



ELEVEN-WEEK PROJECT
Année Universitaire 2014-2015
Session FMA 2015

EWP n° 2270

COMMANDITAIRE

SAINT-GOBAIN ABRASIVES

SUJET

DEFINITION DU CAHIER DES CHARGES FONCTIONNELS D'UNE MACHINE D'IMPRIMERIE - VEILLE TECHNOLOGIQUE SUR LES SOLUTIONS TECHNIQUES D'IMPRESSION

ELEVES INGENIEURS - DOMAINE

Nidhi DIWAKAR – WPI

Jérôme BUCQUET – MOIL

Connor FLANAGAN – WPI

Adrien ILIOPOULOS - BAA

JURY DE SOUTENANCE

Président de jury	David PERRY
Représentant(s) de l'entreprise	Jean-Yves CRAUSER
Professeur(s) superviseur(s)	Philippe BIELA

Résumé :

Actuellement, la production chez Saint-Gobain Abrasifs à Conflans se réalise en trois étapes.

Premièrement, la fabrication d'abrasif, deuxièmement, l'encollage de l'abrasif avec une couche de protection, et pour finir, le processus final quand le produit encollé est imprimé avec plus d'informations (logos, références, date, type de produit). Ce projet concerne la troisième étape, avec le remplacement de la machine d'impression finale pour améliorer l'efficacité de la chaîne de production. L'imprimante, qui opère avec une vitesse de seulement 20 mètres par minute, est trop lente pour avoir la même efficacité que le reste de la chaîne de production. Pour obtenir l'efficacité désirée, l'entreprise veut une machine qui soit capable d'opérer à 60 mètres par minute.

Il y avait de nombreuses étapes pour arriver au livrable final. D'abord, une veille technologique a été faite, recherchant non pas seulement les machines d'impression, mais aussi les encres, les moyens de séchages et les problèmes relatifs à la tension du substrat. Cela a inclus les discussions avec des experts variés dans le domaine d'impression, des réunions avec des fournisseurs (au salon ICE Munich) et des entretiens avec des fournisseurs en France et aussi aux États-Unis. L'étude réalisée a permis de proposer une solution révélant qu'une imprimante flexographique était le meilleur choix. Avec les nombreuses recommandations techniques, notre groupe de travail a aussi offert des solutions concernant la chaîne de la production. Par l'intégration de la nouvelle machine dans la deuxième étape de production, l'information serait imprimée sur la couche de protection avant l'encollage, supprimant la troisième étape du processus engendrant ainsi un gain de productivité pour Saint-Gobain.

En plus de la veille technologique et des recommandations finales, le groupe a produit un cahier des charges et une liste des spécifications et des fournisseurs possibles. Ce document présente une description de la situation actuelle avec la documentation technique supplémentaire et les prévisions de la maintenance.

Summary:

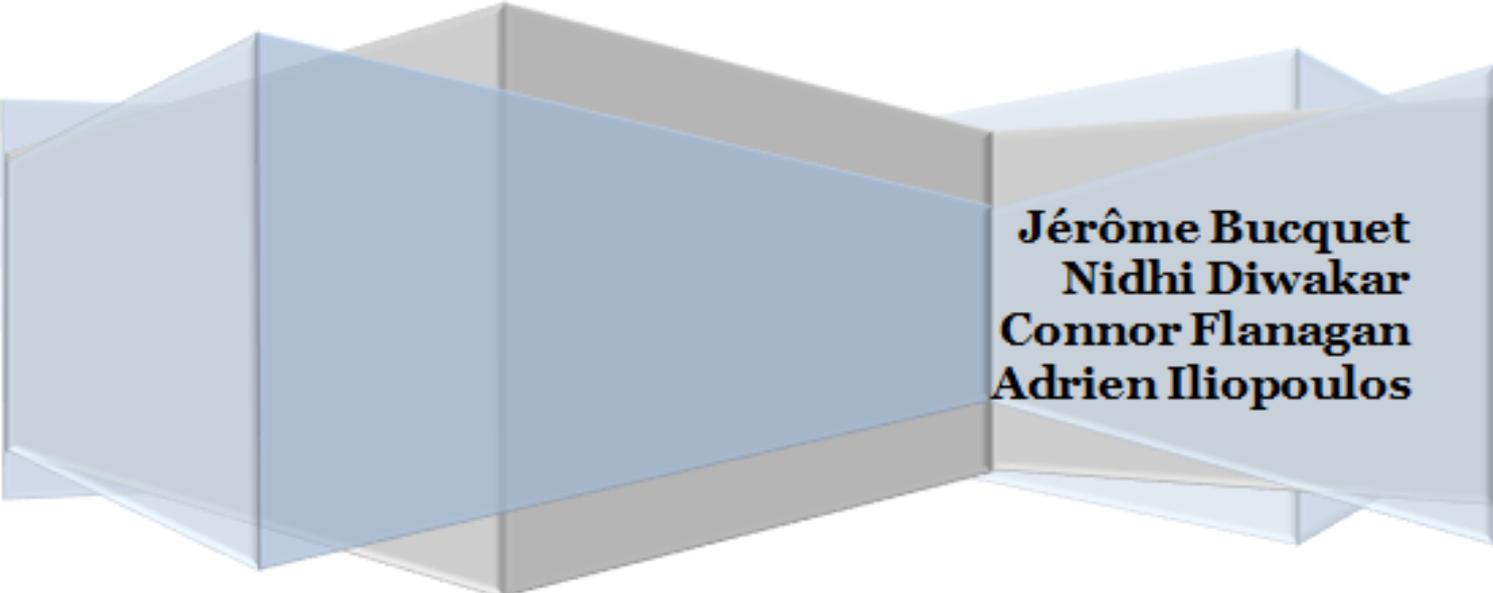
The current state of production at the Saint-Gobain Abrasives factory in Conflans can be summarized by three stages: First, the fabrication of the abrasive, secondly, the lamination of the abrasive with a protective film, and thirdly, the finishing process whereby the laminated product is imprinted with more information. The goal of this project concerns the third stage, and the replacement of the final printing machine in order to increase the overall efficiency of the chain of production. The aforementioned aging printing machine, which operates only at 20 meters per minute, is simply too slow to match the efficiency of the rest of the production line. In order to reach the desired efficiency, the company desires a machine which can operate at 60 meters per minute.

The group took a number of steps in order to achieve the desired final deliverable. First, a technological study was conducted, researching not only printing machines, but also various inks, methods of drying, and possible problems regarding tension. This included discussions with various experts in the printing field, meetings with machine fabricators at the converting exhibition ICE Munich, and interviews with professors both in France and the United States. At the end of this study, the group concluded that a flexographic printer was the ideal option. Along with technological recommendations, the group has offered solutions regarding the order of the chain of production. By incorporating the new printer into the second stage of production, information could be printed upon the protective film before lamination, thus removing the third stage of the process, saving time and money.

In addition to the technological study and final recommendations, the group has produced a “cahier des charges”, a list of specifications for possible fabricators of the new printing machine. This document provides a description of the current situation, forecasted objectives and constraints for the machine, in addition to technical documentation and maintenance provisions.

L'Optimisation d'une chaîne de production

Eleven Week Project 2015



**Jérôme Bucquet
Nidhi Diwakar
Connor Flanagan
Adrien Iliopoulos**

Sommaire

Remerciements	3
Introduction	4
Présentation Saint-Gobain	5
Présentation projet	11
Projet.....	11
Etat de l'existant.....	12
Veille technologique	17
Machines	19
Séchage.....	28
Encre.....	31
Encre.....	36
Nos recommandations	38
Amélioration (l'emplacement)	39
Technologie	40
Etude de couts.....	43
Synthèse cahier des charges	57
Les objectifs à atteindre	57
Explication des chapitres.....	57
Les fournisseurs et contacts	60
Conclusion	65
Bibliographie	66
Annexe	68

Remerciements

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui nous ont aidé dans la réalisation de cet EWP (Eleven Week Project).

Tout d'abord nous souhaitons à remercier Monsieur GONZALEZ, directeur de l'usine Saint-Gobain Abrasives de Conflans-Sainte-Honorine, Monsieur CRAUSER, responsable engineering de l'usine ainsi que Monsieur TILLET pour leur soutien tout au long de notre étude. Ils nous ont fait confiance en nous proposant un projet important au sein de l'entreprise. Ils nous ont également fourni les autorisations afin d'avoir un accès sécurisé à l'usine pour comprendre et analyser les chaînes de production.

Ensuite nous voudrions également remercier Monsieur VRIET, notre contact principal avec l'entreprise MILLER GRAPHICS. Monsieur VRIET nous a fourni l'aperçu technique et les conseils sur le fonctionnement et les propriétés des machines d'impression flexographique.

Nous tenons également à remercier l'équipe encadrante d'HEI (Hautes Etudes d'Ingénieur) et de WPI (Worcester Polytechnic Institute) : Monsieur BIELA, notre project leader et Monsieur YAGOOBI, professeur à WPI.

Nous remercions aussi toutes les personnes contactées au cours de ce projet et qui nous ont apporté leur aide : Monsieur HENNIQUE ancien HEI, professionnel dans l'industrie d'impression; Monsieur TORREZ, le responsable du Département Chimie, Textiles et Process Innovants à HEI; Monsieur DERANTON, le responsable pôle TIMTEX à HEI; Madame REYNAUD, directrice opérationnelle au sein de l'entreprise MATIKEM ainsi que Monsieur Freeman, Doyen de la Recherche, Faculté des Textiles, NC State University.

Introduction

Dans le cadre de notre formation académique à HEI et à WPI, nous avons eu à effectuer un EWP (Eleven Week Project). L'EWP est un projet de onze semaines où un groupe d'étudiants multidisciplinaires travaillent dans le but de réaliser une solution concrète concernant un sujet réel d'entreprise. Cette étude est l'occasion de mieux comprendre les facettes d'un projet professionnel, elle est l'opportunité d'appliquer toutes nos compétences acquises lors de nos études : compétences techniques, de recherche et de management.

Guidé par Monsieur BIELA, nous avons travaillé sur l'optimisation d'une chaîne de production de l'usine d'abrasifs pour l'entreprise Saint-Gobain Abrasives, située à Conflans. Le but majeur de ce projet est d'optimiser l'impression des informations sur la couche de protection qui est encollée sur l'abrasif à la fin de la fabrication. Cette analyse exige une recherche technique suivie par des études économiques et environnementales. Ces efforts sont destinés à produire un livrable concret. Ce livrable spécifie les critères recherchés de performance, et les technologies disponibles pour une machine d'impression.

L'usine d'abrasif est composée d'un stock de matières premières et de produits finis ainsi que d'une chaîne de production dotée de plusieurs machines. A la fin de la fabrication de l'abrasif, il faut encoller un emballage de protection sur l'abrasif et imprimer les informations du produit. La machine d'impression est l'élément principal de notre travail. Il y a 6 ans, cette machine d'impression était utilisée 2 fois par mois. Aujourd'hui, elle est utilisée 2 fois par jour, d'où l'utilité d'agir sur cette machine. A cause de sa faible productivité, cette machine ralentit la production globale: elle est le goulet d'étranglement de l'usine Saint-Gobain. Par conséquent, dans un souci d'amélioration continue, il faut trouver des solutions pour remplacer cette machine d'impression et améliorer l'efficacité de la chaîne de production.

Pour répondre aux besoins de Saint-Gobain, nous avons réalisé une veille technologique, une évaluation des technologies et un cahier des charges avec les spécifications d'une solution idéale. Nous présentons en premier lieu le contexte de Saint-Gobain et du projet. Ensuite nous avons dirigé ce projet vers une étude rigoureuse de toutes les technologies disponibles dans l'industrie actuelle.

Pour finir, nous donnerons les évaluations et recommandations, suivies par le cahier des charges détaillé.

Présentation Saint-Gobain

Saint-Gobain a été fondé en 1665 en France comme fabricant de verre destiné aux miroirs. Avec l'évolution des chaînes de production et l'émergence de l'industrialisation, ils ont débuté des fabrications en utilisant des matériaux révolutionnaires. Depuis des années, ils imaginent et produisent de nouvelles solutions répondant aux défis du monde. Cette entreprise a créé un univers de matériaux de haute performance et de produits du quotidien en maintenant l'accent sur la durabilité, l'efficacité énergétique et la protection de l'environnement.



Figure 1: Logo du groupe Saint-Gobain

Une de leur préoccupation majeure est d'être responsable envers leurs clients, en particulier dans le domaine de la sécurité et du confort d'utilisation. Les produits sont conçus et fabriqués selon les normes de qualité les plus rigoureuses afin de garantir au personnel une sécurité et un confort d'utilisation optimale.

Les produits Norton répondent à toutes les normes européennes en matière d'hygiène, de sécurité et de respect de l'environnement.

Pour conforter la position de leader sur le marché de Saint-Gobain Abrasifs et renforcer les solutions des produits innovants de haute technologie, Saint-Gobain Abrasifs exploite plusieurs systèmes ERP et de gestion de la qualité. Ces outils assurent une amélioration continue des performances à tous les stades de la chaîne logistique grâce au contrôle efficace et rigoureux de l'ensemble des processus logistiques et de la mise en place de nouvelles technologies.

Saint-Gobain est une entreprise présente dans soixante-quatre pays du monde, avec douze centres de recherche et quatre pôles d'activités:

- matériaux innovants
- produits pour la construction
- distribution bâtiment
- conditionnement



Figure 4: Présence de Saint-Gobain du monde

Saint-Gobain Abrasifs, leader mondial des abrasifs, est le seul fabricant mondial d'abrasifs à être présent dans la fabrication et la production des 3 principaux types d'abrasifs :

- les abrasifs agglomérés (résonoïdes et vitrifiés)
- les abrasifs appliqués
- les produits diamant



Figure 2: Logo de Saint-Gobain Abrasives

Ces 3 marques très bien implantées, sont réputées innovantes, de qualité et performantes :

- Norton (première marque mondiale d'abrasifs)
- Flexovit
- Winter



Figure 3: Logos des marques Saint-Gobain

Fortement implanté sur tous les continents, la division Abrasif fournit ses clients par l'intermédiaire d'unités structurées réparties dans 26 pays et emploie près de 16 000 personnes.

L'usine de fabrication de Conflans Sainte Honorine en est une spécialiste. Elle est composée d'un stock de matières premières et de produits finis ainsi que d'une chaîne de production dotée de plusieurs machines.

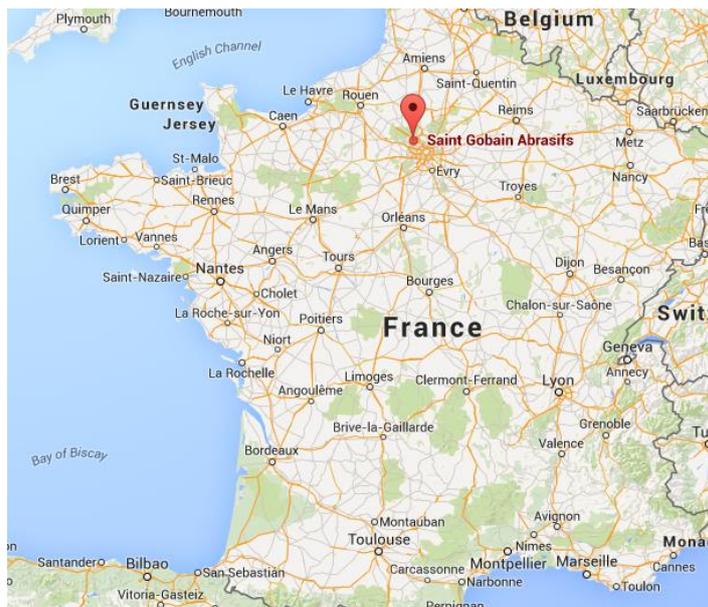


Figure 5: Localisation de l'usine Conflans-Sainte-Honorine

Cette usine est située à l'adresse suivante:
Rue Ambassadeur, 78 700 Conflans-Sainte-Honorine.

Les produits fabriqués

L'usine Saint-Gobain Abrasives sert une grande variété de clients avec ses produits. Elle fabrique les abrasifs pour quatre catégories principales:

- découpage
- décapage
- ponçage
- affûtage

Ces produits sont essentiellement destinés aux applications industrielles. Cependant, Saint-Gobain a aussi développé les produits de bricolage pour les particuliers. Les abrasifs sont composés de grains abrasifs, résines, liants et supports de la toile.

Les concurrents

Le marché des abrasifs contient plusieurs concurrents. Les principaux sont :

Sia Abrasives



Figure 6: Logo de la marque Sia Abrasives

Sia Abrasives est une entreprise mondiale fondée à Fraunfeld en Suisse. Elle fournit les abrasifs spécifiques pour chaque type de surface et matière. Sia est présente dans quatre-vingt pays du monde et développe les systèmes d'abrasifs complets pour toutes les applications, tels que l'industrie de l'automobile, du bois et du métal.

3M



Figure 7: Logo de l'entreprise 3M

Il s'agit d'une entreprise américaine, 3M créé en 1920. Cette société fabrique des produits et les solutions qui sont destinées à cinq grands marchés:

- Grand public: bricolage, entretien ménager, papeterie quotidienne (notamment les marques post-it)
- Électronique et énergie: systèmes optiques, télécommunication, systèmes de protection
- Santé: solutions préventives, sécurité alimentaire
- Industrie: emballage, traitement de surface, assemblage
- Sécurité et signalétique: communication graphique, les solutions de la protection individuelle

General Electric



Figure 8: Logo du groupe General Electric

GE est une entreprise américaine fondée en 1892. Les activités de GE sont vastes et se répartissent en 5 branches :

- GE Energy Infrastructure : transport et distribution d'électricité, centrales thermiques,...
- GE Technology Infrastructure : réacteurs d'avions, équipements médicaux,...
- GE Capital : services financiers aux particuliers et aux entreprises tels que l'immobilier, le leasing,...
- GE Consumer & Industrial : matériel d'éclairage, silicones, abrasifs (super-abrasifs sous la marque Sandvik), appareils électroménagers,...
- NBC (National Broadcasting Company) Universal : GE est cofondateur de la chaîne de télévision NBC

Les concurrents de Saint-Gobain sur le marché des abrasifs sont généralement de grands groupes mondiaux ayant de nombreuses activités diverses et variées en plus de la fabrication d'abrasifs.

Présentation projet

1) Projet

Sur le site de Saint-Gobain Abrasives de Conflans, plusieurs opérations sont effectuées. Cependant, notre projet ne traitera que de l'impression sur l'emballage de protection

Il est important de comprendre que le projet réalisé n'est pas un projet abouti, mais qu'il représente la base d'un projet qui pourra être affiné et réalisé si validé par la suite. Ainsi, la rédaction du cahier des charges est une étape dans le processus suivant:

- nomination d'un groupe de projet
- exploration des possibilités techniques et de l'état de l'art en la matière
- obtention d'un consensus sur le projet au sein de l'entreprise
- **rédaction du cahier des charges et de la méthodologie d'évaluation des offres**
- émission du cahier des charges et la présentation formelle de celui-ci aux soumissionnaires potentiels
- analyse des offres
- négociation et signature du contrat de mise en œuvre
- mise en œuvre, suivi et évaluation des résultats du projet

L'objectif majeur de ce projet est d'optimiser le processus d'impression sur la couche de protection qui est encollée sur l'abrasif. Il y a 6 ans, cette machine d'impression était utilisée 2 fois par mois. Aujourd'hui, elle est utilisée 2 fois par jour, d'où l'utilité d'agir sur cette machine. A cause de sa faible productivité, cette machine ralentit la production globale, elle est le gouleau d'étranglement de l'usine Saint-Gobain. Par conséquent, dans un souci d'amélioration continu, il faut trouver des solutions pour remplacer cette machine d'impression et améliorer l'efficacité de la chaîne de production.

Pour conclure, l'étude consistera à trouver une solution qui est adaptable au système actuel et sera également adaptable à d'éventuelles modifications de la chaîne existante.

2) Description de la situation actuelle

a) Processus actuel

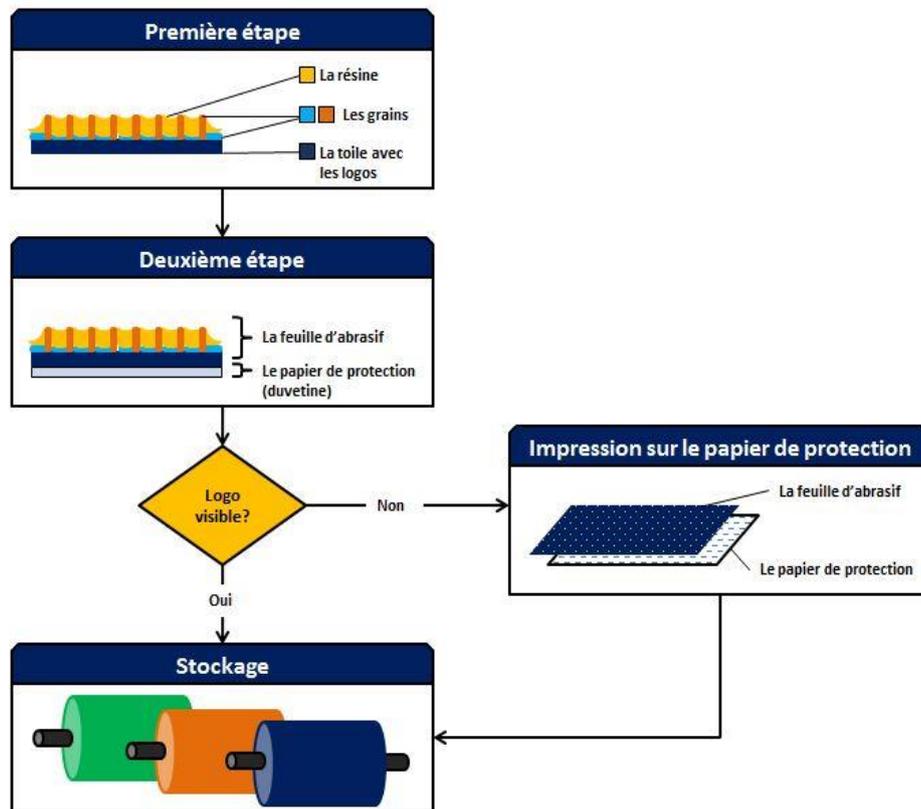


Figure 9: Chemin du processus actuel

Le schéma fonctionnel ci-dessus décrit l'organisation générale de la chaîne de fabrication de l'usine d'abrasifs Saint-Gobain de Conflans. L'ensemble de ces activités sont regroupées dans trois chaînes de production différentes. Celles-ci sont détaillées ci-dessous.

Etape a - Fabrication du papier abrasif

Une partie du site de production traite la toile, la passe dans une première machine d'impression (logo, date, code produit), puis place de la colle. Ensuite les grains sont collés, un champ magnétique leur est appliqué puis le papier est chauffé pour durcir la colle et la bobine est enroulée.

Pour certaines utilisations (meuleuse), la bobine nécessite l'ajout d'un papier de protection. Il s'agit d'un tissu non tissé 100% polyamide.

Etape b - Encollage du produit et du film protecteur

Une machine vient dérouler la bobine de papier abrasif et la bobine de papier de protection (100% polyamide) pour les encoller. Une nouvelle bobine est alors formée.

Pour des raisons de place et historiques, les trois étapes se font sur des emplacements éloignés les uns des autres. Il est intéressant de réétudier les causes de cette organisation de chaîne de production dans le but d'optimiser, si possible, les flux de matières et de personnes. L'entreprise Saint-Gobain n'est pas réfractaire concernant la modification de la fin de sa chaîne de production. La machine d'encollage est nommée Nordson.

Etape c - Réimpression sur film protecteur

Parfois, après l'ajout du papier de protection, les logos (marques et taille des grains) ne sont plus lisibles. Ainsi, l'entreprise réimprime sur la bobine laminée les logos. Sur la photo ci-dessous, nous ne pouvons plus distinguer correctement la marque du produit. La réimpression est donc nécessaire. Les photos ci-dessous sont des exemples d'impressions avec réimpressions sur le papier de protection.

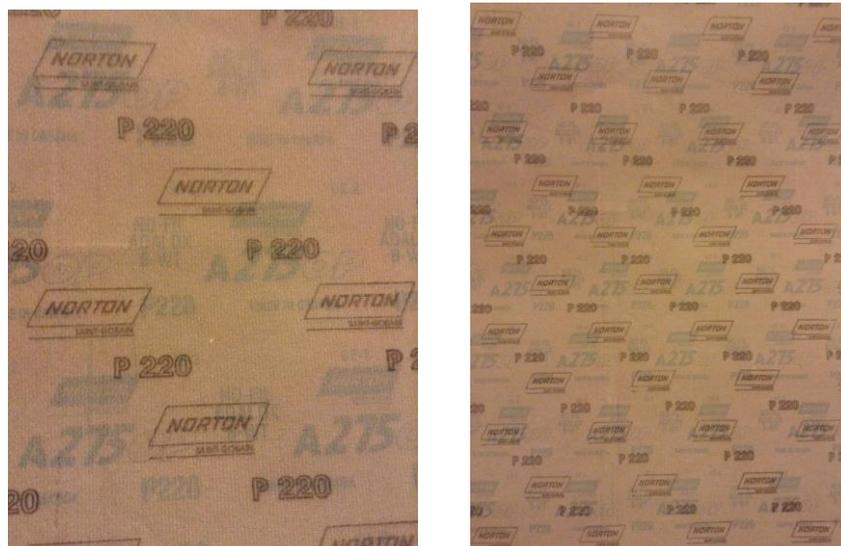


Figure 10: Echantillons de produit fini

Cette réimpression se fait sur une machine déconnectée de la chaîne de production. Il n'y a que deux types de logos à réimprimer, la marque et la taille de grain.

b) Machines actuelles

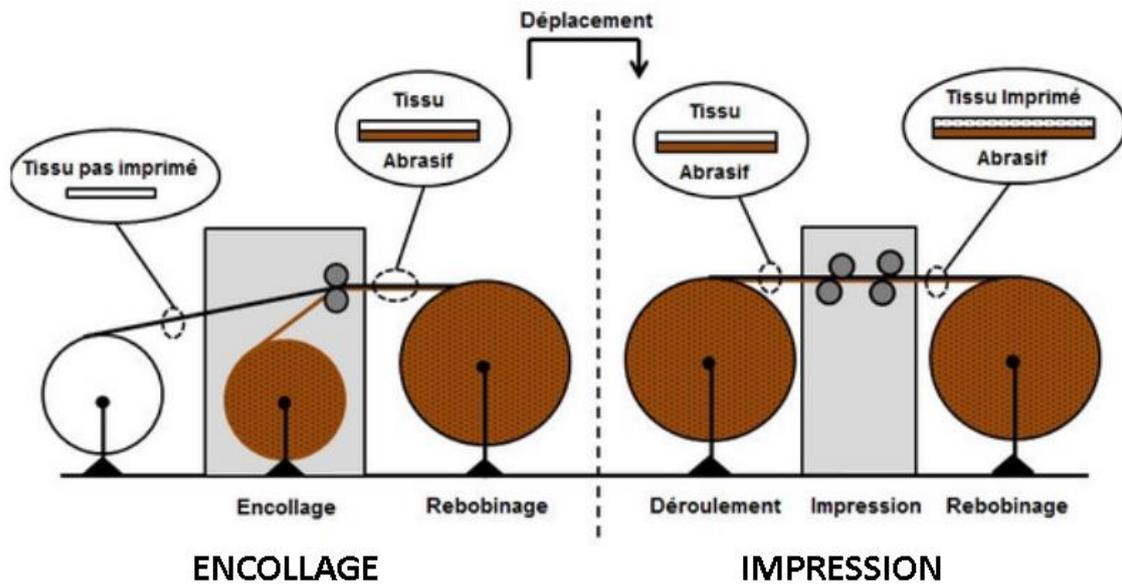


Figure 11: Chemin du système actuel

Voici le schéma des deux dernières chaînes de production de l'usine de Saint-Gobain. A gauche, l'encollage via la machine Nordson et à droite la machine d'impression en cause de ce projet. Il est facile de constater le nombre important des pertes de charges dans l'acheminement du produit fini.

- Machine encollage NORDSON

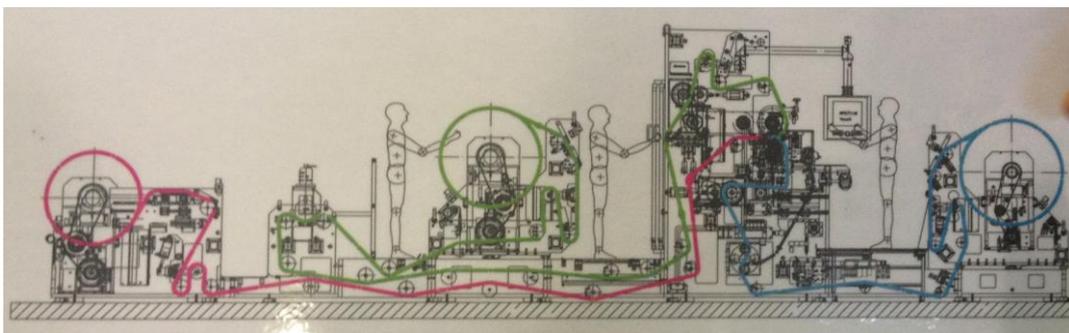


Figure 12: Chemin de la machine NORDSON

La machine d'encollage Nordson est constituée de 3 pôles majeurs comme vu sur le chemin précédent :

- en bleu, l'entrée de la duvetine en amont de la chaîne

- en vert, l'entrée du papier abrasif qui se fait au centre de la chaîne
- en rose, la bobine encollée qui sort en aval du procès

Cette machine tourne actuellement à 60m/min en moyenne. Un opérateur contrôle le bon encollage en sortie de la machine sous forme de bobine et l'entrée à plat de la duvetine en entrée.

- **Machine d'impression flexographique**

Cette machine actuelle est très ancienne et sa vitesse est très lente (environ 20m/min). Elle est le gouleau d'étranglement de l'usine.

Actuellement, l'impression de type flexographie est utilisée. Un système d'impression flexographique à 3 rouleaux sans utilisation de racles est en place comme vu sur la figure 13.

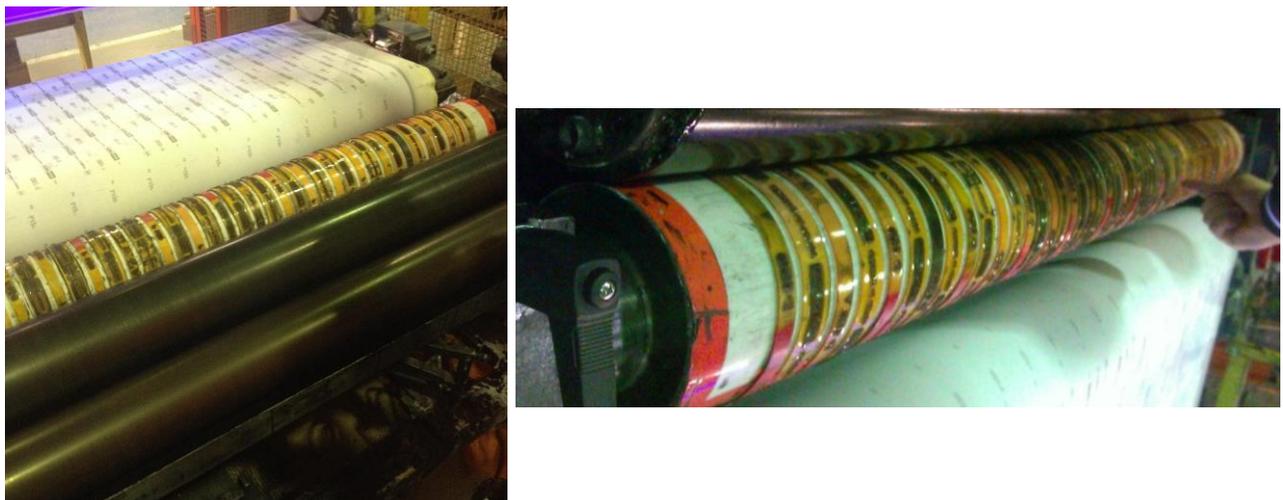


Figure 13: Photo de la machine d'impression flexographique actuelle

L'opérateur a la possibilité de rajouter des substances dans le bac à encre afin de la fluidifier si nécessaire. Il peut également, à l'aide de 3 manivelles, déplacer les rouleaux entre eux afin de modifier les quantités d'encre prélevées par l'anilox mais également le niveau de pression des rouleaux sur le substrat.



Figure 14: Les cylindres de la machine actuelle

D'autre part afin de réaliser les 105 combinaisons différentes nécessaires (15 tailles de grains et 7 marques), 7 têtes sont préparés en amont avec les différentes marques sous forme de clichés en bande comme le montre la photo ci-dessous (figure 15).



Figure 15: Les clichés d'impression dans l'usine

Ensuite, en fonction du besoin, les clichés précisant la taille des grains sont ajoutés. En tout, 25+25 clichés qui sont fixés en temps masqué sur les têtes métalliques avec du papier double-face sont totalisés.

Veille technologique

La première étape de réalisation de notre EWP a consisté en une recherche très poussée de l'ensemble des technologies utilisées dans le domaine de l'impression et présentes sur le marché. Le but étant de trouver la meilleure solution d'un point de vue pratique et technique tout en restant en adéquation avec le budget évoqué pour répondre aux besoins de Saint-Gobain.

Après l'étude de ces technologies, ne vont ressortir que les avantages et inconvénients de chaque type d'impression ainsi que leur faisabilité en termes d'intégration au sein de la chaîne de production de Saint-Gobain.

Le but de la veille technologique est de trouver la solution sur le marché la plus efficace possible. Cette étude nous a permis aussi de développer nos connaissances dans le domaine de l'impression industrielle. Elle a été la base de notre projet. Elle nous a guidés dans nos perspectives de réalisation de notre projet.

Pour commencer, une recherche bibliographique a été mise en place comme fondement de notre étude. Cela nous a permis de nous familiariser avec les techniques d'impression mais aussi de distinguer les technologies les plus courantes. Pour cela, Internet nous a aidé. La pluriculturalité de notre groupe (deux étudiants français, deux étudiants américains) nous a aidés à ne pas s'arrêter à la lecture des sites français mais de nous orienter vers des sites en anglais. Un maximum d'informations a ainsi pu être recueilli. Actuellement, l'usine utilise une impression de type flexographie pour imprimer sur un tissu non tissé, il existe de nombreuses autres technologies que nous allons présenter par la suite.

Après cette première étape, 8 types de machines d'impression ont été jugés intéressants. Il s'agit des technologies suivantes :

- offset standard
- offset sec
- sérigraphie
- rotogravure/héliogravure
- flexographie
- laser
- jet d'encre

Ces types de machines représentent les machines d'impression les plus pertinentes pour répondre à notre besoin. Après avoir défini cette liste, l'étape suivante consiste à déterminer les technologies les plus réalistes pour notre besoin et cela, essentiellement grâce aux nombreuses discussions entretenues avec des experts du domaine.

Le groupe d'experts s'est principalement composé de professionnels de l'industrie, de professeurs de HEI ainsi que d'universités aux États-Unis. Monsieur Denis Deranton et Claude Torrez, les responsables du pôle Textile et Chimie à HEI nous ont grandement aidé sur les types d'encre, les types de matériaux imprimables mais aussi sur différentes technologies d'impression. Nous avons également rencontré trois autres professionnels :

- Sophie Reynaud, directrice opérationnelle de la société Matikem, nous a mis en contact avec Paul Piette, responsable du Centre Technique du Papier à Douai
- Harold Freeman, doyen associé à la recherche à NC State University aux États-Unis nous a renseignés sur la technologie du jet d'encre
- Vincent Hennique, professionnel dans l'industrie d'impression, nous a apporté ses connaissances sur la technologie offset et flexo

Ils nous ont tous donné bon nombre de conseils sur nos différents choix à prendre et sur l'acheminement de notre projet. Cela s'est avéré très utile d'avoir la perspective d'un bon mélange des professionnels.

Chaque année, un salon professionnel dédié à l'impression se tient à Munich.

Le salon ICE Munich en Mars 2015 était pour nous un moyen privilégié et unique pour compléter la veille technologique et pouvoir rencontrer des experts (fournisseurs, constructeurs) du domaine de la veille technologique. Après avoir assimilé l'ensemble des technologies touchées par notre projet, nous voulions être en contact direct avec les fournisseurs de ses technologies. Le but de la visite de ce salon était de pouvoir confirmer nos idées reçues mais aussi de prendre contact avec des fournisseurs, de réaliser un premier devis lorsque cela en valait la peine. Ce salon nous a aussi permis de nous poser beaucoup de question sur l'ensemble des contraintes évoquées auparavant et de nous rendre compte que plusieurs manquaient. Au salon il n'y avait pas seulement des fournisseurs de machines d'impression, mais aussi des entreprises spécialisées dans les domaines du séchage, du nettoyage et des accessoires.



Figure 16: Logo du salon ICE Europe

I) Les différentes technologies d'impression

Nous présentons dans ce chapitre l'ensemble des technologies d'impression étudiées avec leurs avantages et leurs inconvénients pour chacune.

1) Offset Standard

a) Description

Le développement de la technologie des imprimantes a commencé avec l'impression *offset*. Ce processus est utilisé principalement pour imprimer un gros volume de matière à base de papier sans trop de maintenance ou d'attention. Cette technique d'impression utilise, au minimum, trois cylindres pour déplacer l'encre sur la matière finale. Il y a trois types d'offset : offset standard, offset waterless et offset sec.

D'abord, l'encre est déposée sur une plaque offset : le premier cylindre. Ce cylindre est gravé avec le motif désiré et les zones d'imprimantes et non-imprimantes sont au même niveau sur la plaque. C'est pour cette raison qu'il faut utiliser de l'encre grasse et de l'eau – c'est l'hétérogénéité du mélange qui garde l'encre dans les bonnes zones. En parallèle de l'ajout d'encre, un cylindre de mouillage, située à côté de la plaque, ajoute de l'eau de mouillage. Ensuite, cette encre diluée est déplacée sur un blanchet : conventionnellement un cylindre en caoutchouc qui transfère l'encre sur le substrat.

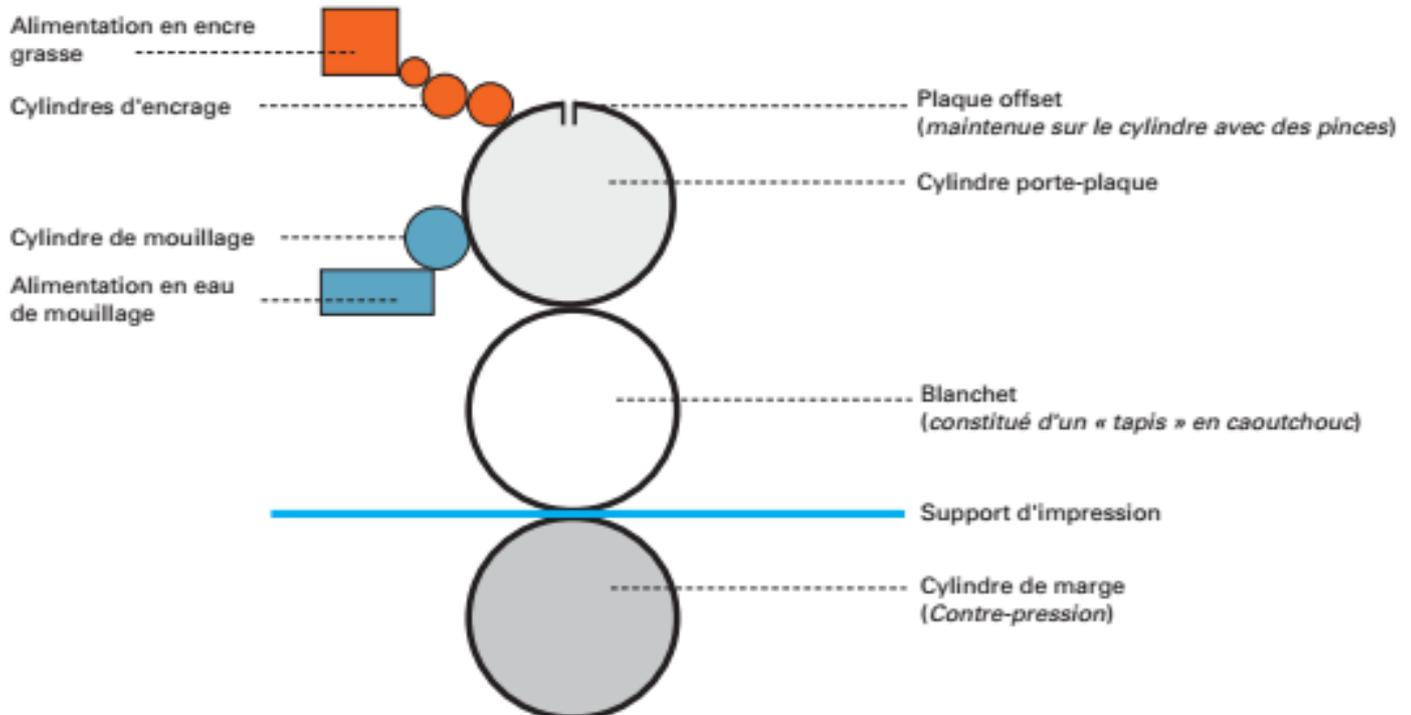


Figure 17: Le système offset

b) Avantages/Inconvénients

En résumé, l'impression offset standard, très connue dans l'industrie d'emballage, est standardisée et populaire pour une variété de produits imprimés. Cependant les seuls bémols de cette technologie sont les types de supports qui restent limités. L'équilibre entre l'eau et l'encre reste délicat.

2) Offset Waterless

a) Description

L'impression offset waterless fonctionne comme la traduction l'indique, sans eau. Ce type d'offset permet un démarrage plus rapide, mais il engendre une maintenance et un suivi un peu plus compliqué que pour l'impression offset standard. Pour faciliter le transfert de l'encre, il faut typiquement ajouter un traitement silicone sur le premier cylindre : la plaque.

b) Avantages/Inconvénients

Cette technique d'impression permet de réduire le gaspillage du papier fait par trop d'eau de mouillage. Cependant, le manque d'eau amène une augmentation rapide de la température, un système de régulation des températures est alors nécessaire. L'impression offset waterless est utile, mais avec le temps, elle pourrait s'avérer trop coûteuse.

Le coût des consommables (dans notre cas, l'encre et les plaques) est très élevé. Cela s'explique principalement par la fragilité des plaques. Celles-ci sont extrêmement sensibles aux rayures, ce qui peut conduire à des défauts d'impression.

L'absence d'eau apporte une légère amélioration dans l'impression de certains types de tons. Le rôle de l'eau n'est pas seulement de diluer l'encre, il permet de graisser la plaque et de refroidir les cylindres. Avec l'offset waterless, il n'est pas possible de graisser la plaque automatiquement et le risque de surchauffe est plus élevé.

3) Offset Dry

a) Description

L'impression offset sèche est plus connue dans l'industrie de l'alimentation. Ce type d'offset est particulièrement utile pour les canettes, les tubes et en général et les impressions sur les surfaces qui ne sont pas plates. L'offset sec fonctionne avec les mêmes principes que l'offset standard. Il utilise une plaque qui transfère l'encre indirectement sur le substrat. La différence la plus importante est la flexibilité du

blanchet pendant le transfert. Ce blanchet est généralement un cylindre, mais en offset sec, il est connu sous le nom de « cliché ». Il s'agit d'un tampon en relief. A cause de la nature unique de la surface de matière, il faut fabriquer le cliché en caoutchouc. Une mince couche d'encre est appliquée sur la partie engravée sur le cliché. Ensuite le cliché déplace l'encre sur le tube ou la canette.

b) Avantages/Inconvénients

Cette technique d'offset est conçue pour faciliter l'impression sur les produits cylindriques, telles que les verres, les bouteilles et les boîtes en plastique. C'est un procédé économique, il n'utilise que très peu d'encre et les clichés utilisés sont peu coûteux et durent longtemps. Les possibilités de l'offset sec sont assez étendues grâce à la faculté qu'ont les machines d'impression jusqu'à 8 couleurs. Cependant, la couche utilisée est très mince, c'est alors difficile de couvrir beaucoup de substrat. Cela est souvent gênant dans le cas de tubes transparents. Sur de tels tubes, on obtient généralement de meilleurs résultats en sérigraphie.

4) Sérigraphie

a) Description

La sérigraphie est un moyen d'impression souple et polyvalent qui permet de déposer soit manuellement, soit mécaniquement des couches d'encres plus ou moins épaisses, opaques ou transparentes sur des supports variés.

La sérigraphie est une technologie qui imprime directement sur la surface souhaitée. L'encre est placée sur un écran grâce à une lame qui s'appelle une racle (typiquement en caoutchouc). L'écran est fait de métal ou de tissu synthétique qui est obturé par un procédé où les mailles libres permettent le passage d'encre et les mailles obturées ne permettent pas d'encrage. C'est un procédé très simple, mais ça n'est pas nécessairement synonyme de mauvaise qualité. Avec seulement un cadre et du tissu pour faire l'écran, une racle, de l'encre et une surface imprimable, on peut imprimer sans l'achat d'une machine coûteuse.

Le schéma ci-dessous explique de façon simplifiée le procédé d'impression par sérigraphie.

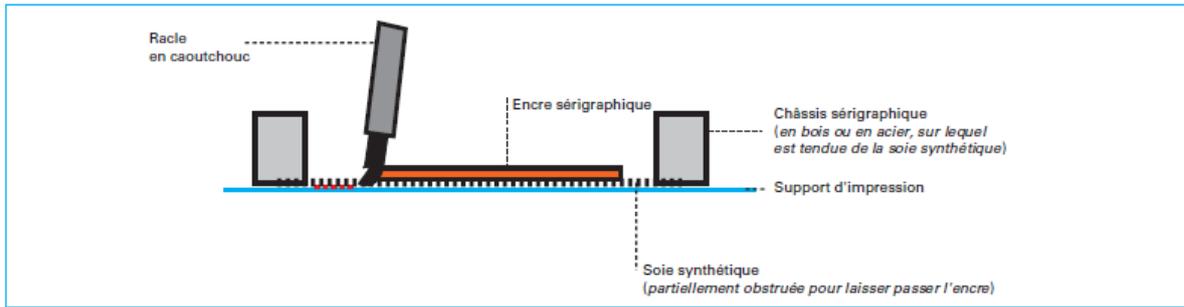


Figure 18: L'impression sérigraphie

b) Avantages/Inconvénients

Les avantages de cette technologie sont nombreux, en majorité grâce à sa polyvalence ainsi qu'à son adaptabilité. On peut utiliser la sérigraphie pour un grand nombre de travaux et sur de nombreuses surfaces. La sérigraphie est très utilisée pour la création de tee-shirt. On peut aussi utiliser cette technologie sur du papier, du verre du plastique, du métal ou encore sur du carton.

Il y a trois applications différentes pour la sérigraphie : l'impression sur des objets plats, l'impression sur les textiles, et l'impression cylindrique.

Une autre qualité de la sérigraphie contribuant à sa polyvalence est qu'elle peut imprimer non seulement sur une grande gamme de surfaces, mais aussi sur une grande gamme de dimensions. Avec la sérigraphie, on peut imprimer sur un objet de quelques centimètres, où sur un objet de 20 mètres carré. Comparé aux autres formes d'impression, le coût de la sérigraphie est très faible. Les matériaux (racle, écrans), ne sont pas cher à produire. Du fait de sa polyvalence et de sa souplesse, on peut utiliser beaucoup de types d'encre (aux solvants, à l'eau, aux UV) dans le but d'obtenir la meilleure impression possible.

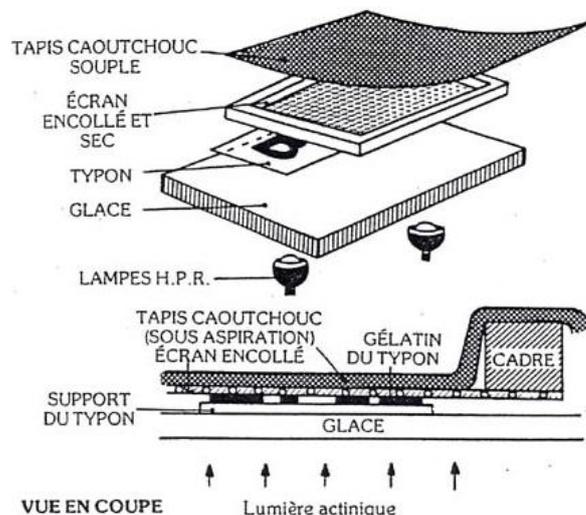


Figure 19: Le système sérigraphie

Les inconvénients de la sérigraphie ne sont pas aussi nombreux que les avantages cependant, ils représentent de réels contraintes pour notre projet Saint-Gobain. La lenteur d'impression pose un gros problème pour les entreprises qui ont beaucoup de choses à fabriquer.

Pour ces raisons, la sérigraphie n'est pas la technologie idéale dans le cas de ce projet. Dans un domaine de production à grand échelle comme à Saint-Gobain, on ne peut pas sacrifier la vitesse où l'efficacité des machines à la fabrication.

5) Rotogravure/Héliogravure

a) Description

Une autre technologie qui nous a semblé intéressante est la rotogravure (appelé aussi héliogravure). Il s'agit du deuxième procédé le plus employé en Europe et le troisième aux États-Unis, il est très connu chez les fournisseurs d'emballages et de magazines. L'image désirée est gravée sur un cylindre, puis une lame métallique supprime l'encre de la zone non-imprimante.

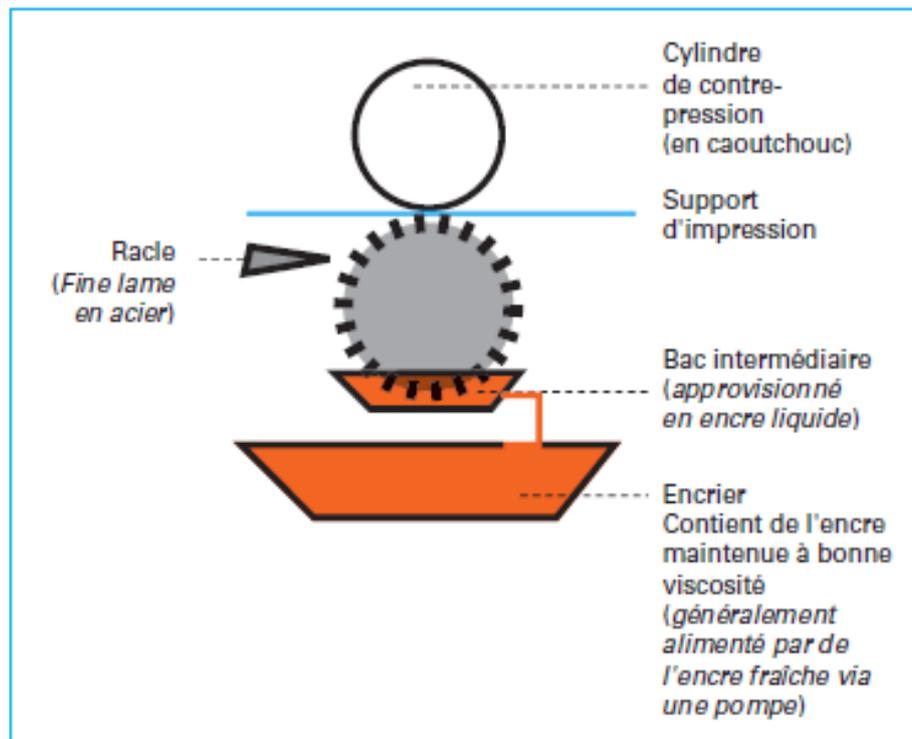


Figure 20: La configuration héliogravure

b) Avantages/Inconvénients

Il y a plusieurs avantages à l'impression rotogravure notamment au sujet de la qualité comme noté au-dessus. La rotogravure est très populaire en raison de sa bonne reproduction des images et la qualité d'impression des couleurs. Ce type d'impression permet d'établir les tirages les plus longs et les plus compliqués. La vitesse d'impression est très élevée (entre 200 et 300 mètres/minute).

Cependant cette qualité et cette vitesse d'impression ont un coût très important. Ces coûts ne sont pas prépondérants en cas d'impression sur des grands tirages, cependant pour des petits tirages, cela devient plus compliqué. Un autre inconvénient de l'impression rotogravure se situe au niveau de l'encre. Les machines rotogravures utilisent presque toujours de l'encre liquide à solvants, et très rarement des encres à base d'eau.

6) Flexographie

a) Description

La flexographie est la technologie d'impression la plus souvent utilisée pour les emballages. Le processus implique deux types de cylindres : un cylindre céramique appelé « Anilox » qui transfère l'encre de l'encrier jusqu'aux clichés (qui sont fixés au deuxième cylindre). L'autre cylindre est le cylindre porte-cliché qui comme son nom l'indique, contient l'ensemble des clichés. Les clichés appliquent directement l'encre à la surface d'impression.

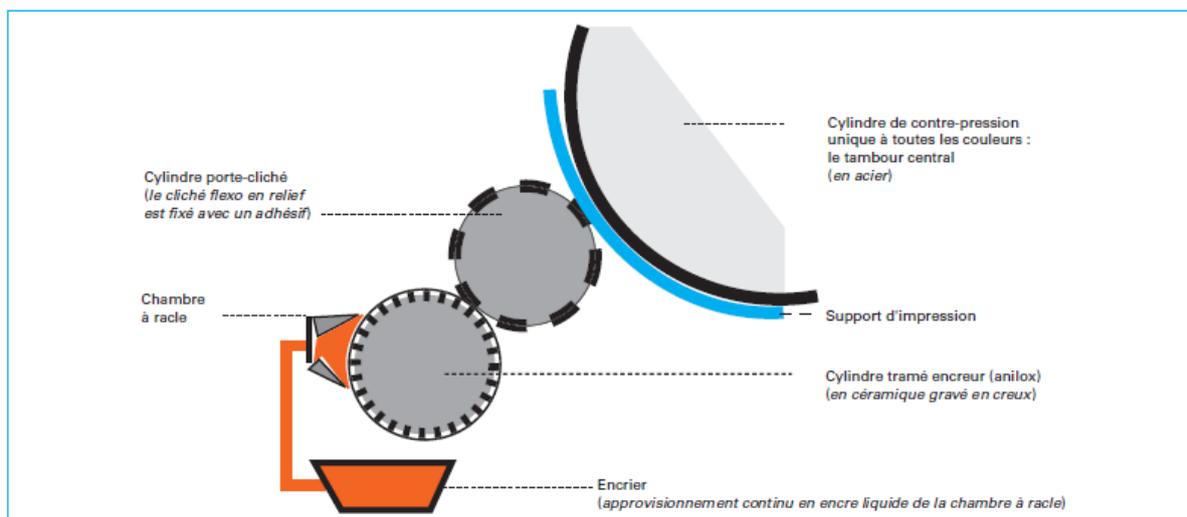


Figure 21: L'impression flexographie

b) Avantages/Inconvénients

Pour l'impression des emballages, il y a beaucoup d'avantages à l'utilisation d'une machine flexo. Premièrement, ça permet une impression sur une grande variété de substrats, notamment sur du carton ondulé, les papiers couchés et non couchés, et les différents types de plastique. L'impression de type flexo est très utile pour une grande variété d'application, comme par exemple l'emballage souple où les journaux. C'est aussi très polyvalent concernant les types d'encre possibles à utiliser : par exemple à solvant, aux UV, et à l'eau. Finalement, le coût des clichés est très raisonnable comparé aux autres technologies. Les vitesses de production sont comparables aux autres technologies (200 à 300 mètres/minute).

Le plus grand inconvénient de la technologie flexographie est l'incapacité d'imprimer en toute finesse ainsi que des choses complexes. Bien sûr ça ne pose pas de problèmes pour les entreprises qui veulent seulement imprimer des choses simples et de façon efficace.

7) Impression numérique - laser

a) Description

L'impression numérique s'est beaucoup développée depuis les trente dernières années. Orientées vers l'industrie de l'emballage, les deux technologies laser et jet d'encre ont changé les niveaux de qualité réalisable dans l'industrie mais aussi chez les particuliers.

Le principe de l'impression « laser » fonctionne sur l'aversion entre les charges électriques. Le système contient un tambour qui donne une charge électrique négative. Le tambour est ensuite isolé par le laser, qui dessine une image en déchargeant les zones non imprimables. A la fin de ce processus, les zones imprimantes sont toujours chargées négativement. La poudre « toner » est légèrement ajoutée sur le tambour et les poussières, qui portent naturellement une charge positive, sont attirées par la charge négative dans les zones imprimantes. Elles se déposent dans ces zones et sont fixées par la chaleur du laser. Le résultat est une image imprimée.

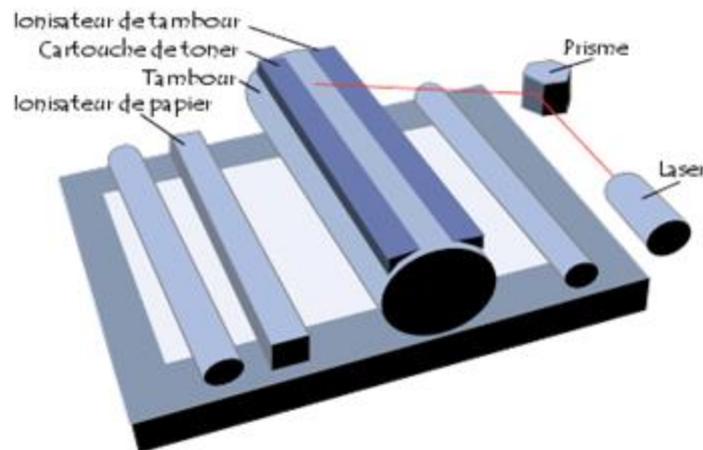


Figure 22: Le système laser

b) Avantages/Inconvénients

Ce type d'impression offre une qualité et une précision plus élevée avec une vitesse compétitive dans l'industrie. Sans eau, on enlève la possibilité de diffusion non contrôlée de l'encre sur le substrat. Cependant, cela n'est pas idéal pour les tirages longs. Il y a un risque élevé à cause de la chaleur produit par le laser et cela pourrait être dangereux pour les opérateurs. Sur le long terme, le coût du toner n'est pas économique, surtout si la machine est beaucoup utilisée.

8) Impression numérique - jet d'encre

a) Description

La technologie d'impression jet d'encre est similaire à l'impression laser : les deux utilisent l'électricité pour attirer et repousser les particules de pigment. Un champ électrique situé sur le tambour attire les gouttelettes d'encre liquide qui sont rapidement éjectées par un « jet ». Récemment, l'industrie d'impression jet d'encre a vu l'émergence de deux autres types de jet d'encre. Une machine chauffe électriquement de l'encre et les propulse à une grande vitesse. Il y a aussi l'impression jet d'encre «Piezo». Dans ce système, une pièce de métal qui est contenue sous pression dans une chambre, se déforme lorsque les gouttelettes d'encre entrent en contact avec lui.

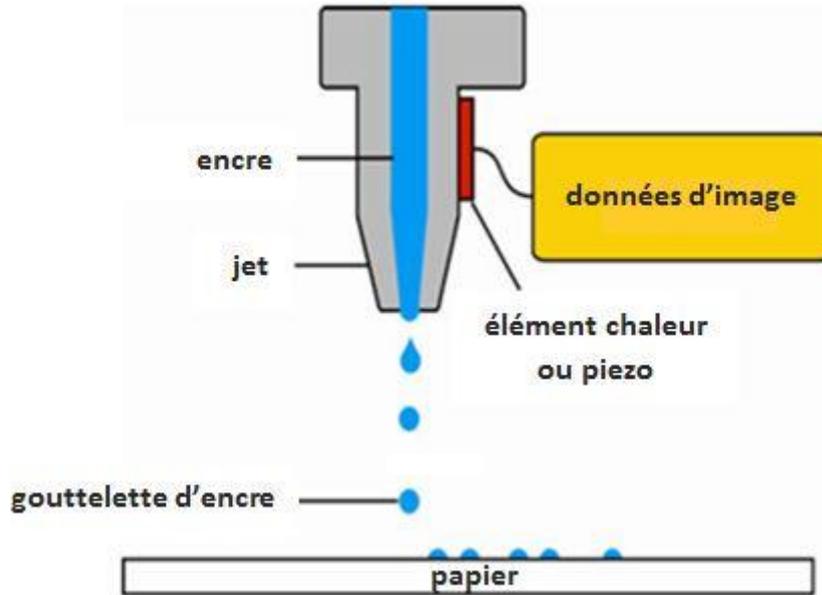


Figure 23: La configuration jet d'encre

b) Avantages/Inconvénients

Les avantages de ces systèmes sont similaires. L'impression numérique facilite la personnalisation et le changement des motifs, qui fait gagner du temps dans une chaîne de production. L'impression jet d'encre est capable d'imprimer de gros volumes, mais cette technologie est vraiment destinée aux tirages courts.

Le coût d'encre est assez élevé, et sur le long terme, ce n'est pas réalisable pour une utilisation constante. En général, la qualité d'impression numérique est comparable aux autres technologies d'impression.

II) Les différentes technologies de séchage

Les différents types de séchage de l'encre dépendent de plusieurs éléments :

- méthode d'impression (flexo, gravure, etc.)
- type d'encre (UV, à solvant, à l'eau)
- vitesse de l'impression
- type de substrat (papier, plastique, toile)
- typologie de produit imprimé (commerciale, emballage, etc.)

Il existe 6 moyens de séchage les plus utilisés, que nous avons développés ci-dessous.

1) Séchage par absorption

Les composants liquides de l'encre pénètrent la surface du substrat et sont absorbés par les tubes capillaires de celui-ci. Cette technique de séchage est très utilisée dans l'impression de journaux. Cette méthode est toujours la première étape de séchage même s'il y a d'autres procédures de séchage.

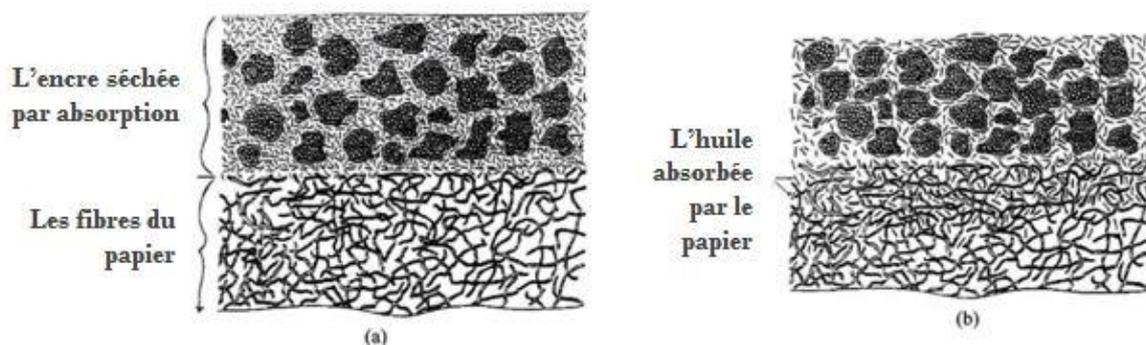


Figure 24: Le système de séchage par absorption

2) Séchage par polymérisation oxydation

Ce type de séchage convertit la couche d'encre en une matière solide grâce à la réaction entre l'oxygène de l'atmosphère et l'huile d'encre. Le plus grand problème de ce processus est le temps d'attente pouvant aller de 2 à 4 heures de séchage avant les procédés de pliage et de découpage.

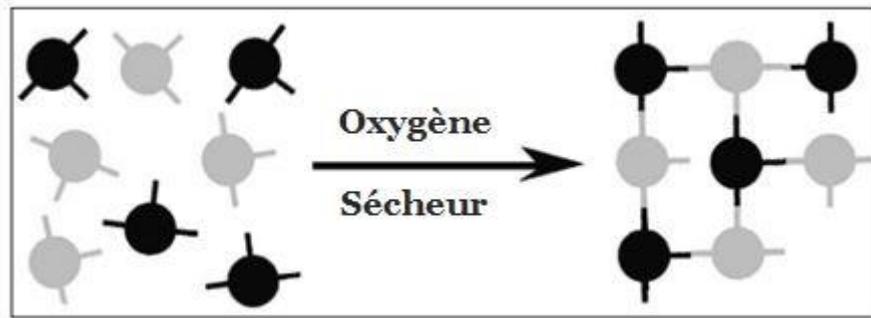


Figure 25: Le procédé de séchage par polymérisation oxydation

3) Séchage UV

L'utilisation de cette méthode de séchage, nécessite un besoin en encre spécialisée contenant des adhésifs très différents et des initiateurs de photos supplémentaires. Un séchage de ce type utilise au moins une lampe à vapeur de mercure. Cette technique est très rapide, en effet le produit est disponible en moins de 3 secondes pour les procédés finaux.

Ci-dessous un schéma explicatif du séchage UV par le biais d'une lampe UV.

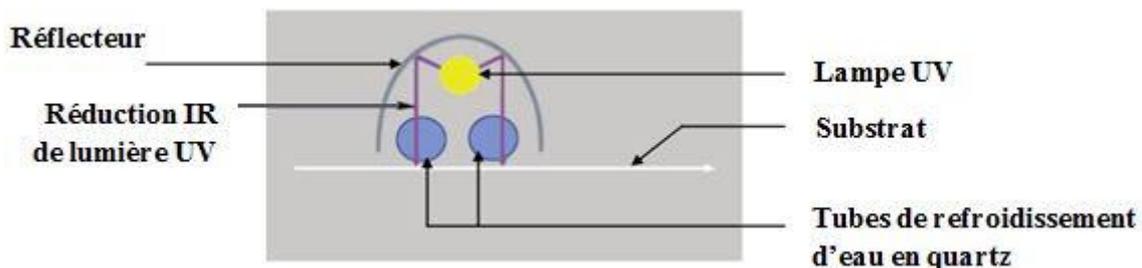


Figure 26: Composants de séchage UV

4) Séchage EB (Electron Beam)

Cette technique de séchage est très semblable au séchage UV. La différence majeure étant que le séchage EB utilise les électrons pour créer une réaction radicale libre, par conséquent l'initiateur photo n'est pas nécessaire.

La stabilité des encres utilisées avec ce mode de séchage est meilleure que les encres utilisées avec le séchage UV. Le schéma ci-dessous nous explique bien le principe du tube à faisceau d'électrons.

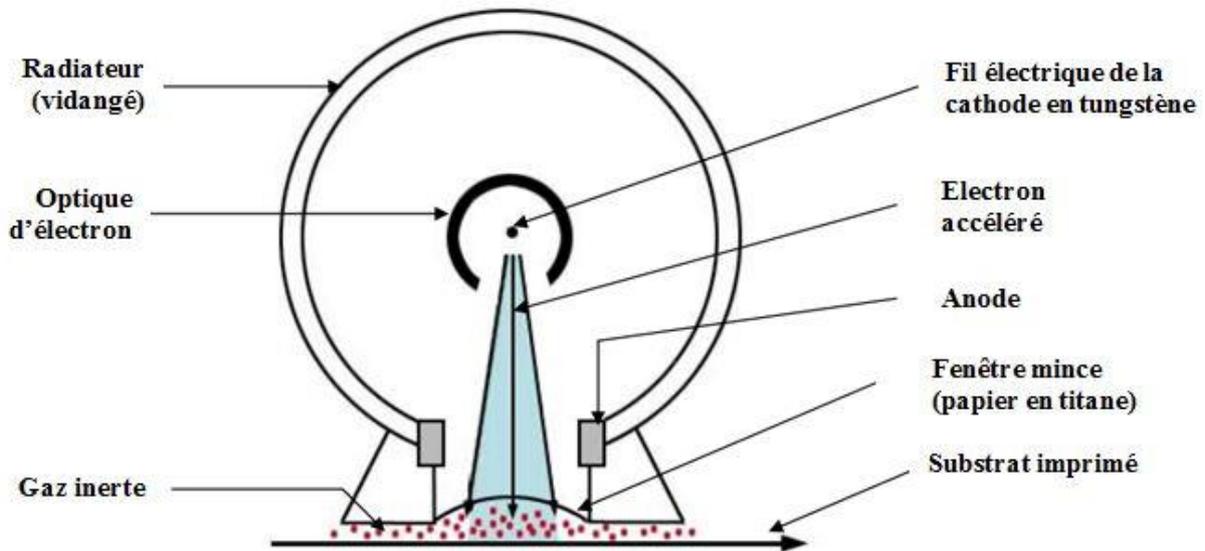


Figure 27: La configuration de séchage EB

5) Séchage infrarouge

Ce type de séchage emploie 4 méthodes pour durcir l'encre : la polymérisation, l'oxydation, la pénétration et l'évaporation. Cette technique consiste à transférer l'énergie de chauffage jusqu'à la couche humide de l'encre (radiation, convection, conduction). Le séchage infrarouge accélère le séchage d'oxydation, mais le temps de séchage est d'environ une heure.

6) Séchage par évaporation

Le séchage par évaporation consiste à enlever l'ensemble des solvants de la couche d'encre déposée. Cette technique s'accélère par un soufflement d'air à la surface du substrat. Ce type de séchage est très utilisé pour les imprimantes de type flexographie.

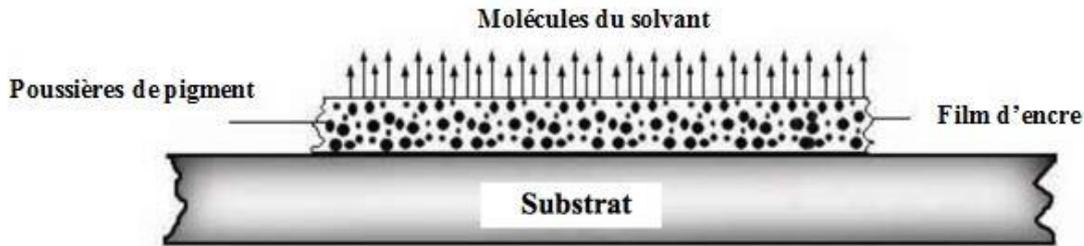


Figure 28: Le système de séchage par évaporation

III) Les typologies d'encres

Le type d'imprimante et les paramètres d'impression sont affectés par les propriétés de l'encre utilisée. Les encres contiennent ces quatre composants : des matières colorantes, des solvants, des liants ainsi que des agents auxiliaires.

Le rôle des matières colorantes est de fournir la couleur aux encres. Les matières colorantes garantissent la tonalité souhaitée, l'intensité de la couleur, la saturation et le degré d'obscurité.

La tonalité concerne la nuance d'une teinte de couleur. La saturation et l'obscurité sont souvent opposées sur le même gradient. L'intensité est un terme généralement utilisé pour décrire la luminosité d'une couleur. Les matières solubles sont appelés «colorants » et ceux qui sont des poussières suspendues sont appelés « pigments ».

Toutes les encres sont constituées de résines pour ainsi renforcer la solution et faire adhérer les matières colorantes au substrat. En général, en ce qui concerne l'environnement, les encres tombent dans trois catégories : celles à base d'eau, celles avec un certain pourcentage de solvants élevé et l'encre UV.

L'encre à base d'eau est décrite comme un colorant complètement dissolu, ou une suspension des poussières de pigment. Ce type d'encre ne correspond pas à plus de 5% des solvants. L'encre à base de solvants contient un gros volume (50-70%) de pigments dans les produits chimiques organique, tel que le toluène et l'antraquinone. En revanche, l'encre UV est composée à 100% de résines. On enlève complètement les solvants. Cette encre exige un système de séchage UV. La lumière UV réagit avec les produits chimiques contenus dans l'encre pour durcir le film de pigment sur le substrat.

Le tableau ci-dessous reprend la description de chaque type d'encre.

Système d'encre	Description
Encre à base d'eau	Styrène acrylique porté-de l'eau durcie thermiquement
Encre avec solvants	Polyamide porté-solvant durcie thermiquement
Encre UV	Acrylate polyester UV durcie

Tableau 1 : Composition des encres

Pour faire la distinction des effets environnementaux et économiques entre les trois types d'encres, il faut aussi examiner les trois étapes du cycle de vie de l'encre : production, usage, et rejet.

Chaque encre correspond à un certain type d'utilisation.

L'encre à base d'eau

L'encre à base d'eau est connue pour être la moins dangereuse pour l'environnement ainsi que pour les travailleurs dans les usines. Pendant l'opération d'impression, il y a très peu de risque de respirer des fumées dangereuses. L'autre avantage se situe au niveau du nettoyage qui peut se faire à l'eau. L'encre à base d'eau est adaptable à un grand nombre de technique d'impression et de substrats. Cependant, la qualité sur le long terme n'est pas aussi forte que celle de l'encre avec solvants. Le schéma ci-dessous nous explique bien le processus général de l'encre à base d'eau.

L'encre à base d'eau

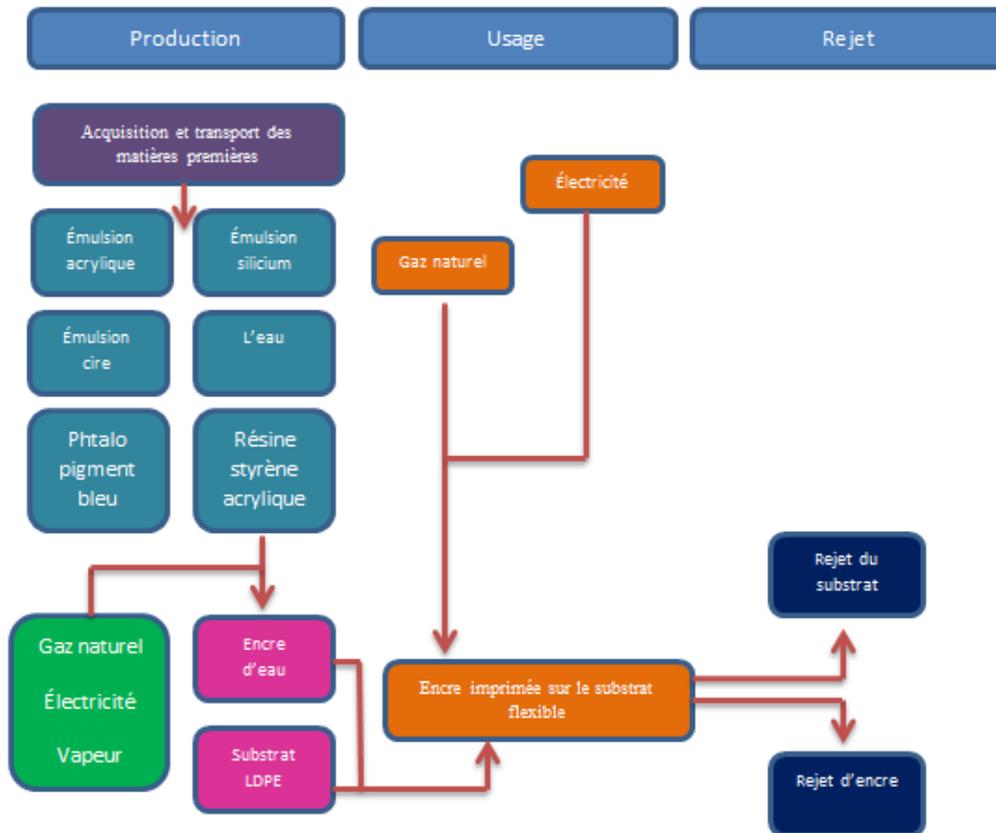


Figure 29: Cycle de vie de l'encre à base d'eau

L'encre à base d'eau est composée de 6 matériaux, notamment l'eau et la résine styrène acrylique. Une fois que l'encre est produite, elle est imprimée sur le substrat flexible en utilisant du gaz naturel et l'électricité. Quand le cycle de vie de l'encre est fini, on rejette le substrat et l'encre séparément. Il s'agit du processus le plus simple comparé aux autres encres. La simplicité de ce processus est due à l'absence de solvants. Pour la même raison, il s'agit du type d'encre le plus écologique, et le moins néfaste pour l'environnement. Il réduit le niveau de gaspillage de 46% comparé à l'encre UV et de 13% comparé à l'encre avec solvants.

L'encre avec solvants

Les produits utilisés dans l'encre avec solvants sont instables, dangereux et parfois cancérigènes. L'addition de solvants sert essentiellement à changer, et généralement élever, le taux d'évaporation de l'encre. Cette encre est capable d'être imprimée sur une grande gamme de matières, cependant l'impact sur l'environnement ainsi que sur les

opérateurs est beaucoup plus important qu'avec l'utilisation d'encre à base d'eau. Le schéma ci-dessous nous explique bien le procès général de l'encre avec solvants.

L'encre avec solvants

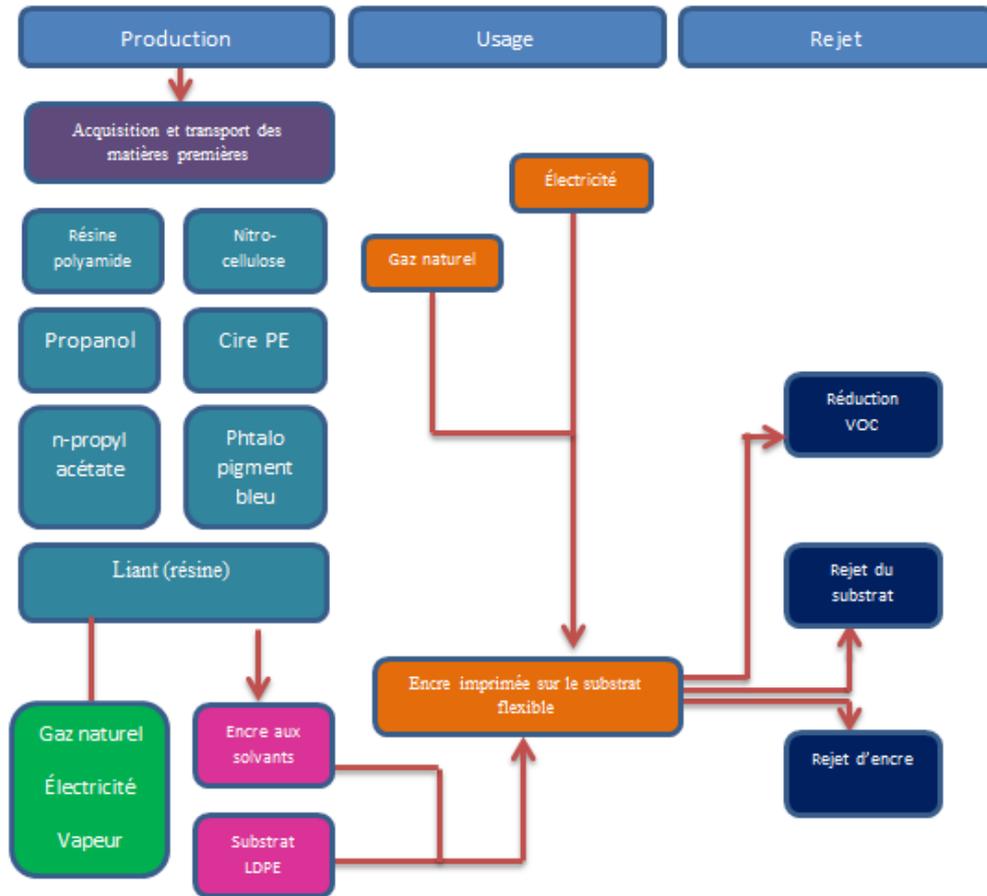


Figure 30: Cycle de vie de l'encre avec solvants

L'encre avec solvants est principalement composée de propane, de résine polyamide, et de cire PE. Ce type d'encre est utilisé exactement comme l'encre à base d'eau, mais le procédé d'élimination est un peu différent. Une fois l'encre et le substrat jetés, il y a un rejet de composés organiques volatiles. C'est principalement à cause de ces composés organiques volatiles que l'encre avec solvants a un effet très négatif sur l'environnement.

L'encre UV

Concernant l'encre UV, elle offre une très bonne qualité d'impression, une très bonne durabilité dans le temps ainsi qu'une certaine finesse dans la précision d'impression. Elle est un peu plus dangereuse que l'encre à base d'eau pour

l'environnement et pour les ouvriers, mais certainement moins que celle avec solvants. Les inconvénients de l'encre UV se situent au niveau de la déformation du substrat imprimé. Elle n'est pas possible si on veut réaliser un rouleau de bobine après impression. Il faut utiliser une machine de séchage spécifique. Le schéma ci-dessous nous explique bien le procès général de l'encre UV.

L'encre UV

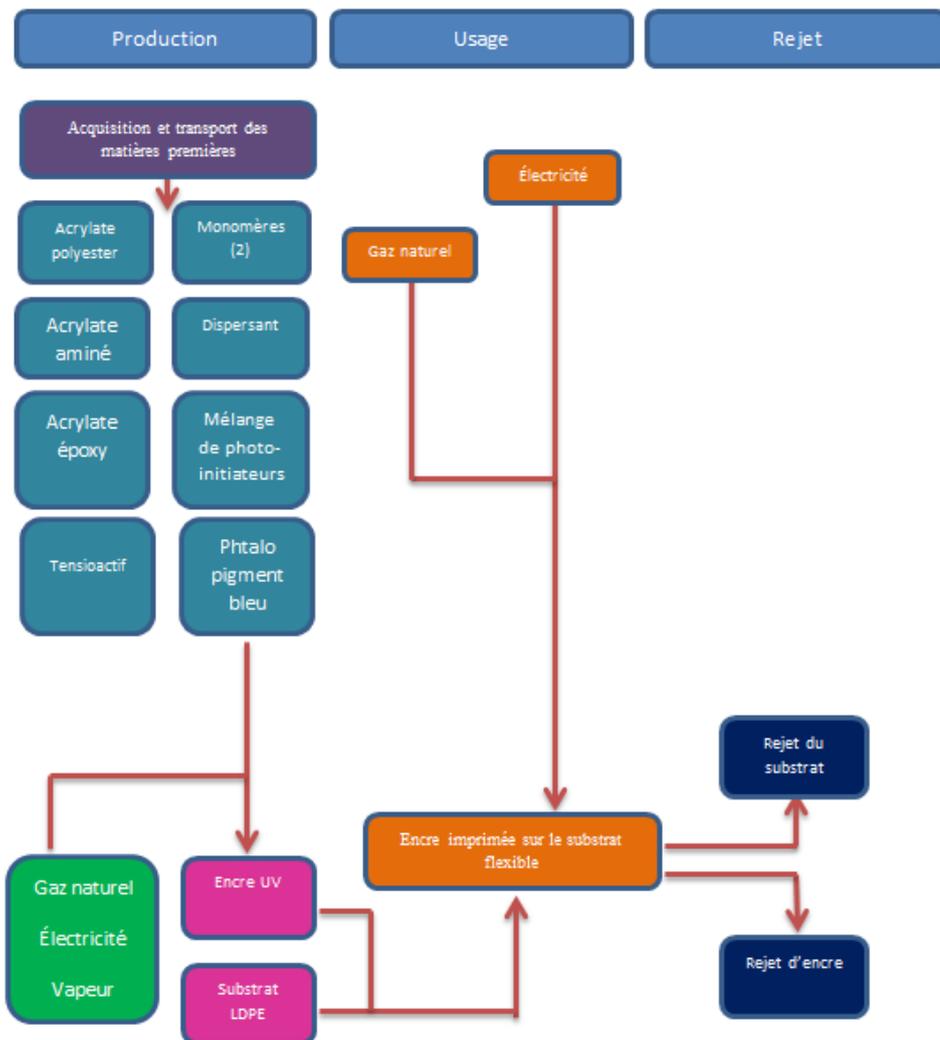


Figure 31: Cycle de vie de l'encre UV

Comparé aux 2 autres catégories d'encre, Il s'agit de l'encre la plus sujette aux accidents de travail, à des risques d'incendie et d'explosions. L'encre UV est l'encre qui déteint sur le plus grand nombre des composants. On applique l'encre UV de la même façon que les autres encres, sur un substrat flexible. A la fin du cycle de vie, le rejet est similaire que pour les autres encres. On jette le substrat et l'encre séparément. En plus de ses risques sur les employés, l'encre UV est très dangereuse à l'environnement, posant un niveau de risque pour la couche d'ozone 9 fois plus grand que ceux occasionnés par les autres encres.

IV) La gestion de la tension

Un élément essentiel du processus d'impression pour assurer une bonne impression et le niveau de la qualité nécessaire est le contrôle de la tension du support. Pour les opérations d'emballage, la gestion de la tension est très importante pour éviter l'enroulement/glisement des substrats. Ceci sera étudié au moment de l'achat de la nouvelle machine.

$$Tension \left(\frac{kg}{m\grave{e}tre} \right) = \frac{la\ tension\ totale\ (kg)}{largeur\ du\ substrat\ (m)}$$

$$Tension\ totale = Tension \left(\frac{kg}{m} \right) * largeur\ du\ substrat\ (m)$$

Formule illustrée dans l'image au-dessous.

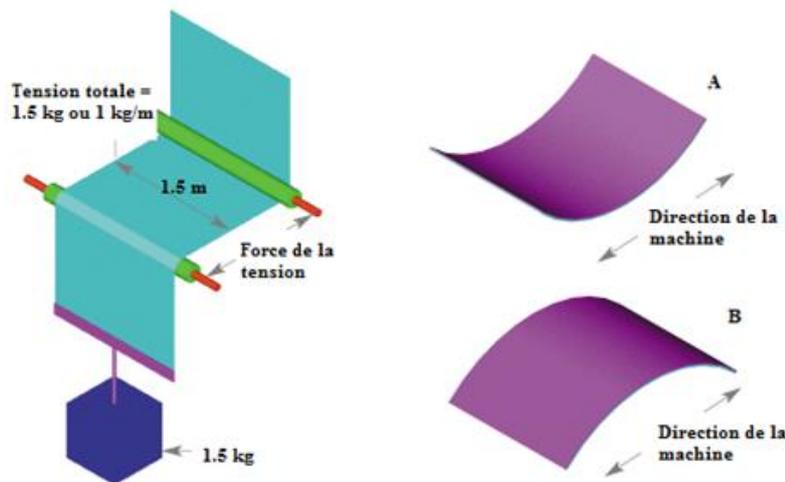


Figure 32: Principe de mesure de la tension d'un substrat

Le schéma illustre (fig 32) des exemples expliquant l'application de tension sur le substrat quand il y a une différence de comportement entre les deux côtés. Dans l'image « A », la tension au-dessus est plus élevée qu'au-dessous. Dans la deuxième image, « B », la tension au-dessous est plus haute, et l'effet est inverse.

En général, les tensions les plus élevées causent des plis en raison de la diminution de la largeur du substrat. Par contre, les tensions trop basses provoquent les plis à cause de l'élargissement de la largeur du substrat. Souvent, les tensions peuvent être mesurées seulement par l'opérateur après la mise en marche de la

machine. Cependant, la tension idéale pour réaliser les impressions sont généralement entre 10% et 25% de la force de traction sur le substrat.

Aujourd'hui, Saint-Gobain possède plusieurs outils pour gérer la tension sur la machine d'encollage. La machine d'impression devrait être mise en place devra prendre en compte la gestion de cette tension. Des études et des tests plus approfondis seront réalisés avant l'implantation de la machine par le fournisseur en question pour permettre une gestion concrète de la tension.

Nos recommandations

A la suite de la veille technologique qui est une partie objective et documentaire, nous allons à présent proposer les solutions qui semblent les plus appropriées. Nous avons suivi une certaine démarche pour déterminer la solution qui nous semble la plus adaptée. Notre démarche (comme le schéma ci-dessous le souligne) consiste à faire un état des lieux de l'ensemble des technologies disponibles, d'en sélectionner une via plusieurs explications et calculs décrits par la suite. Ensuite nous établirons l'ensemble des organisations et combinaisons possibles sur la technologie choisie. Nous déterminerons la combinaison la plus propice à la réponse de nos besoins. Puis nous établirons l'ensemble des encres utilisables sur cette combinaison choisie de la même façon, nous indiquerons nos préconisations pour l'encre la plus adaptée. Nous finirons notre étude par un état de l'ensemble des techniques de séchage ainsi que notre choix.

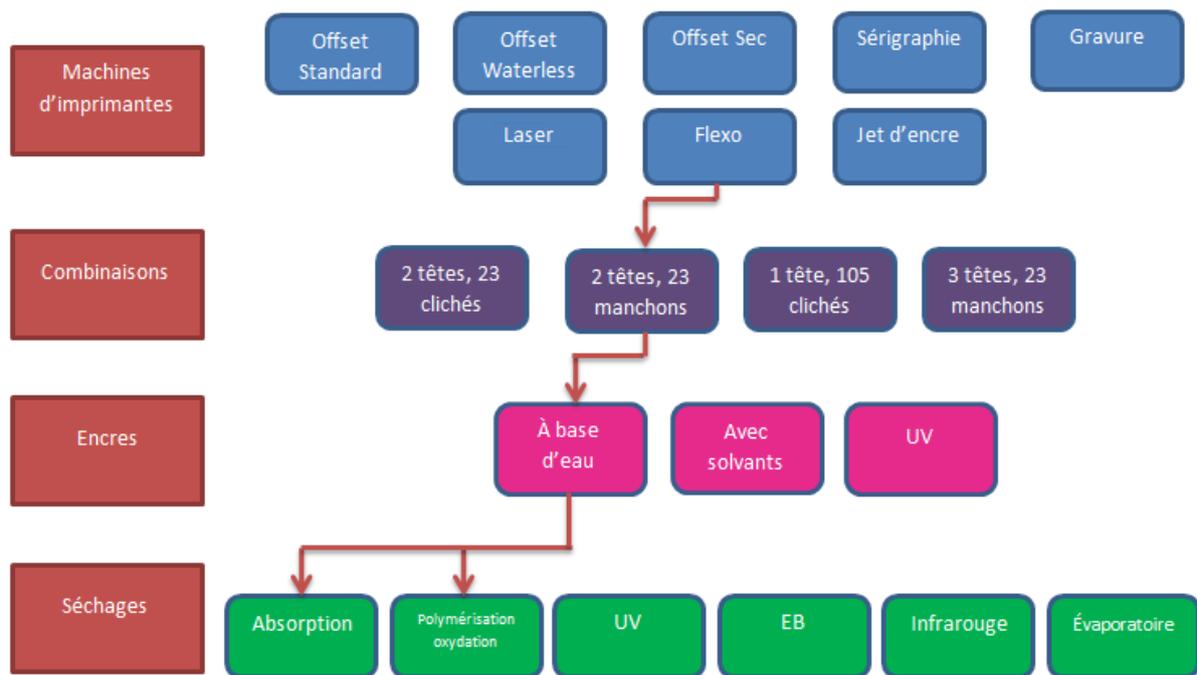


Figure 33: Choix des technologies

1) Amélioration : L'emplacement

Dans le souci d'améliorer la productivité du processus sans entraver le respect des conditions de travail et d'environnement, nous nous sommes intéressés également au déplacement de la machine actuelle.

Aujourd'hui la bobine de papier abrasif est déplacée 2 fois avant le rendu final. Nous voulons réduire ces déplacements à une fois. Les pertes de charges coûtent en effet très cher à l'entreprise. En limitant ces déplacements cela engendrerait des gains de temps, une diminution des risques d'accidents, une meilleure organisation ainsi qu'une diminution des produits stockés entre les différentes chaînes de production.

En examinant la machine d'encollage du papier abrasif et de la duvetine nous avons constaté des zones libres : une d'entre elles se situait en amont de la chaîne d'encollage. L'autre emplacement aurait permis d'imprimer en sortie d'encollage.

Imprimer la duvetine avant encollage, (comme vu dans la figure 34), amènerait de nombreux avantages comme la suppression d'une troisième chaîne de production, une meilleure organisation, une productivité plus rapide, une réduction des coûts. Ainsi, réimplanter la machine actuelle à cet endroit apparait être une bonne solution. Le budget alloué permet d'investir dans une nouvelle machine, cette solution ne pénaliserait pas le reste de la production.

Avec ce nouvel ordonnancement, nous serons capables de produire plus vite (nouvelle machine fonctionnant à des vitesses de l'ordre de 60m/min) mais également de libérer un opérateur.

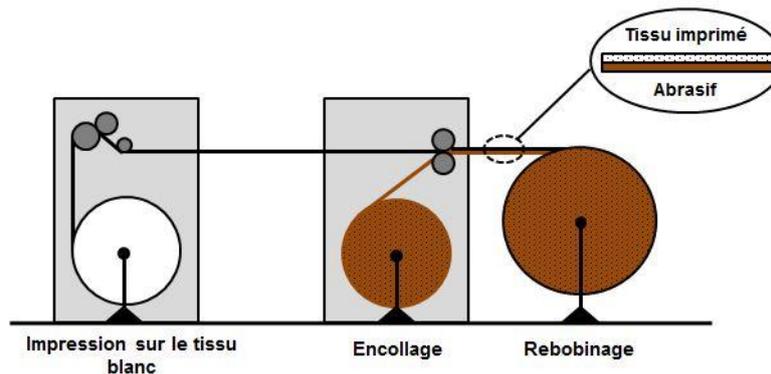


Figure 34: Impression avant encollage

Imprimer en aval de la phase d'encollage paraît très compliqué. Il faut pour cela modifier les paramètres de la machine d'encollage qui se révèle très long, difficile et coûteux. Il faut aussi choisir des rouleaux d'impression capable de résister à l'usure provoqué par le passage du papier abrasif. L'impression en aval de la phase d'encollage est illustrée au travers du schéma ci-dessous (figure 35).

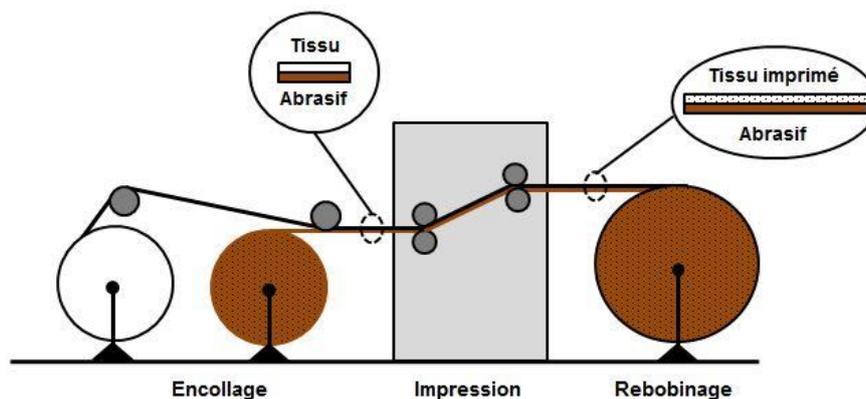


Figure 35: Impression après encollage

L'opérateur devra être capable de contrôler aussi bien la machine d'encollage que la machine d'impression. Il aura la responsabilité de gérer la machine en parfaite autonomie : arrêt d'urgence, réglages des niveaux et contrôle du produit fini. Cette modification d'organisation va permettre un rapide retour sur investissement de la machine. Cette proposition sera développée dans la partie 3.

2) Choix de la technologie

a) Etude d'adaptabilité

Une nouvelle machine devant être achetée, il est intéressant d'analyser le nouveau marché de l'impression pour y trouver des produits adaptés à notre besoin et si nécessaire, changer de type d'impression. Pour ce dernier, cela nécessitera des formations d'opérateurs complémentaires ainsi qu'une prise de risque avec la mise en place d'un nouveau système et des nouveaux risques sont introduits dans l'usine. Nous devons prendre en compte l'ensemble des impacts possibles avant de réaliser un choix de technologie aussi bien sur le court que sur le long terme.

En comparant la nouvelle technologie avec l'installation existante, nous avons pu proposer de la machine la plus adaptée à notre besoin actuel et futur. Pour amortir la nouvelle machine, il faut qu'elle soit utilisable dans tous types de situations.

Cette flexibilité est un des avantages spécifiques de la technologie flexographie.

Par ailleurs, tel que précisé dans le cahier des charges, la qualité d'impression sur la duvetine est très basique. D'autre part, l'implantation d'une nouvelle machine d'impression devra prendre en compte un futur changement spécifique de substrat. L'adaptabilité, la vitesse de production, la qualité de marquage et l'accessibilité budgétaire sont des arguments favorables à l'utilisation de la technologie flexo. Les machines flexo peuvent être utilisées à la fois pour l'impression de produits compliqués (paquets de céréales polychromatique) ainsi que pour du simple marquage d'informations.

La technologie offset ne nous offrira pas la flexibilité voulue et attendue par Saint-Gobain. Les machines de type gravure ne peuvent imprimer qu'en haute qualité or notre besoin est plus centré sur du marquage que sur une qualité d'impression très précise. La technologie sérigraphie ne nous accorderait pas la vitesse voulue et attendue. Concernant les technologies numériques, les risques de chaleur dus à la production ainsi que les coûts élevés des consommables rendent difficiles l'adaptation de cette technologie à notre projet.

Dans le but de résumer notre étude, nous avons regroupé les différents paramètres dans un tableau pour obtenir une vision plus claire de l'ensemble des technologies disponibles.

Devant la difficulté d'obtenir l'ensemble des informations voulues sous forme chiffrée, le tableau réalisé est composé de signes positifs et négatifs pour caractériser chaque paramètre. Le signe « + » nous indique que la technologie en question sera apte à répondre aux exigences de Saint-Gobain vis-à-vis du paramètre en question. Quant au signe « - », il nous indique que la technologie en question ne sera pas capable de répondre aux exigences de Saint-Gobain sur le paramètre en question. Le but de ce tableau est d'avoir un visuel direct sur les solutions viables par rapport aux exigences de Saint-Gobain.

	Voulu	Sérigraphie	Offset	Gravure	Laser	Jet d'Encre	Flexo
Vitesse	60 m/min	-	+	+	+	+	+
Qualité	Impression Forte	+	+	+	+	+	+
Polyvalence	Haut niveau	+	-	+	+	+	+
Encre à base d'eau ?	Oui	+	-	-	-	+	+
Laize maxi	1 500mm	+	+	+	+	+	+
Nombre de couleurs disponibles	≥ 3	+	+	-	+	+	-
Temps de changement des motifs	≤ 2 min	-	+	-	+	+	+
Temps de nettoyage	≤ 15 min	-	+	-	+	+	+
Tirages longs ?	Oui	+	+	+	-	-	+
Prix	≤ 250.000€	+	+	-	-	-	+
Faisabilité	Oui	-	-	-	-	-	+

Tableau 2 : Evaluation des technologies

b) Etude des coûts

Grâce à nos divers échanges avec plusieurs fournisseurs présents au salon ICE de Munich et des experts dans l'impression industrielle, nous avons réussi à chiffrer de façon approximative le coût de l'implantation de chaque technologie dans le cadre de notre projet. Les chiffres obtenus sont des approximations, pour avoir une pleine notion d'un budget précis, il faudrait être en possession de l'ensemble des données actuelles.

Comme indiqué dans le tableau ci-dessous, nous constatons que certaines technologies dépassent notre budget. Même si elles révèlent des performances de très haut niveau, elles ne sont pas retenues.



Figure 36 : Coûtes des technologies

La technologie flexographique ayant été retenue dans un premier temps de par ses propriétés techniques, on constate qu'elle est également très intéressante sur l'aspect financier. Elle est en correspondance avec notre budget de 250.000€.

- **Ces deux critères étant remplis, notre première recommandation consisterait à faire le choix d'une machine d'impression de type flexographie.**

3) Choix des combinaisons manchons/clichés

Suite à la veille technologique qui a été réalisée en détail sur les technologies actuellement sur le marché, nous en avons déduit que l'utilisation de l'impression flexographique serait la plus adéquate. Outre ses nombreux avantages quant à sa simplicité de fonctionnement et d'adaptation technique, cette technologie est également prisée de par son faible coût d'installation et de fonctionnement.

Effectivement, étant dans le cadre d'une étude scientifique portant sur un besoin réel, l'étude du budget des solutions proposées est une contrainte très forte pour la validation de la solution la plus adaptée.

Ayant validé le choix de la technologie au sein de l'équipe de projet et de l'équipe Saint-Gobain, il reste à présent à déterminer les spécifications du type de machine choisie, qui sont les suivants.

- le nombre de têtes en fonctionnement
- le type des manchons
- le nombre de manchons

Afin de comprendre l'impact de ces différents paramètres sur le long terme, il est réalisé dans la partie qui suit une estimation du retour sur investissement sur une période de 10 ans, ce qui correspond à la durée de vie de la machine pour un fonctionnement normal.

Le tableau ci-dessous fait un état des lieux d'un point de vue coût des différentes technologies. Concernant les clichés, le prix visible est pour un cliché de développé 540mm sachant englober la totalité du manchon.

Technologie	Groupe imprimeur (tête)	Manchon non gravé en polyuréthane	Manchon gravé laser en polyuréthane	Cliché
<i>Coût unitaire HT</i>	50.000€	700€	1.500€	400€

Tableau 3 : Coût des composants

Dans le tableau qui suit sont présentées les 4 combinaisons les plus judicieuses et les plus adaptées, dans le but d'obtenir le meilleur rendement avec des coûts intéressants. Le tableau suivant détaille les types de combinaisons possibles et leur coût engendré:

Combinaisons	Nombre de têtes sur la chaîne de production	Nombre de manchons non gravés en polyuréthane	Nombre de manchons gravés laser en polyuréthane	Nombre de clichés	Coût estimé têtes + ou manchons clichés (HT)
C0	Situation actuelle				
C1	2	0	23	0	135.000€
C2	2	2	0	23	111.000€
C3	1	1	105	0	212.000€
C4	3	0	23	0	185.000€

Tableau 4 : Evaluation des combinaisons

Ce tableau ne prend pas en compte que le coût des têtes et des manchons ou clichés. Il faut ajouter à cela un budget de 100.000€ environ pour la machine et les autres composants. Les investissements s'échelonnent ainsi de 211.000€ (combinaison 2) à 312.000€ (combinaison 4) soit 95.000€ d'écart. L'ensemble des investissements donnés est Hors Taxe. Ces sommes sont considérables et doivent être justifiables. C'est ce que va démontrer la partie qui suit.

Voyons à présent ce qu'il en est de l'impact économique des différentes combinaisons. Cette comparaison est faite par rapport à la situation actuelle.

Pour ce faire, voici les hypothèses principales prises en compte:

a) Combinaison 0 (actuel)

La **combinaison 0** représente la situation actuelle et sert de point de repère pour la comparaison et la quantification des nouvelles solutions.

Actuellement, nous avons un système composé de 2 postes en charge 5 jours sur 7 sur deux machines distinctes (la machine d'impression flexo et la machine d'encollage Nordson). Chaque opérateur coûte chacun 30 euros par heure à Saint-Gobain. Ils se relayent en 2 équipes de 8 heures soit 16 heures de travail par jour. Le coût de la main d'œuvre par an sur ces deux machines s'élève à 254.400€.

Combinaison 0	Cout (€) HT
Nombre de changement de têtes par an	3.000
Minutes pour le changement d'une tête	30
Minutes pour le changement des têtes par an	90.000
Nombre d'heures destinées aux changements de têtes par an avec une main d'œuvre de 30€/heure	1.500
Coût du changement de têtes par an en euro	45.000

Tableau 5 : Coût de la combinaison 0

Coût de la main d'œuvre :

$16 \text{ (heures de travail par jour)} \times 2 \text{ (nombre de postes)} \times 30 \text{ (coût opérateur par heure)} \times 5 \text{ (jours de travail)} \times 53 \text{ (nombre de semaines de travail par an)} = 254.400\text{€}$

D'autre part, 3 000 changements de têtes durant 30 minutes chacun sont effectués par an.

Les coûts de changement de tête par an s'élèvent à 45.000€.

Coût changement de tête :

$3.000 \text{ (changements de tête par an)} \times 0,5 \text{ (heure pour un changement)} \times 30 \text{ (coût opérateur par heure)} = 45.000\text{€}$

b) Combinaison 1

La **combinaison 1** s'appuie sur l'installation d'une machine de type flexo à 2 couleurs, c'est à dire avec deux têtes soit deux groupes imprimeurs. En parallèle, nous gravons 23

manchons au laser (15 manchons destinés à la taille de grain et 7 manchons pour les différentes marques) qui grâce aux 2 têtes vont pouvoir réaliser les 105 combinaisons nécessaires au bon marquage des produits. Nous n'aurions besoin que d'un seul opérateur grâce à cette technologie, les postes sont fusionnés grâce à l'implantation de la machine d'impression dans la même chaîne de production que la machine d'encollage.

Combinaison 1	Cout(€) HT
Nombre de changement de têtes par an	10.000
Minutes pour le changement d'une tête	2
Minutes pour le changement des têtes par an	20.000
Nombre d'heures destinées aux changements de têtes par an avec une main d'œuvre de 30€/heure	333
Coût du changement de têtes par an en euro	10.000

Tableau 6 : Coût de la combinaison 1

Calcul du coût de la main d'œuvre :

$16 \text{ (heures de travail par jour)} \times 1 \text{ (nombre de poste)} \times 30 \text{ (coût opérateur par heure)} \times 5 \text{ (jours de travail)} \times 53 \text{ (nombre de semaines de travail par an)} = 127.200\text{€}$

Calcul du coût de changement de tête :

$10.000 \text{ (changements de tête par an)} \times 0,033 \text{ (heure pour un changement)} \times 30 \text{ (coût opérateur par heure)} = 10.000\text{€}$

Explication des calculs relatifs à la combinaison 1 :

Le nombre de changement de tête passe de 3.000 à 10.000 par rapport à l'état actuel. Ce changement s'explique par l'augmentation de la vitesse voulue. La vitesse triple, passant de 20m/min à 60m/min, ainsi la production sera aussi triplée tout comme le nombre de changement de têtes. De plus, un dédoublement du nombre de tête, passant de 1 à 2 avantagera grandement Saint-Gobain dans son ordonnancement. Cela permettra d'avoir une organisation et une réponse aux commandes des clients beaucoup plus flexible qu'avec la physionomie actuelle. Nous allons donc augmenter de façon générale le nombre de changement de tête.

La configuration sélectionnée utilise la technologie de clipsage rapide avec des fixations à air comprimé. Cette méthode rend les changements des manchons beaucoup plus rapides. En effet, un manchon pourra être changé en seulement 2 minutes.

c) Combinaison 2

La combinaison 2 comporte également 2 têtes en fonctionnement.

Cependant, l'utilisation des 23 clichés (moins chers que les manchons gravés), placés sur 2 manchons non gravés, permettra de coller les clichés sur les manchons en partie en temps masqué. Effectivement, l'opérateur étant responsable à présent de la machine d'encollage également, il aura moins de temps pour préparer les clichés.

Nous supposons que cette solution sera plus efficace que les bandelettes actuellement utilisées. Effectivement, la grande surface de contact du cliché sur le manchon permettra de tourner à grandes vitesses sans décollement. Cela évitera aussi toutes les retouches de scotch dû aux nombreuses vibrations lors de l'impression.

Combinaison 2	Cout(€) HT
Nombre de changement de têtes par an	10.000
Minutes pour le changement d'une tête	9
Minutes pour le changement des têtes par an	90.000
Nombre d'heures destinées aux changements de têtes par an avec une main d'œuvre de 30€/heure	1.500
Coût du changement de têtes par an en euro	45.000

Tableau 7 : Coût de la combinaison 2

Le calcul du coût de la main d'œuvre :

$16 \text{ (heures de travail par jour)} \times 1 \text{ (nombre de poste)} \times 30 \text{ (coût opérateur par heure)} \times 5 \text{ (jours de travail)} \times 53 \text{ (nombre de semaines de travail par an)} = 127.200\text{€}$

Le calcul du coût de changement de tête :

$10.000 \text{ (changements de tête par an)} \times 0,15 \text{ (heure pour un changement)} \times 30 \text{ (coût opérateur par heure)} = 45.000\text{€}$

Explication des calculs relatifs à la combinaison 2:

Tout comme la combinaison 1, nous avons deux têtes qui fonctionnent simultanément. Ainsi, il est nécessaire de réaliser le même nombre de changement d'informations avec les combinaisons avec les 23 clichés. Seul le temps de changement est plus long car les clichés nécessitent un certain temps de préparation. Nous avons estimé le temps nécessaire à 9 minutes avec des préparations partiellement commencées en temps masqués. Ces préparations ne doivent pas négliger le travail de vérification de la qualité d'impression de l'opérateur.

Il est intéressant de constater à ce niveau que cette combinaison est aussi coûteuse que la solution actuelle. En contrepartie, 1 seul ouvrier gère les 2 machines à la fois.

d) Combinaison 3

La situation 3 est intéressante car elle permet de réduire considérablement les coûts d'investissement: 1 seule tête compose la machine d'impression. Parallèlement, 1 manchon va permettre en temps partiellement masqué la fixation des clichés: ces 105 clichés pré-gravés sont collés sur le manchon extra.

Combinaison 3	Cout(€) HT
Nombre de changements de têtes par an	10.000
Minutes pour le changement d'une tête	2
Minutes pour le changement des têtes par an	20.000
Nombre d'heures destinées aux changements de têtes par an avec une main d'œuvre de 30€/heure	333
Coût du changement de têtes par an en euro	10.000

Tableau 8 : Coût de la combinaison 3

Calcul du coût de la main d'œuvre :

$16 \text{ (heures de travail par jour)} \times 1 \text{ (nombre de poste)} \times 30 \text{ (coût opérateur par heure)} \times 5 \text{ (jours de travail)} \times 53 \text{ (nombre de semaines de travail par an)} = 127.200\text{€}$

Calcul du coût de changement de tête :

$10.000 \text{ (changements de tête par an)} \times 0,033 \text{ (heure pour un changement)} \times 30 \text{ (coût opérateur par heure)} = 10.000\text{€}$

Explication des calculs relatifs à la combinaison 3:

Une attention particulière doit être portée lors du rangement des différents clichés: il est judicieux de les classer par paquet de marque. L'opérateur cherche directement dans 1 des 7 paquets parmi 23 clichés (temps estimé à 20 secondes). Si le rangement se fait correctement, la recherche du bon manchon/cliché est aussi rapide que dans le cas où nous avons 23 manchons.

L'avantage par rapport à la combinaison 3 est que lorsqu'il faut changer 2 informations simultanément, nous avons besoin de 2 fois moins de temps avec la Combinaison 3.

e) Combinaison 4

Cette combinaison propose d'investir lourdement : 3 têtes d'impressions sont achetées et disposées sur la machine. 23 manchons en polyuréthane sont également achetés.

Combinaison 4	Coût(€) HT
Nombre de changement de têtes par an	8.000
Minutes pour le changement d'une tête	2
Minutes pour le changement des têtes par an	16.000
Nombre d'heures destinées aux changements de têtes par an avec une main d'œuvre de 30€/heure	267
Coût du changement de têtes par an en euro	8.000

Tableau 9 : Coût de la combinaison 4

Le calcul du coût de la main d'œuvre :

$16 \text{ (heures de travail par jour)} \times 1 \text{ (nombre de poste)} \times 30 \text{ (coût opérateur par heure)} \times 5 \text{ (jours de travail)} \times 53 \text{ (nombre de semaines de travail par an)} = 127.200\text{€}$

Le calcul du coût de changement de tête :

$8\ 000 \text{ (changements de tête par an)} \times 0,033 \text{ (heure pour un changement)} \times 30 \text{ (coût opérateur par heure)} = 8.000\text{€}$

Explication des calculs relatifs à la combinaison 4:

Nous avons la même configuration que la C1, mais avec 1 tête en plus. Nous pouvons avoir un marquage et deux types de grains prêts à être utilisés. Nous pouvons commencer avec la marque X et le grain Y et sans arrêter la production enchaîné avec la marque X et le grain Z. Ainsi, nous diminuons le nombre d'arrêts pour le changement de têtes nécessaires. Le nombre d'arrêt passe ainsi de 10 000 à 8 000 grâce à l'implantation d'un troisième groupe imprimeur. L'implantation de celui-ci renforcera le coté usine à gaz de la machine. Cela nécessitera un suivi plus personnalisé ainsi qu'une maintenance préventive plus soutenue.

f) Récapitulatif des combinaisons

Comme précisé auparavant, les solutions doivent être étudiées sur le long terme. Il arrive que les coûts de fonctionnement soient plus élevés que les coûts d'investissement.

Dans les 4 cas de combinaisons cités, nous réalisons un gain de coût de main d'œuvre de 127 200€ par an. Ceci s'explique par le choix de placement de la machine d'impression en amont de la machine d'encollage. Ce choix engendre le gain d'un poste de travail. Ce paramètre ne sera donc pas le critère de décision. Il s'agit juste du gain grâce au nouvel emplacement de la machine d'impression.

A présent, il faut considérer le gain que va représenter chacune des solutions citées. Pour se faire, le gain sera calculé de la manière suivante:

Gain = Coût du fonctionnement actuel (opérateur et temps de changement) - Coût de la nouvelle combinaison (opérateur et temps de changement)

Le coût actuel est de **254.400€** pour les opérateurs et **45.000€** pour les changements de manchons.

Combinaisons	Investissement total : coût manchons + têtes + 100.000€	Gain sur 1 an*
C0	0	0
C1	235.000€ (135.000+100.000)	162.200€ (254.400 - 127.200 + 45.000 - 10.000)
C2	211.000€ (111.000+100.000)	127.200€ (254.400 - 127.200 + 45.000 - 45.000)
C3	312.000€ (112.000+100.000)	162.200€ (254.400 - 127.200 + 45.000 - 10.000)
C4	285.000€ (185.000+100.000)	164.200€ (254.400 - 127.200 + 45.000 - 8.000)

* gain de main d'œuvre et gain dû à la diminution des temps de changement de manchons

Tableau 10 : Chiffres clés de l'étude

g) Analyse des résultats

Afin de prendre la bonne décision, il est rappelé que la durée de vie de la machine est estimée à 10 ans. C'est donc en tenant compte des pertes et gains sur toute cette période que nous pourrions avoir un avis sur la cohérence économique de la solution choisie.

Voici les gains que chaque solution apporte sur une durée de fonctionnement de 10 ans. Les pertes du à l'investissement sont enlevées, ce qui donne la formule suivante :

$$\text{Gain Combinaison} = 10 \times \text{Gain sur 1 an} - \text{Investissement machine}$$

Le tableau suivant regroupe les résultats ordonnancés par ordre décroissant:

Combinaison	Gain sur 10 ans
C1	1.387.000 €
C4	1.357.000 €
C3	1.310.000 €
C2	1.061.000 €

Tableau 11: Evaluation des gains des combinaisons

Ainsi, nous constatons que le simple choix d'une solution à manchons où à clichés provoque des variations de coûts de fonctionnement de 326 000€ sur une période de fonctionnement de 10 ans soit 32 600€ par an. A ces gains doivent être déduits plusieurs sur coûts possibles dû à des aléas du fonctionnement dans le temps tel que par exemple : le remplacement de quelques pièces dû à l'usure, arrêts d'urgence, erreurs de production causée par les opérateurs en charge de cette machine. L'erreur humaine représente environ 3% du cout de productivité. Il faut aussi déduire les coûts liés à la maintenance. Les gains du tableau ci-dessus sont bruts, ils ne prennent pas en compte ces aléas.

→ Notre deuxième recommandation est d'installer 2 têtes et d'investir dans 23 manchons gravés au laser en polyuréthane de largeur 1 500 mm et de diamètre 320 mm.

Remarques :

Des gains non chiffrables vont être également issus de la modification à savoir: augmentation nombre de produits, satisfaction client car produits plus rapidement fournis, production plus flexible, production plus adaptable. Ils ne sont pas inclus dans le tableau suivant mais représentent des gains indirects certains.

4) Choix de l'encre et du séchage

Ayant opté pour une technologie flexo avec l'utilisation de manchons gravé laser en polyuréthane, 3 solutions couramment utilisées sont possibles :

- encres à base d'eau
- encres à solvant
- encres UV

Le type de séchage ne sera pas un critère de décision dans ce cas. Cependant, le choix du type d'encre définira le type de séchage.

a) Adaptabilité des solutions

Comme étudié en détails dans la veille technologique, les critères d'évaluation de la qualité de la solution sont nombreux.

Encore une fois, c'est la flexibilité qui devient le critère de décision principal. La solution devant être adaptable à plusieurs types de substrats (non-tissé, mousse), l'encre elle-même doit avoir des propriétés qui lui permettent de s'adapter au besoin.

L'encre à eau se caractérise par sa facilité d'utilisation. En fonction de la vitesse d'impression, la viscosité peut être rapidement modifiée en ajoutant de l'eau (l'encre deviendra plus liquide) où en ajoutant des pigments (l'encre deviendra plus visqueuse).

Cet avantage n'est pas retrouvé avec **la technologie UV** qui doit fonctionner à des viscosités spécifiques et nécessite des températures de séchages bien précises.

De plus, le risque important de brûlures des bouclettes du non-tissé représente une menace importante. Introduire une nouvelle technologie au sein d'une entreprise peut s'avérer source de problèmes.

C'est pour ces raisons que nous ne recommandons pas la solution d'encre UV.

b) Etude environnemental et sanitaire

Des mesures de développement durable sont aujourd'hui mises en place dans l'entreprise qui visent à diminuer l'impact de l'activité autant d'un point de vue écologique que sanitaire. Pour ce faire l'empreinte écologique devra être établie sur une durée de 10 ans en prenant en compte tous les éléments nécessaires dans l'analyse du cycle de vie. Le recyclage en est un exemple.

Les principaux paramètres intervenant dans l'ACV (analyse cycle de vie) sont les suivants :

- énergie grise (utilisée lors de la fabrication et du transport du produit)
- empreinte carbone
- destruction ozone
- potentiel d'acidification
- Évaporation de l'eau
- risque toxicité

Une étude regroupe ces différents paramètres et les applique aux 3 solutions:

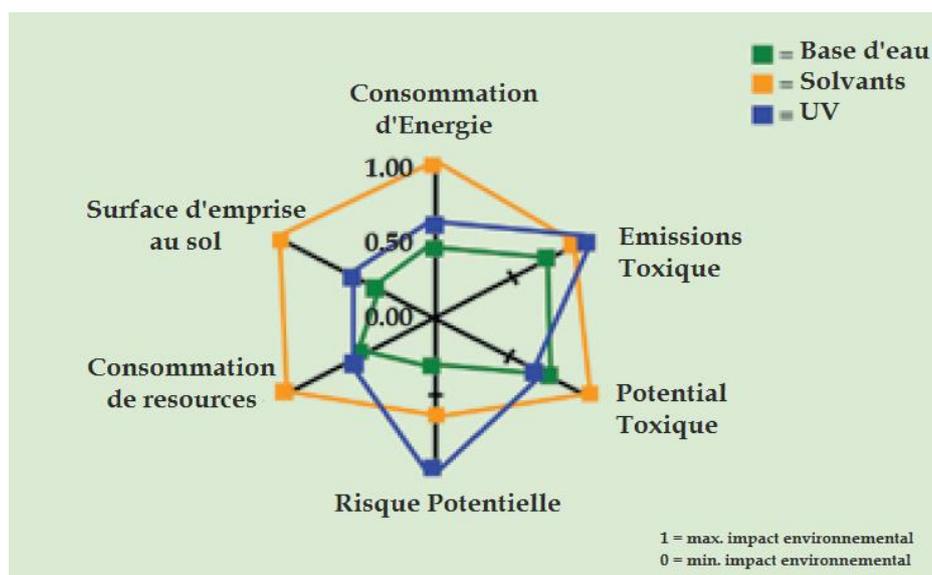


Figure 37 : Diagramme des risques associés avec les encres

Ce diagramme nous montre que les encres à solvant présentent un fort impact pour notre environnement ainsi que pour la santé de l'homme. En contrepartie, les encres à base d'eau se démarquent par leur très faible impact.

De manière plus précise, il a été regroupé dans le tableau les différents paramètres. Ce tableau en vient en même conclusion que le diagramme de la figure 37.

Encre	à eau	à solvants	UV	Facteurs déterminants
Coût	1	2	3	Varié
Consommation d'énergie primaire	1	3	2	Production encre
Réchauffement climatique	1	3	2	Emissions CO ₂ ; COV*
Destruction couche ozone	1	1	2	Production encre → COV
Potentiel d'acidification	1	2	3	Emissions NO ₂ et SO ₂
Création de fumée	1	3	2	COV durant fabrication d'encre
Rejet de l'eau	3	1	2	Fabrication de l'encre
Création de déchets solides	1	3	2	Pertes d'encre
Consommation de matière première NR	1	3	2	Energie non renouvelable utilisée a fabrication
Potentiel toxique	1	3	2	Solvants
Risque potentiel	1	2	3	Séchage
Total	13	26	25	

*COV : composé organique volatile

Tableau 12 : Evaluation économique-environnemental des encres

Ce tableau regroupe l'ensemble des paramètres déterminants pour le choix d'une encre. Nous avons classé les encres de 1 à 3 pour chaque paramètre. Nous sommes arrivés à la conclusion du choix préférentiel pour la solution encre à base d'eau qui impacte le moins l'environnement.

→ Ainsi, cette comparaison nous permet de faire notre 3ème recommandation, soit de choisir des encres à base d'eau.

c) Etude des coûts

Les principaux coûts à prendre en compte lors de l'analyse du cycle de vie sont les suivants:

- investissement de base : pour chaque solution donnée, un coût d'investissement différent est à prendre en compte.
- la main d'œuvre : elle peut être plus ou moins qualifiée avec des formations à prévoir éventuellement.
- pertes : l'encre peut s'évaporer, se perdre en fonction des composants.
- l'énergie : des machines de séchages spécifiques UV consomment plus d'énergie qu'un séchage à air chaud par exemple.
- coût du stockage de déchets : les produits chimiques ne peuvent pas être jetés avec des produits inoffensifs. Il faut prévoir des espaces de stockage adaptés.

Afin de comprendre l'impact sur le coût des différents éléments composant le cycle de vie des encres, nous reprenons les résultats qui ont été établis lors d'une étude américaine.

L'unité de comparaison est le dollar par CB. Le dollar par CB est une unité fonctionnelle qui a été basée sur le coût l'analyse du cycle de vie d'un mètre carré de substrat avec une quantité d'encre couvrant 20 pourcent de la surface.

Coûts des éléments	Unités	Eau	Solvant	UV
Matériaux	dollar/CB	23	42	64
Energie		0.7	0.6	1.3
Main d'œuvre		4.3	2.6	2.9
Pertes		0.5	0.7	0.4
TOTAL		28.5	45.9	68.6

Tableau 13 : Synthèse des résultats des études des encres

De manière générale, les encres UV sont 3 fois plus chères que les encres à eau.
Les encres à solvant sont 2 fois plus chères que les encres à eau.

En ce qui concerne le coût des encres au cours de leur vie, c'est à dire sur le long terme, on constate à nouveau que les encres à base d'eau sont les moins coûteuses.

→ Finalement, de par leur faible impact environnemental et écologique, de par leur faible risque pour la santé de l'homme et par leur coût de revient plus faible à qualité égale, les encres à base d'eau sont à recommander pour notre système d'impression.

En ce qui concerne le séchage, son choix s'effectue en conséquence du choix de l'encre. Avec l'utilisation d'une encre à base d'eau, seul le séchage par absorption et par polymérisation sont compatibles.

→ Cependant, avec une vitesse de production de 60m/min, nous n'avons pas de réel besoin de machine de séchage bien spécifique.

Synthèse cahier des charges

a) Les objectifs à atteindre par le cahier des charges

La rédaction du cahier des charges est l'objectif principal de notre projet : ce livrable représente le document principal à fournir et est considéré comme le fruit de cette étude de 3 mois.

Habituellement, le cahier des charges est réalisé par l'entreprise elle-même afin de garantir que le projet reflète véritablement la société ainsi que ses valeurs, sa culture. Parfois, il est réalisé directement par l'agence choisie. Pour ce projet, Saint-Gobain nous a demandé de le rédiger.

Le but du cahier des charges est d'analyser les objectifs de l'entreprise pour adapter des solutions à leurs besoins. Dans notre cas, dans une démarche d'amélioration continue et pour maintenir sa compétitivité, l'entreprise vise à améliorer sa productivité.

Le cahier des charges doit également permettre de choisir un prestataire et d'organiser sa relation avec lui. Les engagements se font sur de longues durées et donc sur des budgets importants. Il faut s'assurer que le fournisseur pourra répondre aux exigences de Saint-Gobain. Il permettra de définir les rôles de chacune des parties prenantes pendant la mise en place du projet. Une attention particulière lui sera portée en cas de contentieux avec le prestataire.

Afin de bien cerner les attentes de l'entreprise et de situer notre projet dans le contexte passé, présent et futur de la société, nous avons procédé à l'écriture de cahier des charges selon un plan spécifique. Cette démarche est expliquée dans la partie suivante.

Le cahier des charges réalisé se trouve en annexe.

b) Explication des différents chapitres

L'organisation de notre cahier des charges va se faire des éléments les plus généraux aux plus précis. C'est la méthodologie qui nous permet d'aboutir aux solutions proposées le plus clairement possible.

1) Contexte du projet

Comme précisé dans la partie précédente, il est très important pour le fournisseur de comprendre les paramètres ainsi la situation globale dans laquelle se trouve les

processus de Saint-Gobain. Une attention particulière est portée quant à la rédaction de cette partie. Les termes utilisés doivent être exacts et précis.

2) Description de la situation actuelle

Le contexte de notre projet étant clarifié, un état des lieux de la situation actuelle est à faire. Cette évaluation de la situation actuelle va permettre de se rendre compte des défauts et des possibilités d'évolution du système. Des informations techniques sont données. Une description de la logistique interne (déplacements nécessaires, flux de produits et de personnes) est faite.

Nous retrouvons ces informations dans la partie suivante.

3) Description fonctionnelle

La situation de ce projet étant définie, le besoin est exprimé à travers la description fonctionnelle du produit. Chaque fonction va être recensée, caractérisée, ordonnée, hiérarchisée et valorisée. Nous recensons les fonctions principales, les fonctions secondaires et les fonctions contraintes grâce à de nombreux outils ainsi qu'à une méthodologie qualité afin d'effectuer un dimensionnement correct des caractéristiques du produit.

Pour se faire, les utilisés sont « la bête à corne », le diagramme de la pieuvre ainsi qu'un fast.

4) Objectif de performance

Les résultats établis lors de la description fonctionnelle vont permettre de cibler les principaux objectifs de performance. Chaque paramètre va être quantifié qualitativement par une description concise et précise. Elle permettra au fournisseur de comprendre les enjeux ciblés de nos objectifs.

5) Documentation technique

Cette partie vient compléter la partie précédente. Les informations qualitatives sont transcrites en données quantitatives, plus précises.

6) Maintenance

La solution apportée doit s'avérer fiable et durable dans le temps. Elle représente un investissement important et son fonctionnement doit se projeter sur une durée supérieure à 10 ans.

C'est la raison pour laquelle une garantie de qualité doit être faite. Le fournisseur est garant du bon fonctionnement de la machine sur le site et doit s'engager à intervenir dans les 24 heures en cas de problème.

La maintenance préventive doit être envisagée par la formation d'opérateurs par le fournisseur chez Saint-Gobain. Dans un second temps, la maintenance curative doit se faire par les membres du SAV du fournisseur.

Les conditions de maintenance et de réalisation sont à étudier afin de certifier qu'en plus de pouvoir répondre à la demande technique, le fournisseur est capable d'y répondre selon des conditions fixées par l'entreprise et qui font partie intégrante de l'accord. Les différentes contraintes et conditions du contrat sont stipulées dans les parties suivantes.

- **7. Conditions de paiement**
- **8. Contrôle**
- **9. Conditions de livraison**
- **10. Conditions de réception**
- **11. Conditions l'acceptation des offres**

Ainsi, la version du cahier des charges fournie en annexe représente la première version. Lorsque les premiers fournisseurs potentiels seront ciblés, il sera modifié afin de se faire plus précis, que ce soit du point de vue technique où organisationnel et ce, dans le but de choisir le fournisseur le plus enclin à répondre à notre demande.

Il faudra s'assurer de la validité et de la cohérence de la nouvelle version de ce cahier après son éventuelle modification et réponse par les fournisseurs.

Les fournisseurs et contacts

Salon Munich

Pendant l'étude des différentes technologies, l'équipe a participé au salon, ICE Europe 2015 de Munich en Allemagne. Ce salon a été une source d'information technique pour mieux comprendre les choix des technologies disponibles et il nous a permis d'établir les critères afin d'évaluer la performance des imprimantes. ICE Europe est un salon qui inclut les entreprises du monde entier et il sert principalement aux clients qui cherchent les machines de conversion, rembobinage, coupage, et impression. Après la multitude de rencontres et les discussions avec les experts de l'industrie, il s'est avéré que la flexographie est la solution la plus approprié au besoin. Nous avons eu également l'occasion de trouver des nouvelles idées, telles que les manchons découpés emboîtables, les manchons anti-plis et l'hermétisme des systèmes.

Des 400 fournisseurs qui étaient présents au salon, un tri et un choix de vingt nous semblent d'être les plus pertinents et utiles. A la fin, nous avons considéré quatre des vingt fournisseurs qui ont donné des informations sur les produits et les conseils pour notre système. Ci-dessous, une description et les détails spécifiques sur leurs machines d'impression.

Fournisseurs sélectionnés

Dörmer Technik



Figure 38 : Logo du groupe Dörmer Technik

Installé au Sud de l'Allemagne, Dörmer Technik est un fournisseur d'imprimante qui se concentre sur les technologies flexo et le séchage UV. Ils sont prisés pour leur adaptabilité et la capacité d'intégrer leurs machines dans une chaîne de production. Ils ont quelques spécifications technique et options qui incluent les vitesses d'impression

de 0 à 800 mètres/minute, des clichés adhésifs ou manchons d'impression (en caoutchouc ou en polymère), et les systèmes de sécurité, par exemple, « Quick Stop ». En plus, les machines de Dörmer Technik sont capables de s'adapter aux encres UV, de solvants, et d'eau. Ils ont décrit une machine très simple, qui coûte environ 40.000 euro, avec les changements manuels de la vitesse.

Ils ont une bonne expérience avec l'imprimerie concernant notre matériel (tissu non tissé) et aussi les abrasifs en général. Ils se spécialisent dans des machines simples. Cependant, ils sont capables de fabriquer les machines de 200 mm à 2000 mm de laize et les longueurs de 200 et 1000 mm.

HSM Technology



HSM | technology

Figure 39 : Logo de l'entreprise HSM Technology

HSM Technology est un fournisseur de machines industrielles destinées à une variété d'applications. Depuis trente-trois ans il fabrique principalement des machines pour le: coupage, gaufrage, sciage, encollage et impression. Leurs machines d'impression incluent les imprimantes numériques, flexographiques et celles du papier aluminium. Une caractéristique spécifique à leurs imprimantes flexographiques est l'hermétisme. Cela empêche l'introduction de poussières et d'autres objets étrangers. La machine porte des manchons uniquement métalliques, mais on a la possibilité d'intégrer des autres types de manchons. En moyenne, le changement des rouleaux prend une minute.

EKS Flexoprint



Figure 40 : Logo de la société EKS Flexoprint

Entreprise allemande de soixante-dix ans, EKS Flexoprint est une spécialiste dans l'industrie d'emballage et marketing. Depuis dix ans ils fournissent des machines d'impression flexographique pour une variété de matières non-tissés, à base de papier et d'emballage.

La machine d'impression recommandée est destinée à être ajoutée directement dans une chaîne de production. Elle porte un rouleau « anilox » céramique et les cylindres se déplacent pour assurer un bon contact entre le rouleau d'impression et le substrat. Cette machine utilise un système de manchons gravés ou vierges et des clichés, adaptables facilement à la laize du système actuel. L'encre est contenue dans une chambre équipée de racles. Toutes les commandes de la machine sont électroniques. La machine inclut le système séchage.

La maintenance quotidienne inclut le remplacement de racles chaque cinquante à soixante heures. Le temps de changement d'un manchon est de deux minutes. Le rouleau anilox exige un nettoyant spécifique et cette machine porte une pompe à vide pour nettoyer l'encre et éviter le séchage ou l'obstruction des tubes de la machine. En moyenne, le nettoyage de la chambre d'encre et l'anilox prend quinze à vingt minutes. Le coût général est le suivant:

Dépense	Coût HT (€)
Chambre échange	4.000 – 5.000
Machine	110.000 – 120.000
Cliché	500 – 600
Manchon	2.500 – 3.000
Racles	150 – 200

Tableau 14 : Coût des composants d'EKS

MONDON



Figure 41 : Logo du groupe MONDON

L'entreprise MONDON a été fondée en 1983 et elle est connue pour ses machines de l'industrie de la conversion. Elle s'est établie mondialement comme un fournisseur des machines de bobinage, rembobinage, soudage, perforation et impression flexographique.

Les machines flexographique de MONDON sont équipées d'un système de manchons polyuréthane et clichés couplé avec une chambre à racles. Pour imprimer directement sur le substrat actuel de Saint-Gobain, il faut ajouter un régulateur de tension. Le lavage de ce système prend quinze à trente minutes avec le nettoyant à base d'eau.

Les coûts associés à une machine flexographique de MONDON sont:

Dépense	Coût HT (€)
Machine	125.000
Tête	50.000
Régulateur	40.000

Tableau 15 : Coût des composants de MONDON

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques de chaque entreprise, et ses produits, en relation avec les besoins de Saint-Gobain.

	Dörmer Technik	HSM Technology	EKS Flexoprint	MONDON
Changement rapide (têtes, manchons)	+	+	+	-
Livraison en France	+	+	+	+
Vitesse d'impression	+	+	+	+
Support budget	+	-	+	+
Laize supportée	+	+	+	+
Adaptabilité	-	?	+	+
> 30 ans expérience	-	-	+	+
Facilité l'installation	?	?	+	?
Envie/enthousiasme	+	-	+	+

Tableau 16 : Evaluation des entreprises

Conclusion

La mission confiée par Saint-Gobain à notre groupe de projet s'est avérée très enrichissante. Effectivement, de nombreuses compétences ont été requises et développées.

Ayant pour but de réaliser un cahier des charges, les compétences techniques nécessaires pour réaliser à bien ce livrable nous ont permis de nous familiariser avec les différentes technologies d'impressions. De nombreuses questions techniques et logistiques ont été soulevées. L'étude étant faite dans le respect du budget, de nombreuses études de faisabilité ont impacté nos critères de préconisation. Grâce aux outils de management de projet, nous avons pu établir un panel de solutions les plus adaptées à notre besoin. Les politiques de développement durables ont été étudiées grâce à l'analyse du cycle de vie des produits.

La plupart d'entre nous ont découvert le monde de l'entreprise en visitant l'usine de Conflans. De par nos nombreuses visites et contacts dans l'entreprise, nous avons pu travailler pour la première fois sur un projet réel et actuel. D'autre part, plusieurs réunions ont été faites avec des professionnels de l'impression. De par nos démarches quotidiennes de prise de contact, d'organisation de réunions et de communication au sein du groupe de projet pluriculturel et pluridisciplinaire, chacun des membres de l'équipe a pu partager ses compétences et a beaucoup appris. Les difficultés rencontrées durant le projet nous ont permis de nous rendre compte de la difficulté du monde de l'entreprise.

Finalement, le travail qui nous a été demandé a su être réalisé dans le peu de temps qui nous été imparti. Cependant, l'étude réalisée doit être approfondie avec des tests plus précis afin de garantir la bonne intégration du nouveau système dans l'environnement existant. Suite à ces études plus approfondies, nous serons dans la capacité de confirmer la sélection du fournisseur et à mettre en place la machine au sein de l'entreprise. C'est la mission que le groupe aura lors du stage prévu au sein de l'entreprise à la suite de cette étude.

Bibliographie

Articles :

Piette, B. Chaîne graphique du packaging - Activité d'impression, **2011**, AG 6701 : 1 – 12

Sites Internet :

Comment Ça Marche

<<http://www.commentcamarche.net/contents/748-imprimante>> (consulté le 14.02.2015)

Digital Print Preservation Portal

<<http://www.dp3project.org/technologies/digital-printing/inkjet>> (consulté le 17.02.2015)

Norton

<<http://www.legrandcub.fr/fichiers/ABRASIF/INFORMATIONS%20TECHNIQUES/ABRASIFS%20APPLIQUES.pdf>> (consulté le 20.02.2015)

Brancher

<<http://www.brancher.com/-Fabrication-des-encres-.html?lang=en>> (consulté le 26.02.2015)

Print Industry

<<http://www.printindustry.com/Newsletters/Newsletter-135.aspx>> (consulté le 03.03.2015)

HSM Technology

<<http://www.hsm-maschinen.com/>> (consulté le 04.03.2015)

Dörmer Technik

<<http://doermer.net/>> (consulté le 04.03.2015)

EKS Technology

<<http://www.eksflexoprint.com/en/>> (consulté le 04.03.2015)

MONDON

<<http://www.mondon.com/?lang=en>> (consulté le 04.03.2015)

Printers' National Environmental Assistance Center

<<http://www.pneac.org/printprocesses/>> (consulté le 04.03.2015)

International Agency for Research on Cancer

<<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol65/mono65-5.pdf>> (consulté le 20.03.2015)

European Printing Ink Association

<http://www.eupia.org/uploads/tx_edm/2013-03-05_EuPIA_Environmental_Impact_of_Printing_Inks.pdf> (consulté le 24.03.2015)

BASF

<<http://www2.basf.us/naftaresins/documents/Eco-Efficiency-Analysis-Paper.pdf>> (consulté le 10.04.2015)

Google Maps

<<https://www.google.fr/maps/@50.6295,3.0380219,14z?hl=en>> (consulté le 14.04.2015)

Saint-Gobain Abrasives

<<http://www.nortonabrasives.com/>> (consulté le 14.04.2015)

Saint-Gobain

<<https://www.saint-gobain.com/en/group>> (consulté le 14.04.2015)

Sia Abrasives

<www.sia-abrasives.com> (consulté le 14.04.2015)

3M

<www.3m.com> (consulté le 14.04.2015)

Annexes

Annexe 1 : Planning prévisionnel

Annexe 2 : Note de clarification

Annexe 3 : Cahier des charges

Annexe 4 : AMDEC

Annexe 5 : IQP

Annexe 6 : Liste des contacts

Note de clarification Saint-Gobain

Projet EWP Saint-Gobain

Définition du cahier des charges fonctionnels d'une machine d'imprimerie - Veille technologique sur les solutions techniques d'impression

1) Introduction

Leader mondial sur le marché de l'habitat, Saint-Gobain est un pionnier dans le domaine des matériaux innovants, des produits de la construction, de la distribution et de l'emballage. Saint-Gobain a été fondé en 1665 en France comme un fabricant de verre destiné aux miroirs. Avec l'évolution des chaînes de production et l'émergence de l'industrialisation, ils ont commencé leur fabrication en utilisant des matériaux révolutionnaires. Depuis des années ils imaginent et produisent de nouvelles solutions répondant aux défis du monde. Cette entreprise a créé un monde de matériaux à haute performance et de produits quotidiens en maintenant l'accent sur la durabilité, l'efficacité énergétique et la protection de l'environnement.

2) Description du projet

a) Date de début du projet

4 Février 2015

b) Date de fin du projet

17 Avril 2015

c) Acteurs du projet

Stéphane Gonzalez

Jean-Yves Crauser

Christian Tillet

d) Réalisateur du projet

Nidhi Diwakar, WPI

Jérôme Bucquet, MOIL

Connor Flanagan, WPI

Adrien Iliopoulos, BAA

3) Besoin client : intérêt du projet

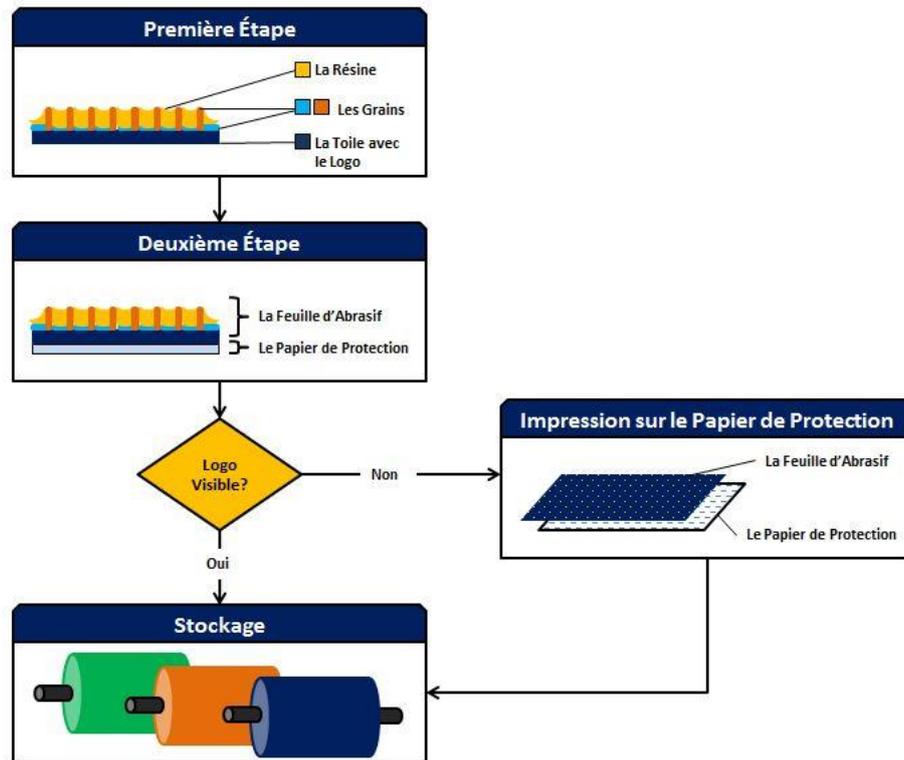
Parmi ses nombreuses filiales, Saint-Gobain abrasives est responsable de la fabrication de produits destinés au marché de l'abrasif.

L'usine de fabrication de Conflans Sainte Honorine en est une spécialiste.

Elle est composée d'un stock de matières premières et de produits finis ainsi que d'une chaîne de production dotée principalement d'imprimantes qui ont pour la plupart un rendement élevé.

Cependant, l'une d'entre elle ralentit la production : c'est sur cette dernière que l'entreprise Saint-Gobain nous offre la possibilité de travailler avec la volonté de l'optimiser.

Cette machine intervient dans le processus de conversion. Lorsque la première impression des logos sur le papier abrasif n'est plus visible à la fin de la fabrication, l'imprimante que nous devons étudier se charge de réimprimer les logos, taille du grain et date sur le papier de protection. Nous avons résumé les détails de ces étapes de production dans le schéma ci-dessous.



Le but de notre projet est d'optimiser l'impression sur la couche de protection.

Il y a 6 ans cette machine d'impression était utilisée 2 fois par mois, maintenant, elle est utilisée 2 fois par jour, d'où l'utilité d'intervenir sur cette machine.

A cause de sa faible productivité, cette machine ralentit la production globale, elle correspond à un gouleau d'étranglement.

3) Contraintes

a) Coût

Le budget d'investissement est de 200 000 euros. Cependant, seul le coût de la machine est à prendre en considération dans la décision.

La technologie présente est l'impression flexo mais nous pouvons avoir recours à d'autres technologies: laser /jet d'encre... Ces technologies seront abordées durant notre veille technologique.

Le coût de la maintenance doit être pris en compte (maintenance préventive, curative) ainsi que les équivalents temps plein en charge sur ces postes.

Le coût de l'encre doit être modéré.

b) Emplacement

Aucune contrainte de place, ni de taille n'a été donnée par l'entreprise.

c) Qualité d'impression

Les logos, marques et taille du grain doivent être lisibles nettement sur le produit.

d) Production

La vitesse d'impression doit respecter les besoins et les attentes de Saint-Gobain.

Sachant que la machine 2 (en amont) a une cadence de 60m/min, il serait intéressant de réussir à avoir la même cadence en aval.

La vitesse de changement de têtes, de bobines ne doit pas être prépondérante.

e) Encre

Dans les chartres de Saint-Gobain, il est mentionné qu'aucun solvant ne doit être utilisé. Il faut favoriser utilisation de l'eau.

Il faut aussi veiller à respecter les couleurs et la pigmentation nécessaire et voulu par Saint-Gobain.

f) Nettoyage

Le nettoyage doit pouvoir s'effectuer sans solvant, toujours dans le respect de la chartre de Saint-Gobain.

4) Objectifs

Voici nos objectifs à atteindre sur ce projet :

- Veille technologique sur les solutions que propose le marché actuel de l'imprimerie : état des lieux des technologies (étude qualitative et quantitative) existantes.
- Etude de faisabilité fonctionnelle (réponse au besoin).
- Etude du coût.
- Etude des investissements sur le long terme (maintenances préventives et curatives, personnel en charge...).
- Etude de l'existant chez Saint-Gobain (solutions proposées par le groupe sur les autres sites).
- Etude des risques introduits suite aux nouveaux équipements mis en place.

5) Risques

Non-respect du cahier des charges

Non-respect du temps

Disponibilité des données

Non connaissance de la zone étudiée.

Cahier des charges

Optimisation du processus d'impression



Site: Usine à Conflans
Rue de l'Ambassadeur
78700 Conflans Sainte Honorine

Révision: 1

15/04/2015

Sommaire

- 1 Contexte du projet
- 2 Description de la situation actuelle
- 3 Description fonctionnelle
- 4 Objectif de performance
- 5 Documentation technique
- 6 Maintenance
- 7 Conditions de paiement
- 8 Contrôle
- 9 Conditions de livraison
- 10 Conditions de réception
- 11 Conditions d'acceptation des offres
- 12 Annexes

1. Contexte du projet

A) Présentation Saint-Gobain Abrasifs

Saint-Gobain a été fondé en 1665 en France comme un fabricant de verre destiné aux miroirs. Avec l'évolution des chaînes de production et l'émergence de l'industrialisation, ils ont commencé leur fabrication en utilisant des matériaux révolutionnaires. Depuis des années ils imaginent et produisent de nouvelles solutions répondant aux défis du monde. Cette entreprise a créé un monde de matériaux de haute performance et de produits du quotidien en maintenant l'accent sur la durabilité, l'efficacité énergétique et la protection de l'environnement

L'objectif est de proposer un portefeuille de marques parfaitement reconnaissables, chacun ayant son identité propre, afin de couvrir l'ensemble des besoins des clients. Ceci inclus Norton (première marque mondiale d'abrasifs), Flexovit & Winter, 3 marques très bien implantées qui sont réputées innovantes, de qualité & performante.

Une de leur préoccupation majeure est d'être responsable envers leurs clients, en particulier dans le domaine de la sécurité et du confort d'utilisation, constitue une préoccupation majeure. Les produits sont conçus et fabriqués selon les normes de qualité les plus rigoureuses afin de garantir au personnel une sécurité et un confort d'utilisation optimaux. Les produits Norton répondent à toutes les normes européennes en matière d'hygiène, de sécurité et de respect de l'environnement.

Pour conforter la position de leader sur le marché de Saint-Gobain Abrasifs et renforcer les solutions de produits innovants de haute technologie, Saint-Gobain Abrasifs exploite plusieurs systèmes ERP et de gestion de la qualité. Ces outils assurent une amélioration continue des performances à tous les stades de la chaîne logistique grâce au contrôle efficace et rigoureux de l'ensemble des processus logistiques et de la mise en place, ensuite, de nouvelles technologies et procédures concernant les meilleures pratiques. Saint-Gobain Abrasifs, leader mondial des abrasifs, est le seul fabricant mondial d'abrasifs à être présent dans la fabrication et la production des 3 principaux types d'abrasifs : Abrasifs agglomérés (résonoïdes et vitrifiés), abrasifs appliqués et produits diamant. Fortement implanté sur tous les continents, la division Abrasifs fournit ses clients par l'intermédiaire d'unités structurées réparties dans 26 pays et emploie près de 16 000 personnes.

L'usine de fabrication de Conflans Sainte Honorine en est une spécialiste. Elle est composée d'un stock de matières premières et de produits finis ainsi que d'une chaîne de production dotée de plusieurs machines.

B) Description du projet

Sur le site de Saint-Gobain Abrasives de Conflans, plusieurs opérations sont effectuées. Cependant, notre projet ne traitera que de l'impression sur l'emballage de protection.

Il est important de comprendre que le projet réalisé n'est pas un projet abouti, mais qu'il représente la base d'un projet qui pourra être affiné et réalisé si validé par la suite. Ainsi, la rédaction du cahier des charges est une étape dans le processus suivant:

- nomination d'un groupe de projet
- exploration des possibilités techniques et de l'état de l'art en la matière
- obtention d'un consensus sur le projet au sein de l'entreprise
- **rédaction du cahier de charges et de la méthodologie d'évaluation des offres**
- émission du cahier des charges et la présentation formelle de celui-ci aux soumissionnaires potentiels
- analyse des offres
- négociation et signature du contrat de mise en œuvre
- mise en œuvre, suivi et évaluation des résultats du projet

Un budget a été alloué sur ce projet. Il sera à la charge du fournisseur de proposer un devis le plus abordable possible. Ce devis devra comporter l'ensemble des investissements à faire ainsi que tous les coûts relatifs à la maintenance préventive via des formations et à la maintenance curative.

C) Objectifs du projet

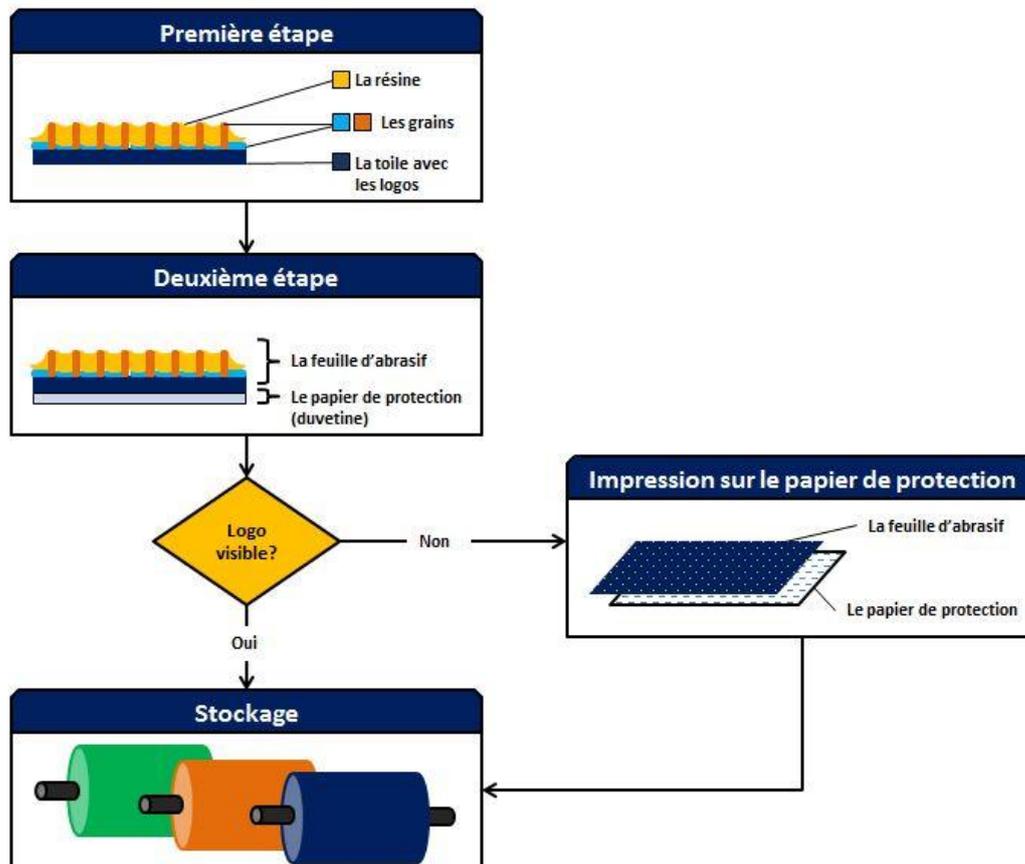
L'objectif de ce projet est d'optimiser l'impression sur la couche de protection qui est encollée sur l'abrasif. Il y a 6 ans, cette machine d'impression était utilisée 2 fois par mois. Aujourd'hui, elle est utilisée 2 fois par jour, d'où l'utilité d'agir sur cette machine. L'entreprise ralentit sa production à cause de la lenteur d'impression de cette machine. A cause de sa faible productivité, cette machine ralentit la production globale, elle est le gouleau d'étranglement de l'usine Saint-Gobain.

Par conséquent, dans un souci d'amélioration continue, il faut trouver des solutions pour remplacer cette machine d'impression et améliorer l'efficacité de la chaîne de production. Aucune contrainte de place et d'organisation n'existe. Seul des contraintes techniques et environnementales sont à prendre en compte. L'ensemble de ces contraintes à suivre pour le fournisseur sera développé par la suite.

Pour conclure, l'étude consistera à trouver une solution qui est adaptable au système actuel et sera également adaptable à d'éventuelles modifications de la chaîne existante. L'entreprise Saint-Gobain, étant un acteur leader sur le marché, se doit d'être innovatrice dans l'ensemble de ces chaînes de production. Des modifications, des améliorations constantes seront à prévoir dans un futur proche. Le système mis en place devra par avance répondre d'une certaine flexibilité d'adaptation.

2. Description de la situation actuelle

1-Processus actuel



Le schéma fonctionnel ci-dessus décrit l'organisation générale de la chaîne de fabrication de l'usine d'abrasifs Saint-Gobain. L'ensemble de ces activités sont regroupées dans trois chaînes de production différentes. Celles-ci sont détaillées ci-dessous.

Étape a - Fabrication du papier abrasif

Une partie du site de production traite la toile, la passe dans une première machine d'impression (logo, date, code produit), puis place de la colle. Ensuite les grains sont collés, un champ magnétique leur est appliqué puis le papier est chauffé pour durcir la colle et la bobine est enroulée.

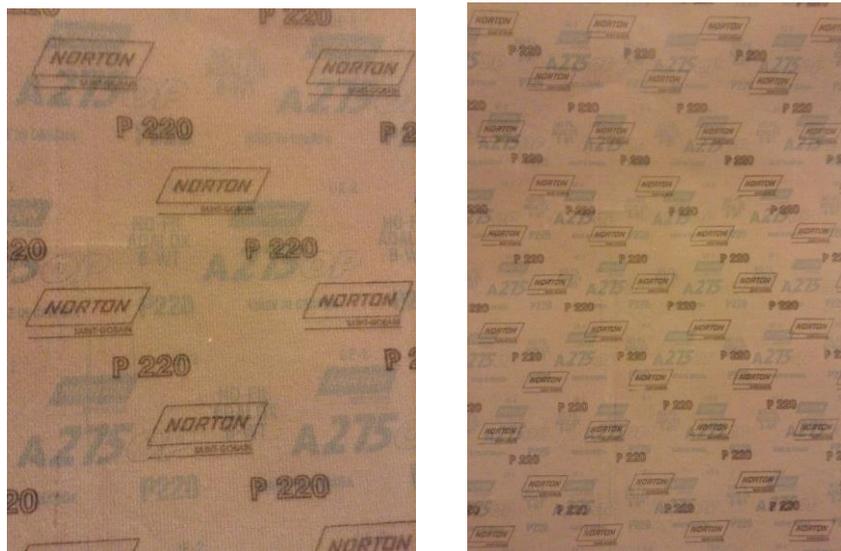
Pour certaines utilisations (meuleuse), la bobine nécessite l'ajout d'un papier de protection. Il s'agit d'un tissu non tissé 100% polyamide.

Étape b - Encollage du produit et du film protecteur

Une machine vient dérouler la bobine de papier abrasif et la bobine de papier de protection (100% polyamide) pour les encoller. Une nouvelle bobine est alors formée. Pour des raisons de place et historiques, les trois étapes se font sur des emplacements éloignés les uns des autres. Il est intéressant de réétudier les cause de cette organisation de chaîne de production dans le but de comprendre, et si possible, d'optimiser les flux de matières et de personnes. L'entreprise Saint-Gobain n'est pas réfractaire concernant la modification de la fin de sa chaîne de production. La machine d'encollage est nommé Nordson.

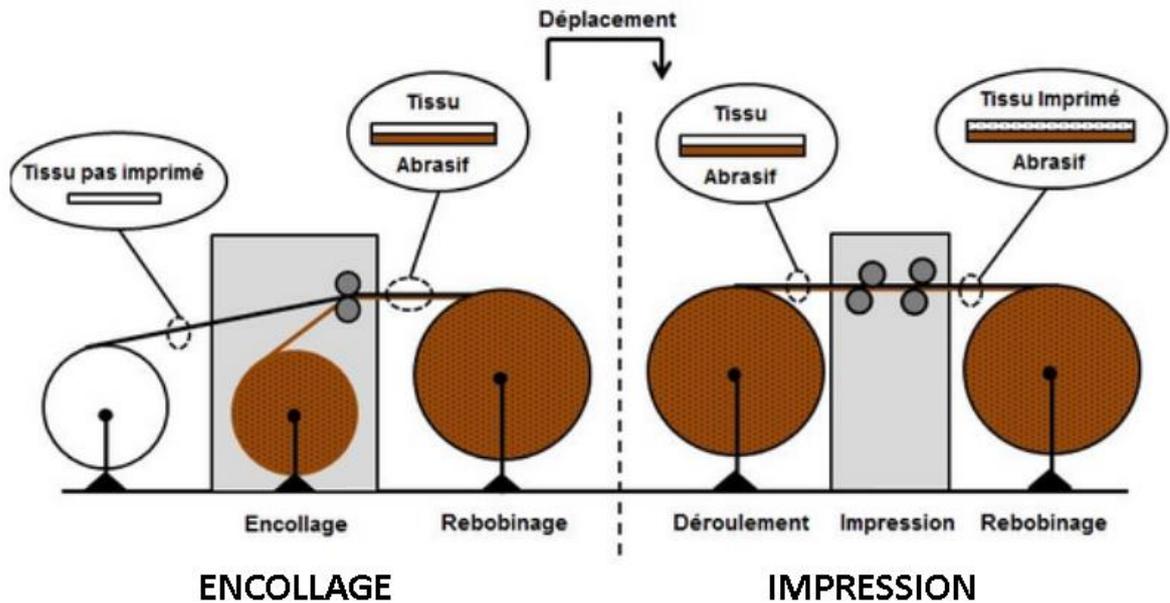
Étape c - Réimpression sur film protecteur

Parfois, après l'ajout du papier de protection, les logos (marque et taille de grain) ne sont plus lisibles. Ainsi, l'entreprise réimprime sur la bobine laminée les logos. Sur la photo ci-dessous, nous ne pouvons plus distinguer correctement la marque du produit. La réimpression est donc nécessaire. Les photos ci-dessous sont des exemples d'impressions sur le papier de protection.



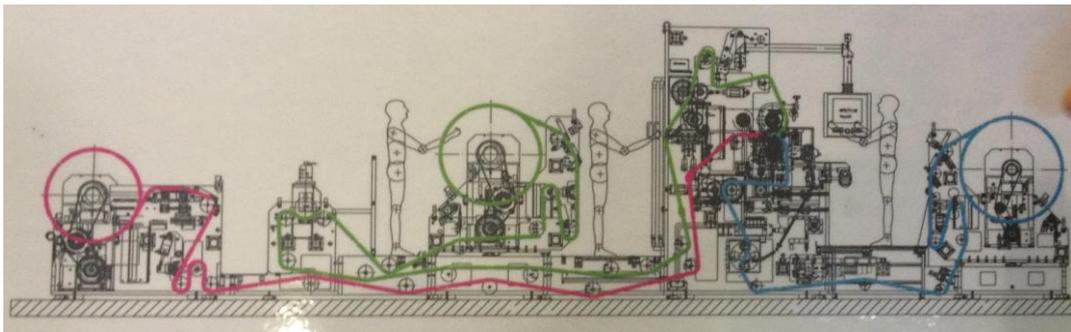
Cette réimpression se fait sur une machine déconnectée de la chaîne de production. Il n'y a que deux types de logos à réimprimer, la marque et la taille de grain.

2 -Machines actuelles



Voici le schéma des deux dernières chaînes de production de l'usine de Saint-Gobain. A gauche, l'encollage via la machine Nordson et à droite la machine d'impression en cause de ce projet. Il est facile de constater le nombre important des pertes de charges dans l'acheminement du produit fini.

a- Machine encollage NORDSON



La machine d'encollage Nordson est constituée de 3 pôles majeurs :

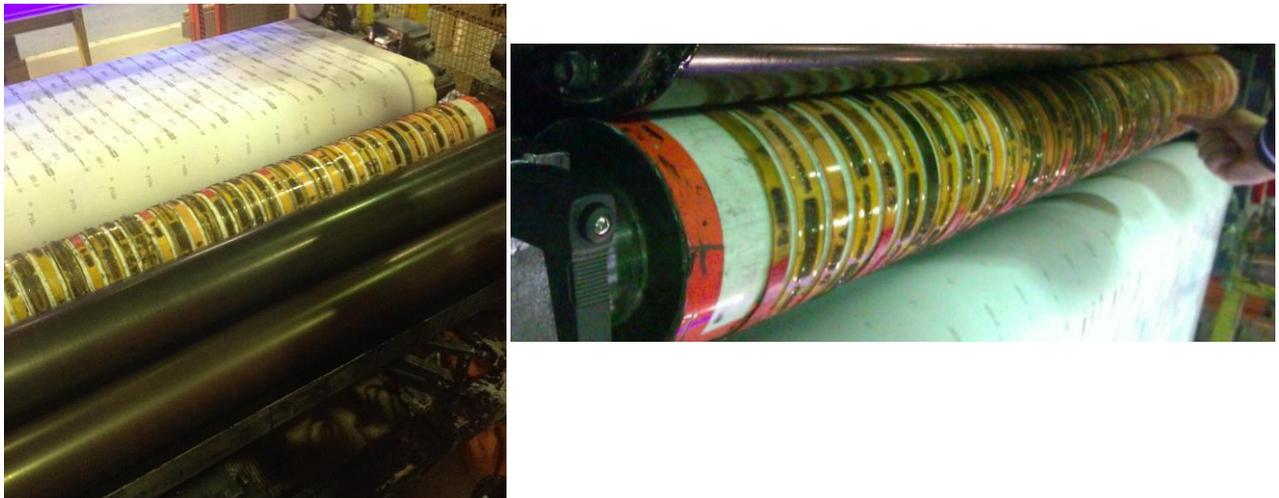
- en bleu sur le schéma ci-dessus, l'entrée de la duvetine en amont de la chaîne
- en vert sur le schéma ci-dessus, l'entrée du papier abrasif qui se fait au centre de la chaîne
- en rose sur le schéma ci-dessus, la bobine encollée qui sort en aval du process

Cette machine tourne actuellement à 60m/min en moyenne. Un opérateur contrôle le bon encollage en sortie de la machine sous forme de bobine et l'entrée à plat de la duvetine en entrée.

b- Machine d'impression flexographie

Cette machine actuelle est très ancienne et sa vitesse est très lente (environ 20m/min). Elle est le gouleau d'étranglement de l'usine.

Actuellement, l'impression de type flexographie est utilisée. Un système d'impression flexographie à 3 rouleaux sans utilisation de racles est en place comme le montre la photo ci-dessous.



L'opérateur a la possibilité de rajouter des substances dans le bac à encre afin de la fluidifier si nécessaire. Il peut également, à l'aide de 3 manivelles, déplacer les rouleaux entre eux afin de modifier les quantités d'encre prélevées par l'anilox mais également la quantité la pression des rouleaux sur le substrat.



D'autre part afin de réaliser les 105 différentes combinaisons (15 tailles de grains et 7 marques), 7 têtes sont préparés en amont avec les différentes marques sous forme de clichés en bande comme le montre la photo ci-dessous.



Ensuite, en fonction du besoin, les clichés précisant la taille de grain sont ajoutés. En tout, 25+25 clichés qui sont fixés en temps masqué sur les têtes métalliques avec du papier double-face sont totalisés.

3. Description fonctionnelle

Suite à l'analyse fonctionnelle du processus, à l'analyse des modes de défaillances possibles et à l'AMDEC, les fonctions principales du système de l'entreprise Saint-Gobain ainsi que les fonctions contraintes ont été trouvées et mis en avant.

A) Fonctions principales

Les fonctions principales trouvées sont les suivantes :

- FP1: Assurer une synchronisation de vitesse non-tissé et abrasif
- FP2: Aligner logos imprimés par les têtes d'impression
- FP3: Diminuer les arrêts de production
- FP4: Adaptabilité système impression
- FP5: Assurer une tension constante en sortie de marquage
- FP6: Assurer une impression visible
- FP7: Éviter diffusion de l'encre non désirée
- FP8: Adaptabilité aux vitesse d'impression de la machine NORDSON
- FP9: Faible durée des arrêts de production
- FP10: Assurer un temps de changement cylindre minimal
- FP11: Assurer un temps de nettoyage système minimal.
- FP12: Assurer bonne répartition encre sur papier

B) Fonctions contraintes

Les fonctions contraintes trouvées sont les suivantes :

- FC1: Assurer le bon logo sur le bon papier abrasif
- FC2: Résister à l'environnement
- FC3: Garantir la sécurité de l'opérateur
- FC4: Garantir environnement sécurisé

L'explication de cette AMDEC se trouve en annexe ainsi qu'une analyse globale des défaillances. Pour arriver au terme de ces analyses une multitude d'outils sujets au management de projet a été utilisé tel que : une bête à corne, un diagramme pieuvre, un fast... Ces outils ont permis de poser les bonnes questions et de trouver l'ensemble des contraintes de ce projet.

4. Objectif de performance

L'expression du besoin consiste à satisfaire toutes les fonctions principales de l'imprimante en tenant compte des fonctions contraintes. La future machine d'impression implantée devra être capable de répondre à l'ensemble des besoins et des attentes de Saint-Gobain.

Les objectifs de performance visés pour satisfaire le besoin de la nouvelle machine sont les suivants :

Vitesse impression: Ce système ayant pour principal but d'augmenter la productivité d'impression, il faudra qu'elle puisse avoir la même vitesse (60m/min) que la machine d'encollage en aval.

Stockage encre: Un réservoir semble être la seule solution pour stocker l'encre à distribuer. Il doit pouvoir être possible d'utiliser des réservoirs de tous types, que ce soit en plastique, en métal ou autre matériaux. Le système devra éviter l'évaporation d'encre trop importante, limitant ainsi les pertes de matières.

Vitesse de lavage du système: Le système mis en place doit être capable d'imprimer différentes couleurs. L'entreprise Saint-Gobain n'a pas le besoin d'utiliser plusieurs encres simultanément.

Le temps de changement d'une encre à l'autre doit se faire dans des délais de 10 minutes.

Qualité de l'impression: Le système mis en place doit être capable de réaliser un marquage visible sur le substrat, ce qui implique une pigmentation linéaire du papier : un seuil minimum de lpi (ligne per inch) est à prévoir.

Par ailleurs, aucune superposition des logos n'est acceptable.

D'autre part, le décalage des logos (distance/inclinaison) ne doit pas être excessive.

Logos: En ligne ou en hélicoïde, les logos doivent être placés en quantité suffisante de sorte à ce que lorsque les disques d'abrasifs sont coupés, les deux informations soient visibles sur le disque.

Réglage de la vitesse d'impression : Elle doit se faire avec un régulateur de vitesse et doit être adaptée à la vitesse déroulement du papier abrasif. L'opérateur doit être en capacité de réguler lui-même avec une interface la vitesse de sortie qui définit les vitesses de fonctionnement en aval.

Réguler la tension en sortie de marquage: Un système de régulation de la tension est nécessaire et doit permettre au non-tissé une entrée dans la machine d'encollage avec une tension constante et sans plis ou déformations.

Réglage du débit d'encre: Il doit pouvoir se faire avec des racles où avec un système à double rouleau.

Système flexible: Les rouleaux doivent être mobiles/ajustables entre eux par une commande qui lui permettra de régler la pression des rouleaux sur le produit. La viscosité de l'encre doit être contrôlée et l'opérateur doit avoir la possibilité de la changer.

Plusieurs types de matériaux doivent pouvoir être imprimables : le non-tissé, une mousse ainsi qu'une combinaison des deux. Les fiches techniques de ses produits seront remises en annexe du cahier des charges lors de la remise aux fournisseurs.

Arrêt d'urgence : Il doit permettre un arrêt rapide de la machine. Le système doit pouvoir être immobilisé en approximativement 10 secondes. Le fournisseur doit être en pleine possibilité de chiffrer le temps imparti lors d'un arrêt d'urgence. Le rôle de Saint-Gobain par la suite sera de chiffrer le coût de ces arrêts d'urgence.

Temps de changement des informations à imprimer : Le changement des informations à imprimer doit s'effectuer de façon simple avec des systèmes rapides. L'utilisation de montage en temps masqué est fortement conseillée.

Opérateur multitâche: Un seul opérateur sur le poste d'impression et d'encollage doit être capable de réaliser les fonctions suivantes :

- Contrôle qualité visuel d'impression par réglage viscosité encre, vitesse, tension.
- Contrôle du bon encollage et de la bobine de sortie
- Préparation en parallèle du fonctionnement des nouveaux rouleaux/têtes/clichés
- En charge des arrêts d'urgence si nécessaire.

Lorsque la machine est arrêtée, le système doit être inactif et ne doit pas laisser couler d'encre.

Intégration du système : Le système devra présenter les mêmes dimensions de laize que la machine Nordson en aval. Elle doit soit se fixer et se solidariser avec les autres machines.

Laize maximum : Le système mis en place devra être capable de répondre à nos caractéristiques de laize. La laize de nos produits peut varier de 700mm à 1 500mm.

5. Documentation technique

Les objectifs de performance des indicateurs et leur flexibilité sont regroupés dans le tableau suivant : il permet aux potentiels fournisseurs d'avoir les données quantitatives concernant les attentes de ce projet. Chacun des paramètres est explicité par cette valeur quantitative qui est associée à un niveau de flexibilité : F0 ne donne aucune marge possible aux fournisseurs.

Paramètres	Critères d'appréciation	Détails	Flexibilité
Synchronisation de vitesse non-tissé et abrasif	réglage	décalage de vitesse max de 0.1 m/min	F0
Nombre de têtes	-	2 têtes	F0
Alignement logos imprimés par les têtes d'impression	visuel	pas de superposition ou de décalage sup à 5cm	F0
Adaptabilité système impression	Adaptabilité, couplage des commandes	Min 80 pourcent des machines d'encollage	F1
Tension constante en sortie de marquage	régulateur électronique	tension variable maximum de 100 Newtons	F1
Vitesse d'impression de la machine	commandes électroniques	min 60/min	F0
Efficacité de changement	temps de changement des composants (têtes/manchons)	10 minutes	F1
Résistance à l'environnement	durée de vie machine	min 10 ans	F1
Garantie la sécurité de l'opérateur	Nombre d'accidents	0 accident	F0
Garantie environnement sécurisé	dB et température manchons	max 100 dB, max 50°C	F1

6. Maintenance

La maintenance pour une entreprise comme Saint-Gobain est extrêmement importante, elle permettra d'anticiper voire d'éradiquer les pannes que nous pourrions avoir sur nos machines.

Les périmètres d'action de la maintenance sont les suivants :

- Dès la conception des machines
- Participation aux Installations

Missions de la maintenance :

- Surveillance permanente et périodique
- Dépannage et Réparations
- Actions préventives
- Optimisation des coûts par rapport aux services rendus

I- Politique et objectifs :

L'objectif principal de la maintenance est d'assurer la maîtrise de l'état des biens pour :

- une disponibilité maximale des outils
- un coût optimisé
- le respect de la conformité aux textes réglementaires

Cette politique induit des missions sur les machines sur :

a. le plan technique :

- Augmenter la durée de vie des équipements
- Améliorer la disponibilité et les performances
- Ne pas altérer la qualité de notre prestation

b. le plan économique :

- Réduire les coûts de défaillance
- Réduire les coûts directs et indirects
- Réduire les coûts d'énergie

c. le plan réglementaire :

- Être conforme aux lois et décrets visant les intervenants, les activités, les équipements

d. le plan social :

- Assurer la sécurité des personnes et des biens
- Assurer la valorisation des équipes techniques (formation, polyvalence, évolution)
- Améliorer les conditions de travail

Dans les entreprises, il est distingué deux différents types de maintenance :

La maintenance préventive :

- Systématique:
 - o Suivant échancier – planification
 - o en fonction de critères (temps de marche, unité d'usage)
 - o contrôles réglementaires

- Conditionnelle, prédictive :
 - o Effectuée suivant l'état de la machine
 - o Diagnostic des fuites, bruits ou odeurs
 - o Outils : analyse des capteurs, systèmes embarqués
 - o Télésurveillance

La maintenance corrective

- travaux après défaillance – arrêts subis
- palliative : dépannage, réparation provisoire
- curative : dépannage réparation définitive échange standard

Il va falloir donc privilégier la maintenance préventive et éviter au maximum la maintenance curative.

II- Organisation de la maintenance

La chaîne de production peut être constituée par exemple de :

- Une machine d'impression flexo
- Une machine d'encollage de la bobine d'abrasif et de duvetine imprimée
- Un régulateur de tension

Afin de réaliser la maintenance préventive sur chacune de ces machines, nous avons mis en place des fiches de maintenance, envoyées par nos fournisseurs.

Ces fiches de maintenance sont constituées d'un QQOCQP puis d'un tableau répertoriant les sous-ensembles sur lesquels la maintenance est effectuée, les travaux à réaliser sur les machines, les temps d'intervention (prévisionnel et réel), les fréquences d'intervention et enfin, les remarques. Ce tableau doit être constitué et complété une fois l'ensemble des informations de la machine recueillies. Ces fiches de maintenance sont complétées d'un tableau contenant l'historique des interventions.

La maintenance sera organisée de la manière suivante : les maintenances préventives et correctives seront effectuées pendant la journée et en 1*8.

· Besoin en personnes

En ce qui concerne le besoin en personnes, il est considéré que 5% du budget mécanisation et automatisation sera dédié à la maintenance. Ces 5% se recomposent de la manière suivante :

- pièces détachées : 15%
- Support Hotline : 35%
- Maintenance préventive : 35%
- Maintenance corrective : 15%

Chaque machine aura un temps de maintenance préventive de 17,5 heures annuel. Il s'agit d'une base. Une fois les paramètres d'entrée connus, les temps de maintenance peuvent très légèrement augmenter ou diminuer.

L'ensemble des fournisseurs en réponse à ce cahier des charges devra identifier auparavant les pièces d'usures les plus propices à un changement. Il faut qu'un délai de livraison des pièces d'usure soit renseigné. D'autre part, les fournisseurs devront renseigner une liste des pièces d'usure nécessaire à avoir en stock.

Chaque fournisseur devra fournir les temps impactés lors d'un arrêt d'urgence permettant ainsi à Saint-Gobain de chiffrer un coût sur ces coupures et d'organiser sa maintenance par la suite.

Chaque fournisseur devra aussi fournir une durée de vie moyenne du système implanté de même que l'ensemble des services proposés et facturés en ce qui concerne la maintenance du système implanté.

D'autre part il sera aussi demandé au fournisseur, des fiches maintenances pour former les ouvriers en charge à la maintenance préventive.

Il faudra former deux ouvriers pour qu'ils puissent réaliser les maintenances préventives des deux machines présentes dans la chaîne de production. Le coût d'un technicien de maintenance est de 37,5€ par heure et il réalise 35h/an environ.

Exemple de fiche maintenance :

FICHE MAINTENANCE DE LA MACHINE
D'IMPRESSION FLEXOGRAPHIQUE

Machine d'impression flexo	QQOCQP:
	QUI : Technicien de maintenance
	QUOI : Machine d'impression flexo
	OÙ : Dans l'usine
	COMMENT : selon la fiche maintenance
	QUAND : selon les fréquences de la fiche maintenance
POURQUOI : éviter les pannes, entretien de la machine	

Historique des interventions

Exemple de fiche maintenance de la machine de type flexographique.

Date d'intervention	Intervenant	Motif d'intervention	Nature de l'intervention

7. Conditions de paiement

Dans cette partie sera détaillé les délais et mode de paiement.

8. Contrôle

Dans cette partie sera développé l'ensemble des contrôles à effectuer.

9. Conditions de livraison et de mise en service

- Arrêt machine pour l'installation
- Incoterm adapté au projet
- Conditions de livraison spécifiques au projet

10. Conditions de réception

Contrôle :

- S'il est nécessaire de faire appel à un organisme externe pour contrôler la réception exemple : DEKRA

- Réception avec un manuel d'utilisation en français.

Certificats :

- Le fournisseur doit fournir les certificats attestant la fiabilité des produits

Prévoir la formation d'un ou plusieurs opérateurs.

11. Conditions d'acceptation des offres

L'offre la plus économiquement favorable sera retenue, et devra être présentée de la façon suivante :

Décomposition des coûts :

- Coût du matériel
- Coût de l'installation
- Coût de transport
- Coût du consommable
- Plan détaillé et chiffré de la maintenance
- Estimation de la consommation d'énergie

Validation des documents Saint-Gobain:

- Conditions Générales d'Achats
- Charte fournisseurs

Contacts SGA:

Chef de projet:

.@saint-gobain.com

+33

+33

Responsable Achats:

.@saint-gobain.com

+33

+33

EHS:

.@saint-gobain.com

+33

+33

Responsable Technique:

.@saint-gobain.com

+33

+33

12. Annexes:

1. Conditions Générales d'Achats :
2. Charte Fournisseurs Saint-Gobain :

APPROBATION des CGA*
Société :
Date :
Nom :
Signature :

APPROBATION de la charte fournisseur
Société :
Date :
Nom :
Signature :

CONDITIONS GENERALES D'ACHAT

1 - DISPOSITIONS GÉNÉRALES

Les présentes conditions générales d'achat régissent les commandes de produits et/ou de services passées par l'Acheteur auprès du Fournisseur.

La commande de l'Acheteur doit être formulée par écrit et acceptée par le Fournisseur dans un accusé de réception écrit, ceci emportant de fait acceptation sans réserve des présentes conditions générales d'achat par le Fournisseur.

Les présentes conditions générales d'achat priment sur les conditions générales de vente du Fournisseur et relèvent des Incoterms 2000, dans leur formulation DDP.

2 - SOUS-TRAITANCE

Le Fournisseur s'engage à ne pas sous-traiter à un tiers l'exécution, en tout ou partie, des commandes, sauf accord préalable et écrit de l'Acheteur. Les sous-traitants agréés par l'Acheteur restent placés, en toutes circonstances, sous l'autorité et la responsabilité du Fournisseur.

3 - PRESTATIONS DE SERVICES

Le Fournisseur s'engage à n'accepter une commande que s'il s'est acquitté des obligations mentionnées aux articles L 8221-3 et L 8221-5 du Code du travail (ancien article L 324-10) et à fournir à l'Acheteur, avec l'accusé de réception de commande, les documents attestant de l'accomplissement desdites obligations.

Le Fournisseur s'engage à exécuter les prestations de services commandées conformément aux présentes dispositions, aux règles de l'art et aux lois et règlements applicables notamment dans les domaines de l'environnement, de l'hygiène, de la santé, de la sécurité et des conditions de travail.

Le Fournisseur affectera à la bonne exécution de ses prestations d'une part, les moyens et matériels nécessaires et d'autre part, le personnel, placé sous sa responsabilité hiérarchique, dont il garantit les compétences.

Toute marchandise qui serait confiée au Fournisseur pour l'exécution de sa mission sera sous garde matérielle et juridique pendant toute la durée de celle-ci. Il sera en conséquence tenu pour responsable de tout manquant, détérioration ou casse, et plus généralement de tout dommage causé, dans le cadre de sa mission, tant à son personnel qu'à celui de l'Acheteur et à tout tiers.

4 - MODIFICATION DE LA COMMANDE

L'Acheteur se réserve la faculté de demander au Fournisseur, préalablement à la livraison, une modification de la commande, de quelque nature que ce soit, et ce, sans que le Fournisseur puisse prétendre à une quelconque indemnité de ce fait.

Toute demande de modification de la commande doit être notifiée par l'Acheteur au Fournisseur. Dans les plus brefs délais suivant la réception de la notification de la demande, le Fournisseur s'engage à informer par écrit l'Acheteur des conséquences de la prise en compte de cette modification et notamment en termes de coût financier et de délais de livraison.

A défaut d'accord entre les Parties sur les conséquences de cette modification de commande, l'Acheteur pourra soit demander au Fournisseur l'exécution de la commande aux conditions initiales, soit résilier ladite commande par lettre recommandée avec demande d'avis de réception et ce, sans que l'Acheteur puisse voir sa responsabilité engagée d'une quelconque manière et qu'une indemnité soit due du fait de cette résiliation.

5 - LIVRAISON

- Délais de livraison

Le lieu et les délais de livraison et/ou d'exécution des services spécifiés dans la commande sont impératifs.

Tout retard de livraison et/ou d'exécution des services donnera lieu de plein droit et après mise en demeure préalable à application d'une pénalité de retard non libératoire égale à 0,5 % de la valeur H.T. de la commande par jour calendaire de retard, et ce dans la limite de 10 % du montant H.T. de la commande.

Tout retard de livraison égal ou supérieur à 8 (huit) jours pourra donner lieu à l'envoi par l'Acheteur d'une lettre recommandée avec accusé de réception adressée au Fournisseur lui notifiant l'annulation de la ou les commandes concernées par le retard.

- Documents

Toute livraison doit être accompagnée d'un bordereau de livraison comportant notamment le numéro du bon de commande, la quantité totale livrée, le nombre de colis livrés avec précision du nombre et du type d'articles par colis et de leurs références telles qu'indiquées sur le bon de commande, ainsi que toute la documentation afférente aux produits telle que notamment : fiches de sécurité, notices techniques et plans, précautions d'emploi et notices d'utilisation, certificats de conformité.

- Emballage

Les produits sont livrés marqués et étiquetés avec leur emballage, conformément à la loi et à la réglementation applicables.

Les emballages des produits doivent être conçus de façon à assurer la sécurité optimale des produits, des personnes et des biens, compte tenu de leur nature, dans des conditions normalement prévisibles de transport et de manutention.

6 – CONFORMITÉ - CONTRÔLE – RÉCEPTION

- Conformité

Les produits et services doivent être conformes aux spécifications contractuelles et à l'usage auquel l'Acheteur les destine. Ils doivent satisfaire aux critères de qualité usuels ainsi qu'aux normes et à la législation en vigueur.

Par ailleurs, s'agissant des équipements de travail tels que définis aux articles L4311-1 et suivants du Code du travail (ancien article L233-5), ils doivent être conçus et construits de façon à ce que leur mise en place, leur utilisation, leur réglage et leur maintenance, dans des conditions conformes à leur destination, n'exposent pas les personnes à un risque d'atteinte à leur sécurité ou à leur santé.

- Contrôle

Le Fournisseur met en place un plan d'assurance qualité comportant notamment un autocontrôle permanent de la conception et de l'exécution de l'ensemble de ses produits et services afin d'en garantir la conformité.

Tous les produits et services fournis à l'Acheteur doivent faire l'objet de mesures permettant d'en assurer la traçabilité complète.

- Réception

En cas de prestations de services, la réception définitive est subordonnée à l'établissement par l'Acheteur d'un procès-verbal de réception sans réserves.

Tout produit ou service non conforme pourra donner lieu à un refus pur et simple de l'Acheteur.

Nonobstant toute clause contraire, l'Acheteur se réserve le droit de notifier au Fournisseur à tout moment par tous moyens en usage (fax, email,...) la mauvaise exécution ou l'inexécution par le Fournisseur de ses obligations, ou les pertes, avaries ou non conformités des produits constatées lors du déballage ou de contrôles ultérieurs, même si les factures correspondantes ont fait l'objet d'un règlement partiel ou total.

L'Acheteur pourra, selon son choix, demander le remplacement ou la réparation des produits, et ce sans préjudice de toute demande de dommages et intérêts.

Le Fournisseur devra procéder à l'enlèvement, à ses frais, des produits refusés dans un délai de huit (8) jours calendaires suivant la notification du refus; passé ce délai, l'Acheteur pourra faire enlever les produits par tout moyen à sa convenance aux frais et risques du Fournisseur.

7 – GARANTIE

Au titre de la garantie légale, le Fournisseur garantit l'Acheteur contre tout vice caché pouvant affecter les produits ou services livrés, les rendant impropres à leur utilisation et à leur destination.

A titre de garantie contractuelle et sans préjudice de l'application des dispositions légales ci-dessus visées, et des dispositions de l'article 12 « RESILIATION » ci-après, le Fournisseur garantit les produits et services livrés contre tous défauts de conception, de fabrication ou de matière ou encore contre tous vices de fonctionnement des produits et services livrés, pendant un délai de vingt-quatre (24) mois à compter de leur livraison. En conséquence, le Fournisseur s'oblige notamment pendant toute cette période à assurer à ses frais, la main d'œuvre, l'entretien, les réparations ou les remplacements des produits ou pièces défectueuses qui pourraient s'avérer nécessaires.

En cas d'intervention, la présente garantie recommencera à courir pour la même durée pour les pièces réparées ou remplacées.

8 – TRANSFERT DE PROPRIÉTÉ

Le transfert de propriété a lieu à la livraison.

Sauf acceptation écrite et préalable à la livraison par l'Acheteur, le Fournisseur ne peut lui opposer de clause de réserve de propriété sur les produits livrés.

9 – CONDITIONS FINANCIÈRES

- Prix

Sauf accord contraire et écrit des Parties, les prix s'entendent hors taxes et sont fermes et définitifs.

- Facturation

Chaque commande fera l'objet d'une facturation distincte.

Dans l'hypothèse où une commande implique plusieurs livraisons successives, alors une facture portant le numéro de cette commande sera adressée à chaque livraison successive.

Les factures seront rédigées en deux exemplaires dont un sera adressé une fois la livraison réalisée à l'adresse de facturation indiquée par l'Acheteur dans le bon de commande.

Les factures comporteront obligatoirement, outre les mentions légales, le numéro de la commande, le numéro du Fournisseur indiqué sur la commande, les références du bordereau de livraison, l'adresse de livraison ainsi que l'indication de toute cession de créances du Fournisseur et ce, quelle qu'en soit la forme. Il est ici précisé que toute cession de créances ne sera opposable à l'Acheteur que si le Fournisseur a informé l'Acheteur avant de procéder à ladite cession.

L'Acheteur se réserve le droit de refuser la facturation et la livraison de tout produit n'ayant pas fait l'objet d'une commande en bonne et due forme.

- Délais de paiement - Intérêts de retard

Sauf accord contraire et écrit des Parties, les délais de paiement sont de soixante (60) jours à compter de la date d'émission de la facture.

Toute somme due et non réglée au terme de ce délai portera intérêt à un taux égal à trois (3) fois le taux d'intérêt légal en vigueur en France. Le règlement de ces intérêts de retard interviendra dès réception d'une lettre recommandée avec demande d'avis de réception.

Ces pénalités ne seront toutefois pas applicables si le défaut de paiement de l'Acheteur résulte d'une contestation de la facture, d'une non-conformité des produits et/ou services, d'un manquement contractuel du Fournisseur ou d'un cas de force majeure.

10 - PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

Le Fournisseur d'un produit et/ou d'un service faisant l'objet d'une disposition législative, réglementaire ou contractuelle particulière et/ou d'une protection quelconque, notamment au regard du droit de la propriété intellectuelle, garantit l'Acheteur contre toute réclamation de la part des titulaires de ces droits, comme des conséquences de toute infraction aux dispositions législatives ou réglementaires applicables.

Si un tiers allègue que les produits et/ou services livrés par le Fournisseur au titre de la commande, constituent une contrefaçon de ses droits de propriété intellectuelle, l'Acheteur en informera le Fournisseur dans les meilleurs délais et, à son choix, s'associera avec le Fournisseur pour se défendre contre cette allégation ou demandera au Fournisseur d'assurer sa défense.

Dans les deux cas, il est expressément convenu que cette défense sera à la charge du Fournisseur et que ce dernier prendra à sa charge tous dommages-intérêts ainsi que les frais et dépens auxquels serait condamné l'Acheteur sur la base d'une telle allégation.

Si une telle allégation se produit ou apparaît comme probable, l'Acheteur peut accorder au Fournisseur la possibilité de négocier ou de transiger afin que l'Acheteur puisse continuer à utiliser le produit ou le service concerné ou demander au Fournisseur qu'il procède à sa modification ou à son remplacement par un produit ou un service qui est au moins fonctionnellement équivalent, le tout, sans que l'Acheteur n'ait à supporter aucune charge.

Si le Fournisseur détermine qu'aucune de ces mesures n'est raisonnablement possible, l'Acheteur rendra le produit au Fournisseur sur demande écrite de ce dernier. Le Fournisseur créditera alors l'Acheteur d'un montant égal au prix payé pour le produit ou le service concerné, sans préjudice des éventuels dommages-intérêts à faire valoir par l'Acheteur à l'encontre du Fournisseur.

Toute création remise par le Fournisseur à l'Acheteur est présumée libre de tout droit détenu par un ou des tiers sauf indication expressément notifiée.

La fourniture de toute création emporte cession au profit de l'Acheteur, des droits de reproduction, d'adaptation et de traduction, ainsi que de représentation, sur tous supports par tout procédé actuel ou à venir portant sur ces créations. La rémunération versée au Fournisseur est acceptée par ce dernier en parfaite contrepartie forfaitaire et globale des droits cédés.

11 - RESPONSABILITÉ - ASSURANCES

Le Fournisseur assurera l'exécution de la commande sous son entière et exclusive responsabilité.

Le Fournisseur sera responsable de tous les dommages causés à l'Acheteur ou à tout tiers, que ces dommages soient causés par le Fournisseur ou par les personnes et les biens se trouvant sous son autorité ou sa garde.

Le Fournisseur sera tenu de toutes les conséquences, directes ou indirectes, des préjudices et dommages causés à l'Acheteur du fait de l'inexécution ou la mauvaise exécution de la commande.

A. Le Fournisseur souscrira toute police d'assurance nécessaire auprès d'une compagnie d'assurances notoirement solvable et devra la maintenir pendant toute la durée de ses obligations conformément aux présentes. Le Fournisseur produira à première demande de l'Acheteur, toute attestation d'assurance.

12 - RÉSILIATION

Chacune des parties sera en droit de résilier le contrat en cas de manquement de l'autre partie. Toutefois, l'Acheteur et le Fournisseur mettront tout en œuvre, dans un esprit de collaboration constructive, pour pallier les conséquences dommageables de ce manquement.

La résiliation sera acquise de plein droit à l'Acheteur :

- a) à défaut par le Fournisseur d'avoir fait cesser le manquement invoqué dans les huit (8) jours de la réception de la lettre de mise en demeure adressée par l'Acheteur ;
- b) par la seule constatation écrite de l'inexécution ou de l'évènement invoqué si les conséquences qui dérivent de ce manquement en sont manifestement irrémédiables ou hautement préjudiciables ou si l'inexécution invoquée est la violation d'une interdiction.

Le Fournisseur sera tenu d'indemniser l'Acheteur pour les préjudices dus à ses manquements ou infractions et supportera notamment les charges supplémentaires engagées par l'Acheteur pour l'achèvement de la commande par lui-même ou par un ou plusieurs autres fournisseurs.

La résiliation est faite sans préjudice de tous dommages et intérêts que l'Acheteur se réserve le droit de réclamer.

13 - CONFIDENTIALITÉ

Tous documents, modèles, objets, tels que notamment plans, descriptifs, notes, schémas, échantillons, maquettes, remis au Fournisseur en vue de l'exécution de la commande ont un caractère confidentiel et ne peuvent être utilisés à d'autres fins que celles de l'exécution de la commande ; ils resteront à tout moment la pleine et entière propriété de l'Acheteur à qui ils doivent être intégralement et sans frais, restitués à première demande de l'Acheteur.

Plus généralement, le Fournisseur s'engage à considérer comme confidentielle, toute information qui lui sera transmise ou auxquelles il aura accès directement ou indirectement, dans le cadre de la commande, et jusqu'à ce que lesdites informations soient tombées dans le domaine public.

Aux bonnes fins de cette obligation de confidentialité, le Fournisseur s'engage à ne communiquer les informations confidentielles susvisées qu'à ceux de ses employés ou sous-traitants qui en ont nécessairement besoin dans le cadre de l'exécution de la commande, lesquels devront être clairement informés de la confidentialité qui les couvre.

Le Fournisseur se porte fort du respect de cette clause par tous ses collaborateurs et sous-traitants éventuels.

14 – RÉFÉRENCES COMMERCIALES

Le Fournisseur ne pourra être autorisé à utiliser à titre de référence la dénomination sociale de l'Acheteur ou ses signes distinctifs qu'après autorisation écrite de l'Acheteur délivrée au cas par cas après présentation des supports de cette référence et de l'indication de la diffusion de tels documents.

15 – DÉVELOPPEMENT RESPONSABLE

Le Fournisseur est averti que le Groupe Saint-Gobain adhère au Pacte Mondial des Nations Unies et a adopté des Principes de Comportement et d'Action accessibles sur le site Internet : <http://www.saint-gobain.com>. Le Fournisseur déclare en avoir pris connaissance.

Le Groupe Saint-Gobain attend notamment de ses fournisseurs :

- qu'ils veillent à maîtriser les risques environnementaux liés à leurs procédés et aux produits qu'ils utilisent aussi bien dans leur activité que lors de leurs interventions sur les sites du Groupe ;
- qu'ils respectent les droits des employés quels que soient les pays où ils opèrent ;
- qu'ils s'interdisent, même si la législation locale applicable l'autorise, tout recours au travail forcé, au travail obligatoire ou au travail des enfants, de manière directe ou indirecte ou par l'intermédiaire de sous-traitants, dans le cadre de leurs processus de production ou de prestations de services ainsi que lors de leurs interventions sur les sites du Groupe ;
- qu'ils assurent à leurs employés les meilleures conditions possibles d'hygiène et de sécurité et respectent, lors de leurs interventions, les règles d'hygiène et de sécurité applicables sur les sites du Groupe.

16 – RESPECT DES NORMES EN VIGUEUR DE PROTECTION DE LA SANTE HUMAINE ET DE L'ENVIRONNEMENT

Le respect de l'environnement, de la santé et de la sécurité au travail font notamment partie des Principes de Comportement et d'Action de l'Acheteur.

Le Fournisseur s'engage à respecter l'ensemble des normes en vigueur au titre des substances chimiques vendues à l'Acheteur, peu important que ces substances soient fournies seules ou présentes dans des préparations ou articles.

Le Fournisseur s'engage tout particulièrement à respecter le règlement européen REACH n° 1907/2006 relatif à l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques, ainsi qu'aux restrictions applicables à ces dernières.

A ce titre, si selon le règlement européen REACH, les substances fournies dans le cadre du contrat entre le Fournisseur et l'Acheteur doivent être enregistrées auprès de l'Agence Européenne des Produits Chimiques, le Fournisseur garantit notamment à l'Acheteur que les substances ont fait l'objet d'un pré-enregistrement et/ou seront enregistrées selon les délais prévus dans le règlement européen REACH, ledit enregistrement devant couvrir les utilisations que l'Acheteur fait des substances.

Dans l'hypothèse où tout ou partie des substances fournies à l'Acheteur seraient soumises à autorisation ou à restriction, le Fournisseur s'engage :

- au titre des substances soumises à autorisation, à fournir uniquement des substances dûment autorisées pour les utilisations que l'Acheteur fait des substances,
- au titre des substances soumises à restriction, à fournir uniquement des substances qui respectent les mesures de restriction imposées par le règlement européen REACH,
- à informer l'Acheteur de toute évolution de la réglementation applicable à ces substances (notamment en cas d'interdiction d'utilisation) et de toute possibilité de substitution de ces dernières.

Les substances, qu'elles soient fournies seules ou présentes dans des préparations ou articles, devront être obligatoirement livrées :

- dans un conditionnement conforme aux normes applicables à l'étiquetage et à l'emballage des produits chimiques telles que celles édictées par le système global harmonisé (SGH) élaboré par les Nations Unies,
- accompagnées des informations suffisantes à leur utilisation en toute sécurité par l'Acheteur. Lorsque la réglementation en vigueur l'impose, le Fournisseur s'engage à fournir à l'Acheteur les fiches de données sécurité (FDS) correspondantes. Les FDS devront être conformes à la réglementation applicable et être identiques, peu important leur version linguistique et/ou le pays de livraison des substances. Le Fournisseur devra mettre à jour régulièrement les FDS et communiquer obligatoirement ces mises à jour à l'Acheteur. Par ailleurs, le Fournisseur s'engage à indiquer à l'Acheteur toute présence dans les produits fournis, de substances extrêmement préoccupantes au sens du règlement européen REACH et ce, au-delà de 0.1% en masse.

Le Fournisseur s'engage à informer l'Acheteur au moins six (6) mois à l'avance s'il souhaite, pendant la durée du contrat, soit modifier les composants et/ou caractéristiques techniques des substances fournies, soit cesser de commercialiser ces dernières.

Dans une telle hypothèse, le Fournisseur répondra envers l'Acheteur de l'ensemble des conséquences financières supportées par l'Acheteur du fait de la modification ou de la cessation de commercialisation des substances.

17 – JURIDICTION - DROIT APPLICABLE

Il est fait attribution de compétence exclusive aux tribunaux du ressort du siège social de l'Acheteur.

Le droit interne français est seul applicable aux litiges relatifs à une commande passée par l'Acheteur, à l'exclusion des règles de conflit de lois.

Les présentes conditions générales d'achat ont été traduites en langue anglaise. La version anglaise est disponible sur simple demande du Fournisseur. La présente version française prévaut sur toute autre traduction.

These General Purchase Conditions have been translated into English. The English version is available upon Supplier's request. The present French version shall prevail over any other translation.

Société :

Fait à

Le

Nom et prénom du signataire :

Fonction : **Cachet et Signature** :

Analyse fonctionnelle et AMDEC

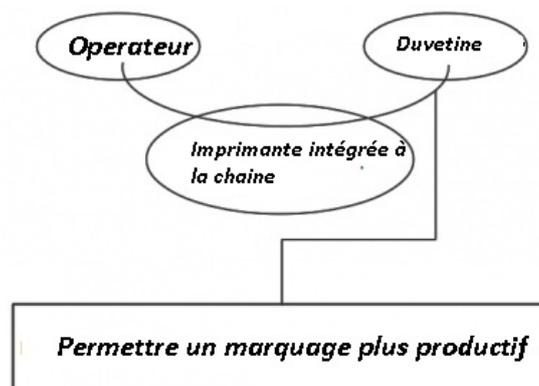
Introduction

Augmenter la productivité, diminuer les dépenses et améliorer la sécurité des opérateurs fait partie des procédés d'amélioration continu. Cette nécessité se traduit souvent en corvée; déplacer la bobine pour ensuite la dérouler à nouveau et la marquer est une perte de temps.



Nous allons faire une analyse technique et étudierons les modes de défaillances possibles d'un tel système. Ceci aura pour but de prévoir à l'avance quels sont les points techniques auxquels il faudra donner de l'importance.

La Bête à cornes



La bête à cornes est un outil de représentation des questions fondamentales suivantes:

- Dans quel but ?
- Pourquoi ce but ?
- Quelle est la raison d'être de l'étude ?

C'est par le biais de questions générales que l'étude sera la plus riche que possible et tiendra compte de toutes les informations nécessaires.

Expression du besoin

Elle a pour but de satisfaire toutes les fonctions principales de l'imprimante en tenant compte des fonctions contraintes.

L'entreprise Saint-Gobain et ses opérateurs veulent un nouveau système de marquage pour éviter :

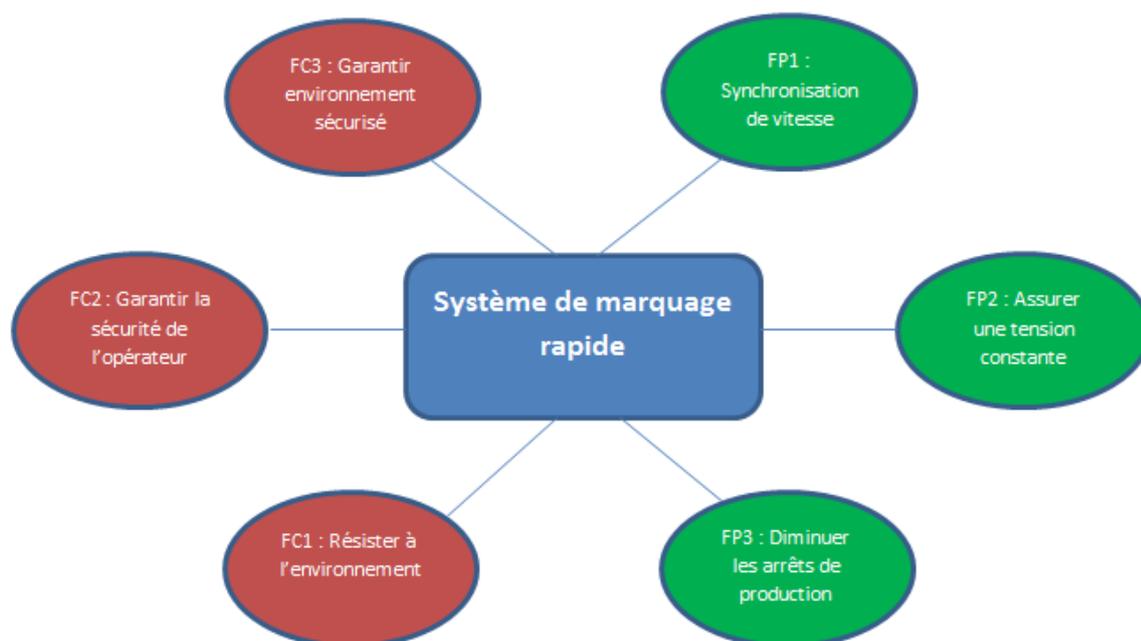
- La perte de temps
- La perte de qualité du marquage
- Les risques de blessures

Ce qu'ils attendent du nouveau système :

- Un prix convenable (250000 euros)
- Un montage rapide, sans outils.
- Une cadence de 60m/min
- Un système adaptable a l'encre à base d'eau
- Une impression forte
- Une laize maximum de 1500 mm et minimum de 700mm
- Un système adaptable aux matériaux flexibles

Cahier des charges fonctionnel

Le diagramme de la pieuvre permet de comprendre et de prioriser les fonctions les plus importantes et d'assurer la prise en compte de tous les aspects extérieurs intervenant sur notre système.



Le tableau qui suit exprime la caractérisation des fonctions de service.

Fonction de service	Critères d'appréciation	Niveau	Flexibilité
FP1: Assurer une synchronisation de vitesse non-tissé et abrasif	Réglage	Décalage de vitesse max de 1 m/min	F0
FP2: Assurer une tension constante en sortie de marquage	Régulateur électronique	Tension variable à 1 Newton	F1
FP3 : Diminuer les arrêts de production	Temps des réglages	max 10 pourcent du temps de production	F1
FP4: Adaptabilité système impression	Adaptabilité	Min 80 pourcent des machines de laminage	F1
FP5: Aligner logos imprimés par les têtes d'impression	Réglage	Correspondance à 100 pourcent	F0
FP6: Assurer une impression visible	Visuel	0 impressions non-visibles	F1
FC1: Résister à l'environnement	Durée de vie machine	Minimum 20 ans	F1

FC2: Garantir la sécurité de l'opérateur	Nombre d'accidents	0 accidents	F0
FC3: Garantir environnement sécurisé	DB et température manchons	Max dB=100, max Temp= 8°C	F1

Flexibilités :

F0 : Aucune, F1 : Faible, F2 : Moyenne

Diagramme FAST

Traduction des fonctions de services en fonctions techniques par la Function Analysis System Technique.

On retiendra une impression flexo, plus simple et donc plus facile à intégrer au système existant. La flexographie à l'avantage d'utiliser des manchons en plastiques moins précis et moins chers ce qui lui donne un avantage considérables.

Recherche de solutions

L'expression du besoin consiste à satisfaire toutes les fonctions principales de l'imprimante en tenant compte des fonctions contraintes. La future machine d'impression implantée devra être capable de répondre à l'ensemble de nos besoins et de nos attentes.

Les objectifs de performance visés pour satisfaire le besoin de notre nouvelle machine sont les suivants :

Vitesse impression: Ce système ayant pour principal but d'augmenter la productivité d'impression, il faudra qu'elle puisse avoir la même vitesse (60m/min) que la machine de laminage en aval.

Stockage encre: Un réservoir semble être la seule solution pour stocker l'encre à distribuer. On doit pouvoir utiliser des réservoirs de tous types, que ce soit en plastique, en métal ou autre matériaux. Le système devra éviter l'évaporation d'encre trop importante, limitant ainsi les pertes de matières.

Vitesse de lavage du système: Le système mis en place doit être capable d'imprimer différentes couleurs. Nous n'avons pas le besoin d'utiliser plusieurs encres simultanément.

Le temps de changement d'une encre à l'autre doit se faire dans des délais de 10 minutes.

Qualité de l'impression: Nous voulons un marquage visible sur notre substrat, ce qui implique une pigmentation linéaire du papier : un seuil minimum de lpi (ligne per inch) est à prévoir.

Par ailleurs, aucune superposition des logos n'est acceptable.

D'autre part, le décalage des logos (distance/inclinaison) ne doit pas être excessive.

Logos: En ligne ou en hélicoïde, les logos doivent être placés en quantité suffisante de sorte à ce que lorsque les disques d'abrasifs sont coupés, les deux informations soient visibles sur le disque.

Réglage de la vitesse d'impression : Elle doit se faire avec un régulateur de vitesse et doit être adaptée à la vitesse déroulement du papier abrasif. L'opérateur doit être en capacité de réguler lui-même avec une interface la vitesse de sortie qui définit les vitesses de fonctionnement en aval.

Réguler la tension en sortie de marquage: Un système de régulation de la tension est nécessaire et doit permettre au non-tissé une entrée dans la machine d'encollage avec une tension constante et sans plis ou déformations.

Réglage du débit d'encre: Il doit pouvoir se faire avec des racles où avec un système à double rouleaux.

Système flexible: Les rouleaux doivent être mobiles/ajustables entre eux par une commande qui lui permettront de régler la pression des rouleaux sur le produit. La viscosité de l'encre doit être contrôlée et l'opérateur doit avoir la possibilité de la changer.

Plusieurs types de matériaux doivent pouvoir être imprimables: le non-tissé, une mousse ainsi qu'une combinaison des deux. Les fiches techniques de ses produits seront remises en annexe du cahier des charges.

Arrêt d'urgence: Permettre un arrêt rapide de la machine: le système doit être immobilisé en approximativement 10 secondes. Le fournisseur doit être en pleine possibilité de chiffrer le temps imparti lors d'un arrêt d'urgence. Le rôle de Saint-Gobain par la suite sera de chiffrer le coût de ces arrêts d'urgence.

Temps de changement des informations à imprimer : Le changement des informations à imprimer doit s'effectuer de façon simple avec des systèmes rapides. L'utilisation de montage en temps masqué est fortement conseillée.

Opérateur multitâche: Un seul opérateur sur le poste d'impression et d'encollage doit être capable de réaliser les fonctions suivantes :

- Contrôle qualité visuel d'impression par réglage viscosité encre, vitesse, tension.
- Contrôle du bon encollage et de la bobine de sortie
- Préparation en parallèle du fonctionnement des nouveaux rouleaux/têtes/clichés
- En charge des arrêts d'urgence si nécessaire.

Lorsque la machine est arrêtée, le système doit être inactif et ne doit pas laisser couler d'encre.

Intégration du système : Le système devra présenter les mêmes dimensions de laize que la machine Nordson en aval. Elle doit soit se fixer et se solidariser avec les autres machines.

Laize maximum : Le système mis en place devra être capable de répondre à nos caractéristiques de laize. La laize de nos produits peut varier de 700mm à 1 500mm.

AMDEC

L'analyse des modes de défaillances, de leurs effets et leur criticité a pour but d'évaluer dans quelles mesures le système peut être amené à ne pas remplir ses fonctions.

On ne cherche pas ici à réaliser une AMDEC exhaustive mais seulement à se donner une idée des problèmes pouvant apparaître: ceci facilitera les études de faisabilité. Il est indispensable de revenir sur les problèmes d'utilisations après essai du système.

Gravité 0 : aucune importance – 2 : pénalise le produit, 4 : produit inutile – 10 : Mise en danger de humain.

Fonction	Mode de défaillance	Cause	Effet sur la fonction	Fréquence	Gravité	Non - Détection	Criticité
Fonctions Principales							
<u>FP1</u> : Assurer une synchronisation de vitesse non-tissé et abrasif	Régulateurs déréglé/inadapté	Vibration	Produit inutile	5	8	9	360
<u>FP2</u> : Assurer une tension constante en sortie de marquage	Déformation du non-tissé,	Tissé non adapté à la tension voulue	Défauts dans la qualité d'encollage avec abrasif	5	4	8	160
<u>FP3</u> : Diminuer les arrêts de production	Mauvaise placement des composants	Opérateur non formé	Arrêt du système en entier sans possibilité de temps masqué	5	8	5	200
<u>FP4</u> : Adaptabilité système impression	Mauvaise impression	Incompatibilité papier protection avec encre	Encre/machine/ papier de protection à changer	5	9	4	180
<u>FP5</u> : Aligner logos imprimés par les têtes d'impression	Marquage non satisfaisant	Juxtaposition, trop grand décalage	Production à jeter	7	5	7	245
<u>FP6</u> : Assurer une impression visible	Plus d'encre, problème contraste entre encre et non-tissé	Contrôle pas assez souvent	Papier abrasif à jeter	5	4	5	100
<u>FP7</u> : Eviter diffusion de l'encre non désirée	Faible qualité d'impression	Problèmes de séchage	Tirage à jeter	5	4	4	80
<u>FP8</u> : Adaptabilité à la vitesse d'impression de la NORDSON	Machine inadaptable, place insuffisante,	Vibrations et décollage des composants	Baisse qualité impression/ production à éliminer	5	4	4	80
<u>FP9</u> : Faible durée des arrêts de production	Imprévus	Mauvaise connaissance des REX	Ralentissement du système de production, délais non respectés.	5	3	6	90

<u>FP10</u> : Assurer un temps de changement cylindre minimal	Système attache rapide non adapté	Mauvaise conception	Perte de temps	7	5	3	105
<u>FP11</u> : Assurer un temps de nettoyage system minimal.	Encre non adaptée au lavage rapide	Mauvaise conception	Perte de temps	5	3	5	75
<u>FP12</u> : Assurer bonne réparation encre sur papier	Mauvaise fixation des racles	Opérateur non formé	Gaspillage encre / perte de produit fini.	2	4	4	32
Fonctions contraintes							
<u>FC1</u> : Résister à l'environnement	Eau/air sur exploitation	Arrêt du système	Système non hermétique/ système manquant maintenance	5	8	6	240
<u>FC2</u> : Garantir la sécurité de l'opérateur	Zone dangereuse non protégée, encre à solvants non conditionnées	Mauvaise organisation du système de sécurité	L'opérateur à dédommager économiquement	2	10	10	200
<u>FC3</u> : Garantir environnement sécurisé	Vitesse trop élevée	Échauffement local des manchons	Risque de brulure	5	5	8	200

Interactive Qualifying Project

As a corporate world leader, Saint-Gobain is highly committed to environmental welfare and the reduction of the impact their processes have at all stages of production. In an effort to promote sustainability, the company takes action to use eco-friendly raw materials and limit the energy consumption of their machinery. Taking this into consideration, this project addresses the optimization of an industrial packaging printing production line housed in an abrasives manufacturing plant in Conflans-Sainte-Honorine, France. The current system in place can be understood in three stages: (1) fabrication of the abrasive material, (2) lamination of protective packaging, and (3) final product information printing.

Fabrication of the raw material involves the deposition of abrasive grains and adhesives onto a durable, canvas-like cloth. After curation, the material is passed through a press that prints product information, such as grain size, date, product batch, and brand name. This finished product is wound on a reel. The reel is transferred to a second machine that unwinds it and laminates the abrasive with a layer of “duvetyne”, a thin, white tissue that is used to protect the product during storage and transportation. A second reel is formed and transferred to a third machine. At this point, certain pieces of information that were originally printed on the abrasive may no longer be visible, so the brand and grain size are re-printed on the white tissue. The final reel is taken to be stored at the end of this process.

The system in question is that of the third stage. Presently, the company uses a flexographic printing press, shown below in Figure 2, which operates with water-based ink and is maintained with a water-based cleaning solution. The press uses a system of sleeves and clichés, which are miniature plaques, with one print head. The images below depict the systems in place. While it was sufficient six years ago, the current system in place has several flaws and does not meet today’s industrial standards. Operating at just 20 meters per minute, the aging printing machine is simply too slow to match the efficiency of the rest of the production line. An in-depth study of printing press technology, including offset, rotogravure, flexography, laser, screen, and inkjet, was conducted to determine the most suitable replacement to increase the plant’s efficiency. Upon examining these potential solutions from both a technical and financial standpoint, the team chose flexography due to the reasonable cost of machinery and maintenance, direct application to flexible packaging, and overall system adaptability.

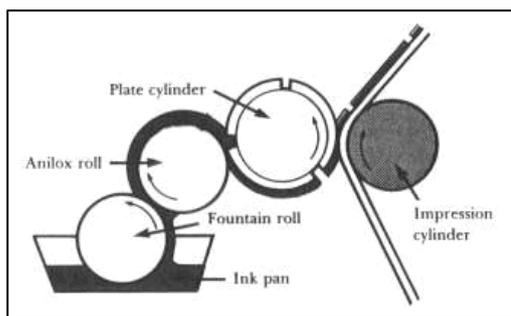


Figure 1. Flexography Cylinders¹



Figure 2. Conflans Plant Machine

Flexographic printing involves the use of a minimum of three cylinders, as can be seen in Figure 1. The first, known as the “anilox” is a roller composed of hundreds of small cells that trap ink as they come into contact with it. Two small, sharp metal plates, known as “doctor blades”, scrape off excess ink as the anilox turns. The anilox then transfers the ink to a second roller known as the plate cylinder. This roller contains several bands, or clichés, of motifs that press ink onto the substrate. The image on the right shows a roller equipped with roughly fifty clichés. The third cylinder serves to provide counter pressure and maintain tension of the substrate during the printing process. Current industrial machines that serve as flexographic printers offer the best combination of adaptable high speed printing at a reasonable cost (Petit, 2011). While these are often the most valuable factors in a company’s decision, it is also important to examine the environmental implications of such a system, especially because the Conflans plant operates twenty-four hours a day, seven days a week. To address this, the team examined the properties of three of the most popular flexographic inks: water-based, solvent-based, and ultraviolet (UV) curable. This assessment was completed in two phases: raw composition and post-application procedures.

Raw Composition

Generally, most printing inks, regardless of application, are composed of the following components: colorants, binding media, solvents, and auxiliary agents. Colorants are available either as suspended particles of pigments or as homogeneous solutions of dyes, and are responsible for the tint and hue of the ink. Binding media serve as a source of adherence between the constituents and are most often in the form of resins. Solvents are organic chemicals, such as xylene and toluene, which are added to the ink to vary viscosity and rate of evaporation (Brancher, 2000). Other components may be added to provide luster or create effects based on application.

Water-based inks are, as the name indicates, mostly composed of water, with solvent content staying below ten percent. Solvent-based inks carry roughly fifty to seventy percent organic solvents, and UV-curable inks contain no solvents, and instead, a very high percentage of resins.

The solvents used in water and solvent-based inks are toxic and hazardous to humans, and are sources of Volatile Organic Compounds (VOC’s). VOC’s are dangerous

¹ Printers’ National Environmental Assistance Center

organic chemicals that tend to evaporate quickly and have adverse long-term effects on humans and the environment (Greenguard, 2015). This factor alone makes solvent-based inks less than ideal for a safe workplace. To assess the differences between water-based and UV inks, however, it is necessary to examine post-application procedures.

Post-application Procedures

Water- and solvent-based inks are generally dried either by exposure to air or through a thermal drying system. UV-curable inks are predictably dried with exposure to ultraviolet light. The drying processes result in the reaction and evaporation of solvents and other liquids in the ink.

Researchers at American chemical company BASF recently completed a study on the environmental and economic efficiency of the three flexographic inks discussed in this paper (“Eco-Efficiency Analysis”, 2013). They used a flexographic press to print on a film with several colors and analyzed their results in the following categories: costs, primary energy consumption, global warming potential, ozone depletion potential, acidification potential, smog potential, water emissions, solid waste generation, toxicity potential, and risk potential.

To quantify the results from their study, the researchers developed a unit, Customer Benefit (CB), which is defined as “the production, use and disposal of 1,000 m² of 3 mil LDPE flexographic printed film with a 25% solid image coverage area as applied by each individual printing station on a 4-color CI (Central Impression) press”.

Overall life cycle costs of the inks were calculated using values from capital investment up to manufacturing and implementation of law-abiding safety programs. In order to assess environmental damage potential, emissions and waste were quantified using standards set by the Intergovernmental Panel on Climate Change, an organization administered by the United Nations. Air, water, and solid byproducts were evaluated by quantity produced and category, with different weight values assigned to municipal, hazardous, construction, and mining waste. Primary energy consumption was measured in Mega Joules (MJ) per CB to include all uses of energy starting from the manufacturing of the raw materials up to the end use on the test film.

Each type of ink was applied by a Central Impression flexographic machine, which used several colors to provide a more accurate representation of the inks’ capabilities. The substrate used was a polyethylene film with the machine solidly covering twenty-five percent of the surface with color. The film was then exposed to a drying method corresponding to the type of ink used. In this case, water-based and solvent-based inks used a thermal dryer and UV-based was exposed to UV light. The inks and film were then disposed of appropriately, and these parameters were included in the studies for cost and environmental impact. The two tables below display the overall energy consumption and costs of the systems.

Table 1 contains the total energy usage that each ink system requires as specified by manufacturer equipment documents. These values only pertain to the printing system once it is active on the plant floor; raw material use is not shown here. UV-cured ink has predictably the highest overall energy consumption which can be attributed to the drying process. As shown in Table 2, UV-cured ink also has the highest cost, which is a result of the specific chemical solution that permits its drying properties. However, it is important to note that solvent-based ink contains the greatest costs attributed to the handling of hazardous materials. Overall, the water-based choice has the lowest life cycle costs.

Table 1. Energy Consumption

Energy	Units	Water	Solvent	UV-Cured
Electricity				
Drive power	kWh	108	180	159
Inter-station – Drying	kWh	-	-	130
Inter-station – Blower	kWh	12	12	-
Main (final) – Drying	kWh	-	-	65
Main (final) – Blower	kWh	18	18	-
Inter-station cooling – UV lamps	kWh	-	-	24
Main cooling – UV lamps	kWh	-	-	36
Natural Gas				
Inter-station – Drying	MBTU/hr	0.76	0.64	-
Main (final) – Drying	MBTU/hr	1.14	0.96	-
Total	MBTU/hr	1.9	1.6	-
Total	MJ/CB	98	50	-

Table 2. Life Cycle Costs

Item Costs	Units	Water	Solvent	UV-Cured
Material				
Ink Cost	\$/CB	\$22.70	\$41.54	\$63.91
Film Cost	\$/CB	\$290.00	\$290.00	\$290.00
Total Material Costs	\$/CB	\$313	\$332	\$354
Energy				
Electricity Cost	\$/CB	\$0.63	\$0.58	\$1.29
Natural Gas Cost	\$/CB	\$0.10	\$0.05	-
Total Energy Costs	\$/CB	\$0.73	\$0.63	\$1.29
Manufacturing				
Production Labor	\$/CB	\$4.26	\$2.56	\$2.90
Drum Handling and Logistics	\$/CB	\$0.50	\$0.71	\$0.34
Total Manufacturing Costs	\$/CB	\$4.76	\$3.26	\$3.24
Waste				
Hazardous Costs	\$/CB	\$0.52	\$0.73	\$0.35
Non-Hazardous Costs	\$/CB	\$0.05	\$0.05	\$0.05
Total Waste Costs	\$/CB	\$0.56	\$0.78	\$0.40
Thermal Oxidizer				
	\$/CB	-	\$1.24	-
Total	\$/CB	\$318.75	\$337.45	\$358.84

The following graph completes the energy consumption profiles for each ink by providing information on the resources used during manufacturing and production of the ink.

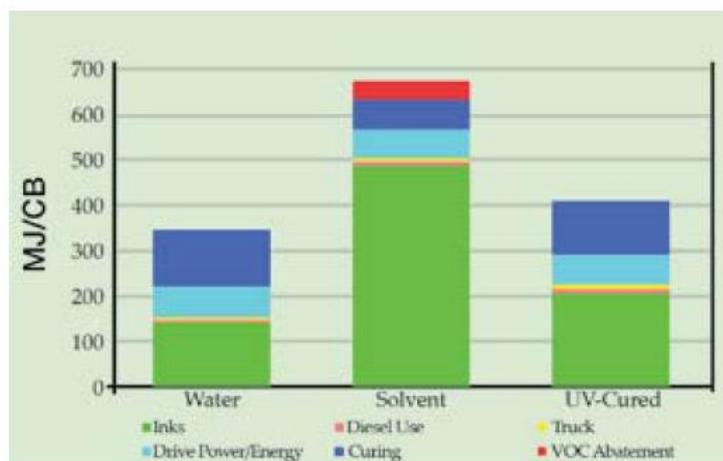


Figure 1. Manufacturing Energy Consumption

As can be seen by the green portions of each bar, solvent-based inks are the most environmentally expensive to produce, and this is due to the consumption of natural resources, such as oil and gas, during the processing of raw materials. It is important to take note of the red portion, which indicates VOC presence, as this is a strong indicator of environmental safety both inside and outside of factory conditions. These very same factors have a notable potential for toxicity and global warming, ozone depletion, and other adverse effects. The table below summarizes the study's findings in each category.

Table 3. Analysis Results

	Water-based	Solvent-based	UV-curable	Driving Factor
Cost	1	2	3	Varied
Primary Energy Consumption	1	3	2	Ink Production
Global Warming Potential	1	3	2	CO ₂ emissions; VOC's
Ozone Depletion Potential	1	1	2	Formulation stage CFC's
Acidification Potential	1	2	3	Overall NO ₂ & SO ₂ emissions
Smog Potential	1	3	2	VOC's - ink production
Water Emissions	3	1	2	Ink formulation
Solid Waste Generation	1	3	2	Ink production phase waste
Raw Material Consumption	1	3	2	Fossil fuels from ink production
Toxicity Potential	1	3	2	Solvent content
Risk Potential	1	2	3	Curing process
Total	13	26	25	

The systems have been ranked in each facet of the study, with a value of one indicating the lowest relative potential and three indicating the highest. Beside each set of rankings, a column containing the most influential factors in each outcome is displayed. The most distinguished rankings are as follows:

Primary Energy Consumption: The solvent-based system requires nearly twice the amount energy as the water-based system during the formulation process, and this

owes largely to the delicate conditions that must be maintained when managing volatile chemicals.

Solid Waste Generation: Water-based inks produce half as much solid waste as UV-curable inks; however, this is primarily a result of raw manufacturing processes, and during the actual application the difference is not as stark.

Toxicity Potential: The life-cycle toxicity potential – that is, the toxicity of the inks from pre-formulation handling up to finished used and disposal – was significantly higher with the solvent-based system. The components of this analysis were given the following weights: 70% consumer use, 20% production phase, and 10% disposal. The water-based choice was almost half as toxic as the other two options. This, paired with the results from **Risk Potential**, leaves water-based ink as the safest option for both the environment and the operators.

From this study of the raw materials of the ink and the post-application behavior, water-based ink seems to be the safest option. When run at a slow speed, as is expected at the Conflans plant, a water-based printing system may not require an explicit dryer and it is often sufficient to allow oxygen from the surrounding air to react with the components of the ink. In addition, the use of ink with a simple composition permits the use of water-based cleaning products during the disposal phase at the conclusion of production. Applicable on a wide variety of substrates, this system would allow for the flexibility and quality required by Saint-Gobain without compromising the company's commitment to environmental and occupational safety.

Although the final product of the group resembles that of a typical IQP, this final deliverable was not achieved in the conventional manner.

The experience of working with a team consisting of multiple cultures and varying language skills in a country 4000 miles from home has proven to be an experience unlike any other. Of course this has not necessarily come as a shock to anyone. Upon arriving in France, it immediately became clear that even everyday responsibilities would require a completely different outlook and approach than ever before. Tasks as simple as buying groceries, making a phone call, and acquiring a bank account suddenly became major accomplishments to be proud of. The culture shock was immediate, and the realization that this was our home for the next eight months was even stronger. All these realizations could be a little unnerving, but the strongest realization of all was that we had just embarked on the adventure of a lifetime.

The first recognition one makes when getting off a plane at Charles de Gaulle airport in Paris is that the French language reigns supreme. This is where planning for something and being prepared for something distinguished themselves as two completely different entities. Was it part of the plan to use our French language skills? Absolutely, it was even part of the preparation, but we quickly realized that becoming fluent in the language would be a long and arduous process that would likely never reach its end goal. Grasping this fact could have led us down a path of apathy regarding

our French abilities; we vowed not to let this happen. Within our first few days in Lille we were already doing everything we could to immerse ourselves in the language. Whether it was ordering food, talking to shopkeepers, or meeting new friends, we insisted on practicing our new skills. Even time spent watching Netflix led us towards French films and TV shows with French subtitles. Although at times it has not been easy, this attitude has made all the difference.

One cultural difference that has made our learning process easier has been the friendliness of the people here in Europe, particularly young people. Travelling not only in France but all over Europe, we met a number of young people who were enthusiastic to meet Americans, and even more excited when they learned that we spoke French. We often find in America that international students spend most of their time with students who come from the same country of origin. One of the principal reasons is likely that in general, American students will typically not go out of their way to welcome these students. This was not at all the case in Lille. Ever since our first week at HEI there have been students reaching out and just looking to spend time with us, simply due to their friendliness and interest in other cultures. This experience has granted us a completely new insight on what is to be an outsider, and just how poignant an invitation or even a friendly remark can be to someone. Although this does not necessarily conform to the reputation of French people in America, it was a wonderful experience to see how welcoming and open the culture here could be.

Our experiences with French people progressed with the start of our Eleven-Week Project. Although we did not know this at the time, this project would be completed with two French students who had not signed up to work with international students, and therefore could not have expected many of the challenges that would invariably arise.

As one would predict, the challenges of working in a multicultural and multilingual group in France were not necessarily the same as that be expected from a typical IQP group at WPI. Perhaps the most predictable problem, and likely the most challenging, involved communication. One of the most vital elements of any team is a strong level of communication. This becomes much harder to obtain when there is a language barrier between members of the group. In our situation, the result of the language barrier was simply to increase our level of discussion. The group established planning documents not only for meeting times but also for work to be completed. Additionally, a Facebook group was created in order to stimulate conversation and allow for confirmation as far as meeting times and various plans. Finally, and most importantly in our opinion, was an increased level of collaboration on everything we did.

There is a typical standard level of collaboration to be expected with group projects at WPI. Google Drive folders are created in order to share work and various documents. Oftentimes, that is where the collaboration ends. Tasks are quickly divided

and individuals complete their assignments, only to copy and paste them in a shared document when the time comes. That is not at all how the team functioned here at HEI. Constant collaboration became the norm, with a persistent exchanging of ideas and sharing of thoughts regarding various problems and ways to approach the project. Although there was a period of adjustment to this style of work for us Americans, it proved to be extremely helpful with regards not only to our quality of work for the project, but also our level of speaking. This style forced us to find a way to get our point across, even when it did not come as naturally as we would hope, and played an enormous role in the progression of our French language skills.

In addition to serving as our unofficial language tutors, our French partners played countless other roles during our time here at Lille. Whether it was serving as a chauffeur, providing food or music recommendations, or simply being a friend, our partners were frequently there for us.

One of the group's most lasting memories of this project will undoubtedly be our trip to Munich for the ICE Europe exhibition for converting and packaging. Leading up to this trip at the start of March, the group performed countless hours of research preparing lists of companies with whom to discuss our project and any possible solutions they might have. The primary goal of the trip was twofold: to obtain a better understanding of the printing and converting industry for our technological study, and secondly to further our contact with several printer fabricators who we felt could provide our final desired product. After conducting over 25 meetings throughout the course of the exhibition, the group had reached both of these goals. However, one additional unexpected achievement involved the improved dynamic among the group.

Although there was already a strong work-environment relationship between group members, our true bonds were forged during the Munich trip. Prior to the trip our relationship was almost completely work-focused. Discussions focused mostly on the project, and not much time was spent getting to know each other. This all changed during the Munich trip. By spending two and a half days together in one hotel room, sharing meals, and spending time socially together, the dynamic of the group flourished. We now understood each other's personalities, and felt much more comfortable sharing ideas and challenging one another. Perhaps mainly for this reason, in addition to our newly acquired knowledge, the Munich exhibition served as a turning point for the project.

In addition to interactions among group members, the team also experienced a large amount of professional interaction over our 11 week project. The interactions can be broken down into three main categories: Consulting with experts in the printing field, meetings with print machine fabricators, and finally interactions with our sponsor, Saint-Gobain.

The first group of people the group wanted to meet with was experts in the printing field. Having a limited amount of information available to us online, along with

a limited background on the subject, these meeting became of utmost importance to us. By meeting not only with experienced printing professionals, but also professors from HEI, the group was able to obtain a strong foundation for all subsequent research. In addition to this, after learning more about our project, many of these professionals were able to direct us towards companies who may be able to provide their assistance.

This leads us to our second category of meetings, those conducted with various suppliers (or “fournisseurs”) for our desired printing machine. After concluding most of our research, it became clear that the best technology for our purposes was flexographic printing. One of our first contacts in this field was Mondon, a French company who specializes in the production of flexographic printers. Through this contact with Mondon, the group acquired an invitation to the previously mentioned exhibition in Munich, where the majority of our meetings were conducted. One of the most fascinating elements of these meetings is that some companies only spoke French, and many other companies spoke no French at all, and therefore we relied on our English. For this reason, the group split into two pairs, each one consisting of a French speaker and an English speaker. This proved to be another time where having a multicultural group served not as a challenge, but as an asset. With our multilingual pairs the group was able to obtain a vast majority of information from different companies, and further our project substantially.

Finally and likely most importantly, was our contact with the project sponsor, Saint- Gobain. Our first meeting with Saint-Gobain in Conflans came during the second week of the project, and we received not only a tour of the plant, but also a strong idea of the project and what Saint-Gobain was looking for. Following this meeting, there was a bounty of information to be sought from Saint-Gobain including technical specifications for their printers, ink, and other materials. After receiving some basic information regarding these details, we would have 2 more meetings with Saint-Gobain, the first to obtain a better understanding of the project, and the second as a mid-way check in where the group was able to present its progress. Following this meeting, we sought more technical information, but given that the company has other daily obligations, we never received this information. Given our limited experience with companies of this nature in the United States, it would be difficult to compare our involvement with the company to the behavior of companies in the USA, but it would suffice to note that although Saint-Gobain provided a strong initial idea of the scope of the project, receiving much information beyond this proved to be quite difficult.

Our final piece to examine for this project concerns it's comparison to a typical IQP at WPI. TO begin with, the group made steps to solve a real-life problem by working in collaboration with other students. The difference here is that we were lucky enough to complete our project in a foreign language, with students of different cultures from a different school. Although our aforementioned challenges may differ from those a typical group, and the project procedure was not the same, the main points remain the same. First, the group was able to examine social differences and behavioral dynamics

in the setting of a new country. Secondly, the environmental and economic consequences of our solution had to be taken as a major consideration of our project. Finally, although perhaps in a way dissimilar to most IQP's, the group used its interdisciplinary nature in order to combine different skill sets and opinions in order to achieve the best possible solution.

References

Brancher - Encres d'imprimerie. (2000, January 1). Retrieved February 26, 2015.

Greenguard. Chemicals. (2015, January 1). Retrieved March 1, 2015.

Petit, B. (2011). Chaîne graphique du packaging - Activité et appareillage d'impression. In *Techniques de l'ingénieur* (A6 ed., pp. 1-12).

Piluso, C., Serafano, J., Kloock, L., Grandke, R., & Bradley, C. (2013, January 1). Eco-Efficiency Analysis Demonstrates the Environmental and Economic Benefits of Flexographic Printing Inks in Film Applications. Retrieved April 16, 2015.

PNEAC Disclaimer: Environment and Printing: The Printers' National Environmental Assistance Center: PNEAC: The Environmental Information Website for the Printing Industry. (1995, January 1). Retrieved March 4, 2015.

Listes Contacts

Personnes

- 1) Vincent Hennique - Ancien HEI, professionnel dans l'industrie d'impression (27.02.2015)
- 2) Christian Tillet - Technicien Méthodes / Progrès Continu, SG Abrasives
- 3) Claude Torrez - Responsable du Département Chimie, Textiles et Process Innovants HEI (25.02.2015)
- 4) Denis Deranton - Responsable pole TIMTEX à HEI (25.02.2015)
- 5) Sophie Reynaud – Directrice opérationnelle, MATIKEM (20.03.2015)
- 6) Shawn Olmsted - Saint Gobain USA
- 7) Harold Freeman - Associate Dean of Research, College of Textiles, NC State University
- 8) David Perry - Director of Office of International Affairs and Development
- 9) Jamal Yagoobi – Mechanical Engineering Department Head, WPI
- 10) Claude Vriet - Responsable Produits Cylindriques à Miller Graphics (08.04.2015)
- 11) Jean-Yves Crauser – Directeur de la production, Saint-Gobain Conflans
- 12) Philippe Biela – Chef du projet

Entreprises rencontrées au salon ICE Munich

- | | | |
|-------------------|--------------------|---------------------------|
| 1) Applied Laser | 9) Fait Group | 16) PCT Engineer |
| 2) Baldwin Tech | 10) Flexo Concepts | 17) Reglass |
| 3) Bobst | 11) Graphic Team | 18) SAM |
| 4) Comexi | 12) Heraeus | 19) TKM Meyer |
| 5) Daetwyler | 13) HSM Technology | 20) Tresu Group |
| 6) Delta Modtech | 14) Mondon | 21) Wifag |
| 7) Dörmer Technik | 15) Opti-Color | 22) Windmoller & Holscher |