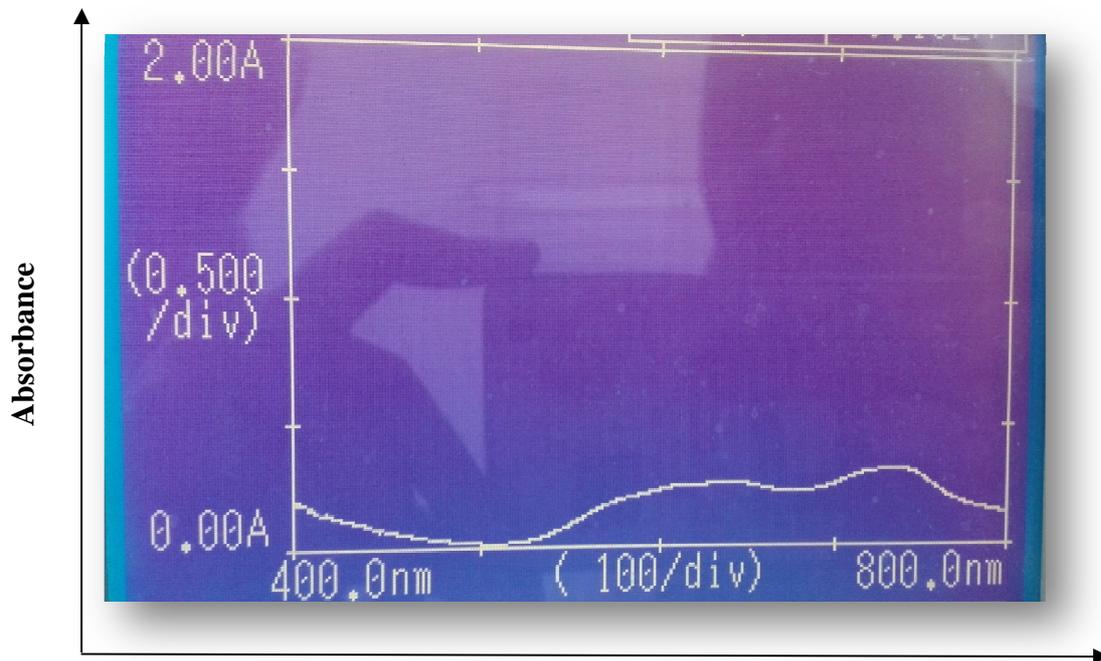


Figure 7 : Spectrophotomètre UV

Tableau 1 : Les différents groupements et liaisons chimiques résultants de l'IRTF

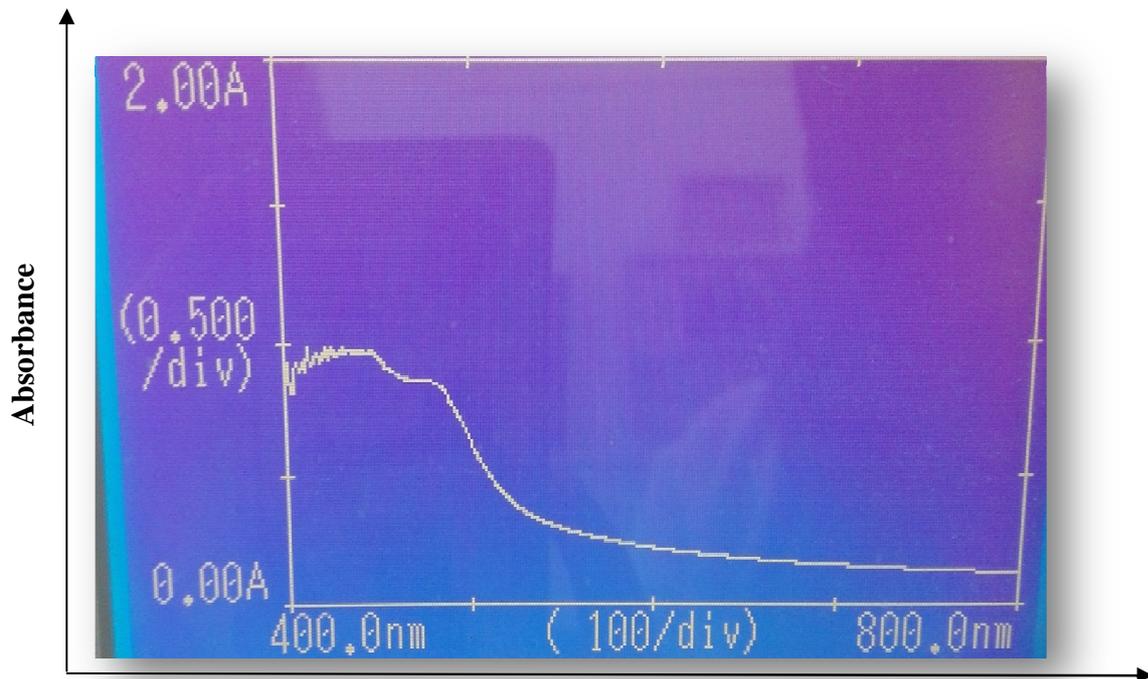
Nombre d'onde (cm⁻¹)	Liaisons chimiques	Groupements
3618.45	O-H	Alcools
2918.45	C-H	=CH ₂ (alcènes)
1421.80	O-H	Alcools
997.71	C-O	Alcools
907.84	C-H	primaires Aromatiques

Résultat de la spectroscopie UV :



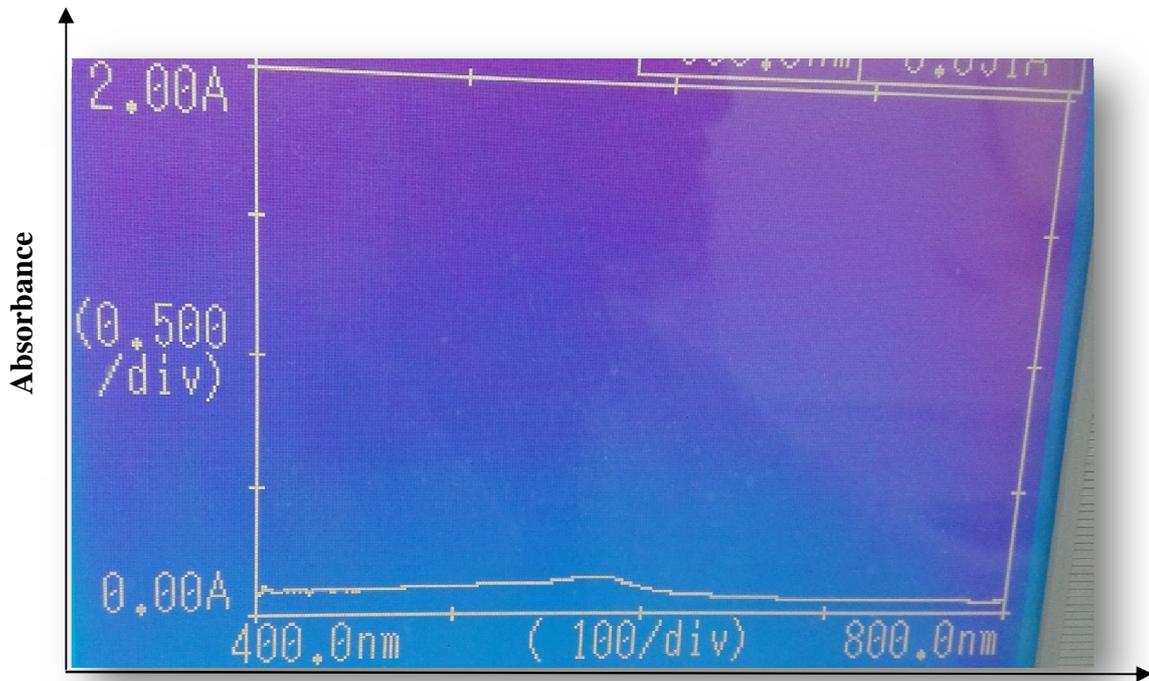
La longueur d'onde λ nm

Figure 8: La courbe de la spectroscopie UV de l'encre bleu



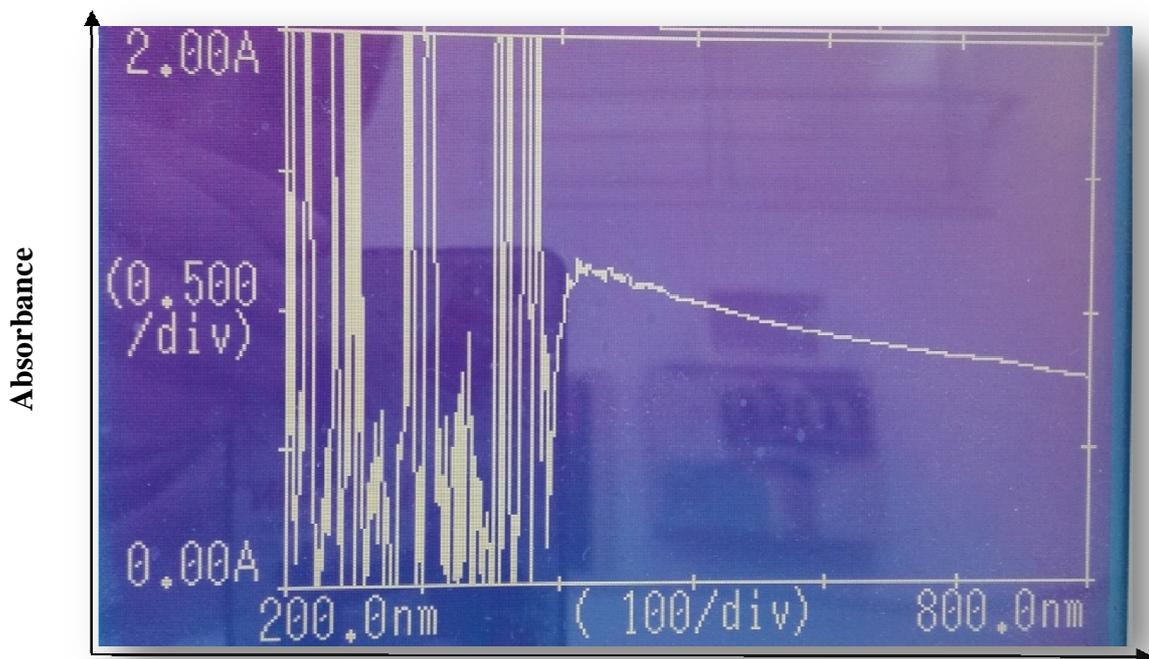
La longueur d'onde λ nm

Figure 9 : la courbe de la spectroscopie UV de l'encre jaune



La longueur d'onde λ nm

Figure 10 : La spectroscopie UV de l'encre Rouge



La longueur d'onde λ nm

Figure 11 : La spectroscopie UV de l'encre Noir

Tableau 2 : Les valeurs de température et l'humidité relative du local d'impression

Nombre de passage en contact avec la solution de mouillage	Humidité moyenne du papier (%)	Humidité normative du papier
0	5,320	6,2
1	6,159	6,2
2	5,744	6,2
3	7,617	6,2
4	7,094	6,2

Table 2 Regain of Hygroscopic Materials^a

Classification	Material	Description	Relative Humidity								
			10	20	30	40	50	60	70	80	90
Natural textile fibers	Cotton	Sea island—roving	2.5	3.7	4.6	5.5	6.6	7.9	9.5	11.5	14.1
	Cotton	American—cloth	2.6	3.7	4.4	5.2	5.9	6.8	8.1	10.0	14.3
	Cotton	Absorbent	4.8	9.0	12.5	15.7	18.5	20.8	22.8	24.3	25.8
	Wool	Australian merino—skein	4.7	7.0	8.9	10.8	12.8	14.9	17.2	19.9	23.4
	Silk	Raw chevennes—skein	3.2	5.5	6.9	8.0	8.9	10.2	11.9	14.3	18.3
	Linen	Table cloth	1.9	2.9	3.6	4.3	5.1	6.1	7.0	8.4	10.2
	Linen	Dry spun—yam	3.6	5.4	6.5	7.3	8.1	8.9	9.8	11.2	13.8
	Jute	Average of several grades	3.1	5.2	6.9	8.5	10.2	12.2	14.4	17.1	20.2
	Hemp	Manila and sisal rope	2.7	4.7	6.0	7.2	8.5	9.9	11.6	13.6	15.7
	Rayons	Viscose nitrocellulose	Average skein	4.0	5.7	6.8	7.9	9.2	10.8	12.4	14.2
Cuprammonium cellulose acetate			0.8	1.1	1.4	1.9	2.4	3.0	3.6	4.3	5.3
Paper	M.F. newsprint	Wood pulp—24% ash	2.1	3.2	4.0	4.7	5.3	6.1	7.2	8.7	10.6
	H.M.F. writing	Wood pulp—3% ash	3.0	4.2	5.2	6.2	7.2	8.3	9.9	11.9	14.2
	White bond	Rag—1% ash	2.4	3.7	4.7	5.5	6.5	7.5	8.8	10.8	13.2
	Comm. ledger	75% rag—1% ash	3.2	4.2	5.0	5.6	6.2	6.9	8.1	10.3	13.9
	Kraft wrapping	Coniferous	3.2	4.6	5.7	6.6	7.6	8.9	10.5	12.6	14.9
Miscellaneous organic materials	Leather	Sole oak—tanned	5.0	8.5	11.2	13.6	16.0	18.3	20.6	24.0	29.2
	Caigut	Racquet strings	4.6	7.2	8.6	10.2	12.0	14.3	17.3	19.8	21.7
	Glue	Hide	3.4	4.8	5.8	6.6	7.6	9.0	10.7	11.8	12.5
	Rubber	Solid tires	0.11	0.21	0.32	0.44	0.54	0.66	0.76	0.88	0.99
	Wood	Timber (average)	3.0	4.4	5.9	7.6	9.3	11.3	14.0	17.5	22.0
	Soap	White	1.9	3.8	5.7	7.6	10.0	12.9	16.1	19.8	23.8
	Tobacco	Cigarette	5.4	8.6	11.0	13.3	16.0	19.5	25.0	33.5	50.0
Miscellaneous inorganic materials	Asbestos fiber	Finely divided	0.16	0.24	0.26	0.32	0.41	0.51	0.62	0.73	0.84
	Silica gel		5.7	9.8	12.7	15.2	17.2	18.8	20.2	21.5	22.6
	Domestic coke		0.20	0.40	0.61	0.81	1.03	1.24	1.46	1.57	1.89
	Activated charcoal	Steam activated	7.1	14.3	22.8	26.2	28.3	29.2	30.0	31.1	32.7
	Sulfuric acid		33.0	41.0	47.5	52.5	57.0	61.5	67.0	73.5	82.5

Teneur en humidité exprimé en pourcentage de masse sèche de la substance à différentes humidités relatives, Température 24°C.

Tableau 3 : résultat du test de rhéologie

Meas. Pts.	Shear Rate [1/s]	Shear Stress [Pa]	Viscosity [Pa·s]	Speed [1/min]	Torque [μNm]	Status []
1	0,001	0,445	445	0,000764	1,37	Dy_auto
2	0,0016	0,741	462	0,00122	2,28	Dy_auto
3	0,00259	1,91	460	0,00198	3,67	Dy auto
4	0,00417	1,91	457	0,00318	5,87	Dy auto
5	0,00672	3,05	453	0,00513	9,37	Dy auto
6	0,0108	4,89	452	0,00826	15,1	Dy_auto
7	0,0174	7,87	451	0,0133	24,2	Dy auto
8	0,0281	12,7	453	0,0214	39,1	Dy_auto
9	0,0452	20,8	461	0,0345	64,2	Dy auto
10	0,0728	34,7	476	0,0555	107	Dy_auto
11	0,117	58	495	0,0894	178	Dy_auto
12	0,189	95,6	506	0,144	294	Dy_auto
13	0,304	149	489	0,232	458	Dy_auto
14	0,489	219	448	0,373	674	Dy_auto
15	0,788	318	404	0,601	979	Dy_auto
16	1,27	459	362	0,968	1 410	Dy_auto
17	2,04	661	324	1,56	2 030	Dy_auto
18	3,29	949	289	2,51	2 920	Dy_auto
19	5,3	1 360	256	4,04	4 180	Dy_auto
20	8,53	1 920	225	6,51	5 910	Dy_auto
21	13,7	2 660	194	10,5	8 200	Dy_auto
22	22,1	3 500	158	16,9	10 800	Dy_auto
23	35,6	4 330	122	27,2	13 300	Dy_auto
24	57,4	5 180	90,3	43,8	15 900	Dy_auto
25	92,4	6 310	68,3	70,5	19 400	Dy_auto
26	149	7 890	53	114	24 300	Dy_auto
27	240	7 150	29,9	183	22 000	Dy_auto
28	386	7 300	18,9	295	22 500	Dy_auto
29	620	12 400	20,1	474	38 300	Dy_auto
30	1 000	12 600	12,6	764	38 900	Dy_auto

Tableau 4 : Le résultat de IRTF de l'encre Noir

λ (cm ⁻¹)	Liaison chimique
3636,94	O-H
2939,64	C-H
2380,70	-C≡N
1725,78	C=O
1708,70	C=O
1660,90	C=O
1567,23	N-H
1550,51	N-H
1465,38	C-H

Tableau 5 : Le résultat de IRTF de l'encre jaune

λ (cm ⁻¹)	Liaison chimique
3421,43	N-H
2925,02	C-H
2854,30	C-H
1737,58	C=O
1671,59	C=O
1609,18	C=C
1520,35	N-H
1459,73	C-H
1381,30	O-H
1176,79	C-O
1017	C-O
784,91	C-H
727,12	C-H
670,6	N-H

Tableau 6: Le résultat de IRTF de l'encre rouge

λ (cm ⁻¹)	Liaison chimique
3440,53	N-H
2925,27	C-H
2854,32	C-H
1742,84	C=O
1622,62	C=O
1452,44	C-H
1406,91	O-H
1383,15	O-H
1246,95	C-N
1185,70	C-N
1020,09	C-O
877,59	C-H
624,72	N-H

Tableau 7 : Le résultat de IRTF de l'encre bleu

λ (cm ⁻¹)	Liaison chimique
3465,11	N-H
2925,59	C-H
2853,80	C-H
1742,97	C=O
1609,53	C=C
1507,13	N-H
1463,23	C-H
1335,19	O-H
1288,27	O-H
1236,36	C-N
1168,50	C-O
1122,16	C-O
900,63	C-H
877,53	C-H
779,97	C-H