

# La Nanographie

Veille Technologique et d'Intelligence Économique

Grenoble INP - Pagora

BEZULIER Loïc  
COMBEAU Bastien  
DUVALET Aurore  
MICHAUX Axel

Étudiant ICI - 2020

# Table des matières

<b>Introduction</b>	<b>4</b>
<b>I. Le marché des industries graphiques</b>	<b>6</b>
A. Caractéristiques des marchés	6
1. L'impression de labeur	6
a. Un secteur en tension depuis plusieurs années	6
b. Les presses de l'impression de labeur	9
- Les presses offset	9
- Les presses numériques	11
c. Facteurs environnementaux	13
d. La nanographie pour l'impression de labeur	13
2. L'emballage	14
a. Un secteur en croissance	14
b. Les presses du secteur de l'emballage	16
- Les presses offset	17
- Les presses numériques	18
c. Facteurs environnementaux	19
d. La nanographie pour l'emballage	20
B. Le développement économique de la Nanotechnologie	21
C. Diagramme de PORTER	22
D. Chaîne de valeur	24
<b>II. Une nouvelle solution technique: la nanographie</b>	<b>25</b>
A. Description du procédé nanographie	26
B. Les solutions techniques utilisées en nanographie	27
1. Avant l'impression : RIP et gestion des flux de données	28
2. Pendant l'impression	30
a. Alimentation de la presse (FaF, R2R)	30
b. Encre et Éjection de l'encre	31
c. Transfert du film d'encre au support	32

C. La nanographie face à la concurrence	33
1. La nanographie sur le marché de l'offset	33
2. La nanographie sur le marché du jet d'encre	35
<b>III. Les enjeux de la nanographie</b>	<b>35</b>
A. Contexte législatif	35
1. Contexte environnemental	36
2. Le code du travail	36
3. L'intelligence artificielle	37
B. L'impact de la nanographie sur le développement durable	38
1. Substrat	38
2. Encre	38
3. Désencrage	39
<b>IV. Perspectives d'évolution</b>	<b>40</b>
A. De nouvelles applications dans le futur	40
1. La nanographie en électronique imprimée ?	40
2. D'autres encres pour ce procédé ?	40
B. Variables essentielles de la nanographie	41
C. Synthèse des tendances constatées	42
D. Diagnostic stratégique	43
E. Élaboration des scénarios	45
1. Scénario optimiste	45
2. Scénario pessimiste	46
3. Scénario tendanciel	47
F. Analyse des risques	47
<b>Conclusion</b>	<b>48</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>50</b>

## Introduction

L'industrie graphique regroupe l'ensemble des acteurs permettant la fabrication d'un produit imprimé. Cette industrie est représentée par deux marchés principaux. Le marché de l'impression de labeur, qui répond à la demande en imprimés promotionnels, journaux, magazines ou livres. Puis le marché de l'emballage qui répond à la demande des secteurs consommateurs d'emballages tels que l'alimentaire, la santé, le cosmétique ou le luxe. Ces marchés n'évoluent pas de la même façon et doivent s'adapter aux nouveaux besoins de la société. En effet l'impression de labeur est mise en danger par l'apparition du numérique et de la montée des outils de communication en ligne. A l'inverse le marché de l'emballage est en croissance grâce au développement de la personnalisation. Ces marchés sont soumis à une concurrence forte au niveau des technologies utilisées. De la création du produit jusqu'à l'impression à grande ou petite échelle en passant par le traitement des fichiers numériques et le choix du procédé d'impression, les industries graphiques offrent de nombreuses possibilités.

Depuis la création de l'imprimerie par Gutenberg au XV<sup>e</sup> siècle, les techniques et procédés d'impression n'ont cessé d'évoluer. Certains procédés sont très peu utilisés aujourd'hui comme la typographie où les lettres sont frappées sur la surface à imprimer. D'autres se sont développés comme la sérigraphie où l'encre passe au travers d'un écran jouant le rôle de pochoir ou encore la flexographie qui permet d'imprimer sur des supports souples. Le domaine de l'impression à grande échelle est quant à lui marqué par l'apparition de l'offset à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, procédé à plat indirect où l'encre est déposée sur un blanchet puis transférée sur une plaque d'aluminium gravée du motif à imprimer. L'offset est aujourd'hui le procédé dominant sur les marchés de l'impression de labeur et de l'emballage car il permet de fournir des produits de qualité pour des longs tirages. Ce procédé a cependant certaines limites en particulier un temps long de réglage des presses, il est énergivore et engendre beaucoup de pertes papier.

En parallèle de tous ces procédés et grâce aux progrès techniques, le XX<sup>e</sup> siècle a vu apparaître de nouvelles méthodes appelées impressions numériques : le jet d'encre et l'électrophotographie. Ces méthodes sont différentes de l'imprimerie dite traditionnelle et offrent de nouvelles possibilités en terme de qualité de reproduction, de précision et surtout de personnalisation. Le jet d'encre a su prendre des parts de marché pour l'impression de labeur et l'emballage car il permet de contrer les limites de l'offset. Cependant ce procédé n'est pas adapté pour de longs tirages et l'interaction de l'encre avec le support peut être difficile à contrôler.

Pour pouvoir répondre aux besoins de l'impression de labeur et de l'emballage, c'est à dire une grande qualité d'impression, une grande précision, de la personnalisation et une technologie adaptée aux longs tirages sur différents types de support, le milieu de l'impression s'est développé pour donner naissance à un nouveau procédé : la nanographie.

Le procédé nanographie apparaît en 2012 au cours de la DRUPA, célèbre salon international concernant les industries graphiques et papetières. Introduit par son inventeur Benny Landa, fondateur de Indigo Digital Press et du groupe Landa Digital Printing, la nanographie se présente comme un procédé innovant combinant les avantages du procédé numérique jet d'encre et ceux du procédé traditionnel offset. En effet, cette technologie fait la promesse d'une très grande qualité d'impression grâce à une encre à base de nanopigments, adaptée à de grandes vitesses, sur tout type de support, sans séchage post impression et avec de nombreux avantages économiques. Cependant ce procédé, encore très récent, est toujours en développement et reste très secret sur ces performances réelles ou sur les coûts engendrés. A ce jour, le groupe LANDA a développé quatre presses et a accepté un partenariat avec le constructeur KOMORI pour que ce dernier crée sa propre presse nanographie qui est actuellement en développement. Seulement sept presses sont installées dans le monde entier dont trois en Europe.

En tant que nouveau procédé d'impression, de nombreux points sont à soulever : les promesses au niveau de la performance et de la qualité sont-elles tenues ? Ce procédé est-il économiquement rentable par rapport aux autres procédés tout en étant respectueux de l'environnement ? L'utilisation de nanopigments n'est elle pas dangereuse pour la santé ?

Afin d'apporter des éléments de réponses aux points ci-dessus, ce rapport traite de la question suivante : comment se positionne la nanographie sur les marchés de l'impression de labeur et de l'emballage ?

Pour cela une étude globale des différents marchés de l'impression sera effectuée afin d'avoir un regard critique et une compréhension de la situation économique. Puis un rapport technique présentant en détail le procédé nanographie permettra de comprendre les performances, les avantages et les inconvénients de cette technologie. Suivi d'un point sur les enjeux législatifs et environnementaux de la nanographie. Enfin les perspectives d'évolution de ce procédé seront envisagées.

# I. Le marché des industries graphiques

## A. Caractéristiques des marchés

Pour pouvoir étudier le nouveau procédé d'impression nanographie en lien avec le marché de l'impression, il est intéressant avant toute étude, d'analyser les marchés actuels de manière à placer convenablement ce procédé d'impression dans les secteurs lui correspondant. Compte tenu des caractéristiques du procédé nanographie et de ses capacités d'impression ainsi que des volontés du constructeur, il est naturel de s'intéresser aux marchés de laur et d'emballage.

### 1. L'impression de laur

#### a. Un secteur en tension depuis plusieurs années

L'impression de laur est un secteur d'activité des industries graphiques qui couvre les demandes des clients souhaitant imprimer des textes ou des images sous forme de livres, catalogues ou affiches. En effet, le terme laur est utilisé dans ce domaine pour qualifier l'impression de documents à des tirages importants tels que des magazines et périodiques à l'exception des quotidiens. Compte tenu de la longueur et du nombre important de tirages de documents, la quantité de produits finis est donc très importante et représente une part importante du chiffre d'affaire de l'industrie graphique. Par exemple, en 2018, 1.89 millions de tonnes de papier ont été imprimés en France, ce qui représentait 4,9 milliards d'euros de chiffre d'affaire selon le dernier rapport annuel de L'IDEP [1].

Ce chiffre d'affaire relativement important est lié à la forte diversité de ce secteur d'impression qui repose majoritairement sur deux piliers qui sont l'impression publicitaire et l'impression administrative. Sur la Figure 1, le marché de l'impression publicitaire représentait un tiers du chiffre d'affaire puisque c'est le secteur le plus représentatif de l'impression de laur.



Figure 1 : Répartition du chiffre d'affaire de l'imprimerie de labeur (en %), extrait du rapport annuel de l'IDEP, édition 2019 sur les données 2018 [1]

Cependant entre 2009 et 2014, comme de nombreux secteurs d'activités, l'industrie de l'impression de labeur a été particulièrement marquée par une réduction du nombre d'emplois salariés comme le montre la Figure 2. C'est d'ailleurs le secteur qui a été le plus touché par cette réduction des effectifs parmi les secteurs comparés sur le graphique.

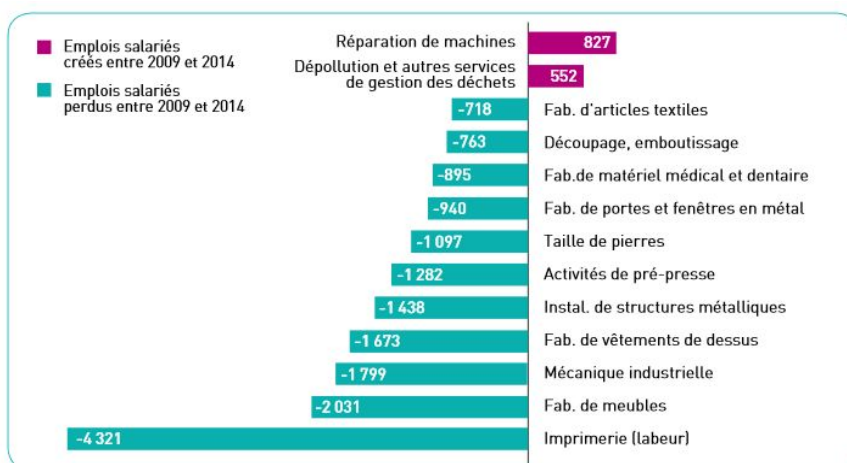


Figure 2 : Baromètre de l'emploi salarié entre 2009 et 2014, extrait du tableau économique de l'artisanat de la Direction Générale des Entreprises (DGE) réalisé en Août 2016 [2]

La réduction importante du nombre de salariés dans l'impression de labour est probablement liée à la diminution de la longueur et du nombre de tirages entraînant une baisse des tonnages d'imprimés entre 2008 et 2017, comme le montre la Figure 3. Ainsi compte tenu de la baisse du nombre d'imprimés, le chiffre d'affaire de ce secteur a suivi la même évolution, ce qui a impliqué la réduction des effectifs de production car les industriels n'ont pas fait le choix de vendre des produits à plus forte valeur ajoutée ce qui aurait potentiellement augmenté le chiffre d'affaire.

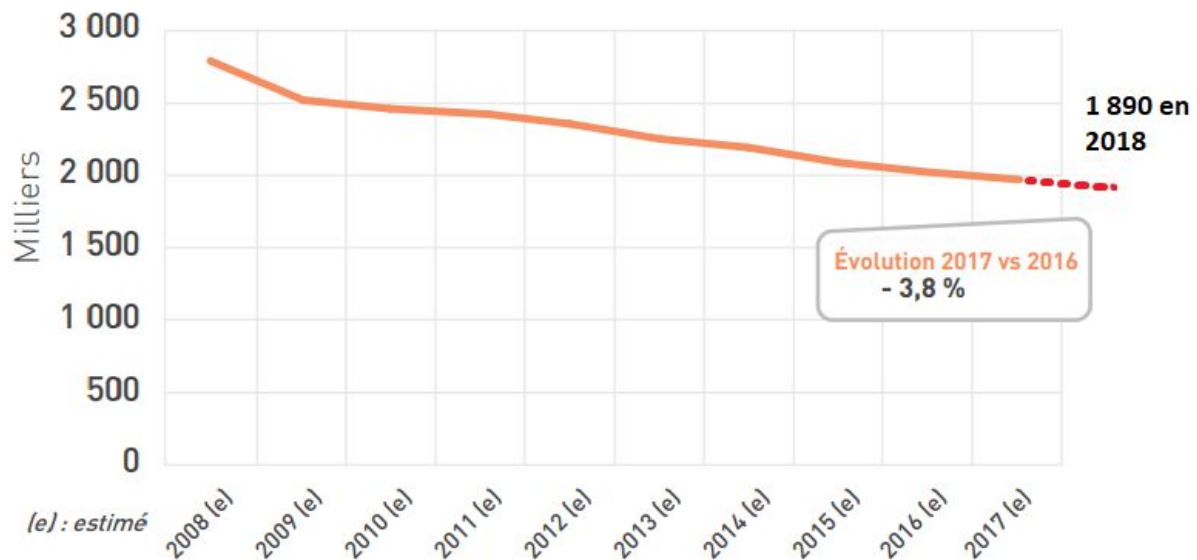


Figure 3 : Evolution des tonnages imprimés par les imprimeries de labour d'après les chiffres clés de la communication graphique de l'IDEP édition 2019 sur les données de 2017 [3]

Les valeurs sur la Figure 3 sont des estimations puisqu'il est difficile de recenser l'intégralité des quantités d'imprimés qui sortent des imprimeries de labour chaque année du fait de leur nombre important mais cette représentation graphique semble en accord avec les estimations car d'après les chiffres annoncés par l'IDEP en 2018 environ 1.89 millions de tonnes d'imprimés sortaient des imprimeries de labour.

Enfin, l'impression de labour est un secteur qui utilise en grande partie l'offset pour réaliser ses tirages. En effet, l'impression offset est une technique d'impression permettant de réaliser des tirages très long jusqu'à plusieurs centaines de milliers exemplaires. Dans ce secteur des industries graphiques de nombreux formats standardisés sont utilisés afin de satisfaire les attentes de tous les clients désirant imprimer leurs produits. Ainsi la nanographie en format B1 vient concurrencer ce procédé d'impression pour réaliser des magazines ou d'affiches grand format.



L'impression de labeur regroupe également le secteur de l'étiquette. Ce secteur n'est pas majoritaire en termes de chiffre d'affaire (Figure 1) mais il est important en termes de quantités. Par exemple, en 2016 le marché des presses à étiquettes numériques a augmenté d'environ 25 %, ce qui montre que ce secteur est en plein essor [4]. Ainsi le secteur de l'impression de labeur est également marqué par la présence de ces presses numériques jet d'encre car elles permettent plus de liberté en termes de personnalisation.

### b. Les presses de l'impression de labeur

Le milieu de l'impression de labeur nécessite des presses performantes capables d'atteindre des cadences élevées tout en gardant une qualité d'impression optimale.

#### - Les presses offset

Afin de satisfaire les attentes des imprimeurs, les constructeurs de presses offset feuille à feuille font preuve d'inventivité et de technicité pour produire les meilleures presses toujours plus performantes. Parmi tous les constructeurs de presses offset, il est possible de citer Heidelberg, KBA, Komori, Manroland et Ryobi.

Le constructeur Heidelberg est un constructeur proposant des presses pour toutes les étapes de production dont des presses offset de divers formats et des machines de découpe, de gaufrage, de pliage et de collage. En format B1, Heidelberg produit une gamme de presses nommée Speedmaster et déclinée en cinq catégories. Par exemple la Speedmaster XL 106 est une presse offset Heidelberg pouvant atteindre une vitesse d'impression de 18 000 feuilles par heure en format B1 et en impression recto ou en retournement, représentée en Figure 4 [5].



Figure 4 : Heidelberg Speedmaster XL 106

Cette presse offset feuille à feuille est constituée de huit groupes d'impression (CMJN recto-verso) et d'un groupe de vernissage pour les exigences particulières et les produits nécessitant de l'ennoblissement.

Comme Heidelberg, Komori est un constructeur de machines dédiées au secteur des industries graphiques dont des presses offset déclinées en sept gammes. La presse Lithrone GX40P est une presse moderne qui permet l'impression recto-verso en un seul passage grâce à ses huit groupes d'impression. De plus, comme la presse Heidelberg présentée précédemment, la vitesse maximale d'impression de cette presse Komori, représentée en Figure 5, est de 18 000 feuilles par heure [6].



Figure 5 : Komori Lithrone GX40P

Les deux presses présentées dans cette partie sont donc des presses polyvalentes permettant de garantir une impression de qualité dans le secteur de l'impression de labour mais ce ne sont que des exemples des nombreuses presses qu'il existe sur le marché. Le Tableau 1 présente succinctement les caractéristiques techniques d'autres presses offset pour l'impression de labour. Ce tableau n'est pas exhaustif mais il donne un aperçu des différentes possibilités d'impression en offset pour le labour.

Presse	Nombre de groupes	Vitesse maximale (feuilles/h)	Format (mm)
<b>Heidelberg</b> Speedmaster CS 92	4	15 000	650 x 940
<b>Heidelberg</b> Speedmaster CD 102	6 + 1 vernissage	15 000	720 x 1020
<b>Heidelberg</b> Speedmaster CX 102	6 + 1 vernissage	16 500	720 x 1020
<b>KBA</b> Rapida 105 PRO	6	17 000	740 x 1050

<b>KBA</b> Rapida 106	9 + 1 vernissage	18 000	740 x 1060
<b>Komori</b> Lithrone GX40RP	8	15 000	750 x 1050
<b>Komori</b> Lithrone GX40	6 + 1 vernissage	18 000	750 x 1050
<b>Komori</b> Lithrone S40SP	6	15 000	720 x 1030
<b>Manroland</b> Roland 700 Evolution	6	18 000	750 x 1050
<b>RYOBI/RMGT</b> serie 9	2-10	16 200	640 x 920

Tableau 1 : Caractéristiques de quelques presses offset selon les constructeurs [7 à 11]

#### - Les presses numériques

Dans l'impression de labour, il est nécessaire d'imprimer à une cadence très importante de l'ordre de plusieurs dizaines de mètres par minute pour pouvoir satisfaire la demande. Cependant combiner rapidité et numérique n'est pas une chose facile à réaliser car il est difficile d'imprimer aussi rapidement qu'en offset avec le procédé jet d'encre ou électrophotographie. C'est sur ce point que les constructeurs de presses numériques travaillent afin d'améliorer la productivité de leurs presses.

Parmi les constructeurs de presses numériques, EPSON propose des presses à étiquettes numériques permettant de réaliser des tirages plus faibles que les tirages en offset tout en ajoutant de la personnalisation. La presse SurePress L-6534VW d'Epson, représentée en Figure 6, est une presse jet d'encre UV à étiquettes fabriquée pour avoir une productivité élevée. Cette presse permet de garantir une excellente qualité d'impression. En effet, ses têtes d'impression PrecisionCore d'Epson permettent d'atteindre une résolution de 600 x 1200 dpi en mono-passage grâce à des gouttelettes de 3,2 pl au minimum. Cette presse numérique permet un rendu de haute opacité grâce à l'ajout d'une encre blanche, ce qui permet d'imprimer des images éclatantes sur les substrats transparents [12].



Figure 6 : Epson SurePress L-6534VW

Enfin, la presse SurePress L-6534VW d'Epson permet d'atteindre une vitesse d'impression de 50 m/min en productivité maximale mais en mode standard cette presse tourne en moyenne à 30 m/min, ce qui est adapté au secteur de l'étiquette. De plus en réduisant la vitesse d'impression autour de 15 m/min l'impression haute densité est réalisable mais ce n'est pas la vitesse la plus utilisée du fait de sa faible productivité mais nécessaire aux étiquettes de haute valeur ajoutée [12].

Le Tableau 2, non exhaustif, présente d'autres presses numériques pour l'impression de labour.

Presse	Résolution maximale (dpi)	Vitesse maximale	Format (mm)
<b>HP</b> Indigo 5000	812 x 812	4 000 à 8 000 f/h selon la résolution et le nombre de couleurs	320 x 470
<b>HP</b> T300 Inkjet Web Press	1 200 x 600	122 m/min	laize de 762
<b>HP</b> Indigo 6900	210 (lpp)	40 m/min	laize de 340
<b>Impika</b> ipress 2400	1 200 x 1200	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 6 000 f/h</li> <li>• 76 m/min</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 500 x 700</li> <li>• laize de 520</li> </ul>

Tableau 2 : Caractéristiques de quelques presses numériques selon les constructeurs [13-15]



Grâce aux presses offset et jet d'encre, le milieu de l'impression de laurier est donc un secteur qui peut satisfaire la demande du marché. Il est donc difficile pour une nouvelle technologie telle que le procédé nanographie de prendre une place sur le marché compte tenu du monopole des procédés traditionnels auxquels sont majoritairement attachés les imprimeurs. Mais le constructeur Israélien Landa Digital Printing a développé deux presses nanographie, la LANDA S10P et la LANDA W10P qui pourraient bien prendre des parts de marchés grâce ce nouveau procédé d'impression et seront détaillés par la suite.

### c. Facteurs environnementaux

L'impression de laurier est un secteur des industries graphiques produisant de nombreux imprimés principalement à destination des publicitaires. Compte tenu de la quantité et de l'utilisation éphémère des imprimés, ceux-ci sont voués à être jetés en très grand nombre. Dans le but de gérer au mieux les impacts sur l'environnement, il est nécessaire de contrôler le devenir de ses imprimés afin de s'assurer qu'ils soient recyclés et non jetés ou abandonnés. De plus l'offset étant majoritaire dans ce secteur, il est important de gérer les déchets tels que les plaques offset qui sont recyclées par toutes les imprimeries toujours dans un objectif de gestion durable des déchets de manière à avoir une industrie responsable et pérenne.

### d. La nanographie pour l'impression de laurier

Pour l'impression de laurier, seules les presses nanographie LANDA S10P et W10P sont dédiées à ce marché. En effet, la presse Impremia NS40 développée par KOMORI est en phase de test dans une imprimerie qui fait de l'emballage, ce qui la catégorise pour l'instant dans ce domaine. Un client sera orienté vers l'une des deux solutions en fonction de sa production, et de la qualité recherchée. A noter que les deux presses ont un système d'alimentation différent.

	LANDA S10P	LANDA W10P
Aperçu de la presse		
Secteur	Applications commerciales (flyers, catalogues, affiches, ...)	Travaux d'édition de haute qualité (magazines, luxe)
Alimentation	Feuilles	Bobines

Support papiers	Tous les types de supports d'impression en papier standard, couchés et non couchés	Couché (léger / moyen), non couché, supercalandré, papier journal, recyclé
Autres supports	N.A	Carton plat léger et substrats métalliques (sous forme de film)
Cadence	6500 B1/h	jusqu'à 200 m/min
Couleurs	4 / 8	4 / 8

Tableau 3 : Caractéristiques des presses pour l'impression de labour [15]

La nanographie se place donc comme intermédiaire entre l'offset et le jet d'encre. Avec des vitesses d'impression certes plus faibles que l'offset, mais des rendements supérieurs au jet d'encre, le procédé nanographie permet de répondre à une majorité des besoins de ce secteur.

## 2. L'emballage

### a. Un secteur en croissance

Le marché de l'emballage représente une part importante de l'économie mondiale. Smithers Pira, bureau d'étude spécialisé dans les industries de l'emballage, du papier et de l'impression a chiffré ce secteur à 917 milliards \$ en 2019. Ce chiffre continue d'augmenter depuis 2016 en raison de la demande croissante des clients dans le secteur de l'emballage. Smithers Pira estime que le marché représentera 1.05 trillions \$ en 2024. En se basant sur les chiffres de 2019 et en considérant 7.5 milliards d'individus sur Terre, chaque personne consomme l'équivalent de 120 \$ d'emballages par an. Cependant la consommation est inégalement répartie comme le montre la figure 7. [16]

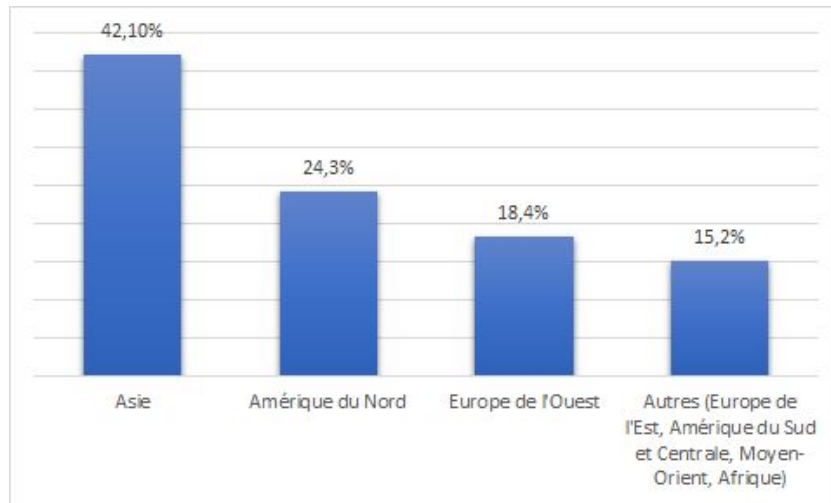


Figure 7 : Répartition mondiale de la consommation d'emballage, d'après Worldwide Packaging de All4pack publié en 2018 sur les données de en 2016 [16]

Selon l'article R 543-43 du code de l'environnement un emballage est associé à « tout objet [...] destiné à contenir et à protéger des marchandises, à permettre leur manutention et leur acheminement, du producteur au consommateur ou à l'utilisateur, et à assurer leur présentation ». Il existe donc de nombreux types d'emballages différents qui s'adaptent aux différents secteurs comme le montre la Figure 8. Le secteur alimentaire est le secteur le plus consommateur en emballage, il utilise à la fois des emballages en cartons (cartons plats et cartons ondulés) et des emballages flexibles (papiers ou plastiques).

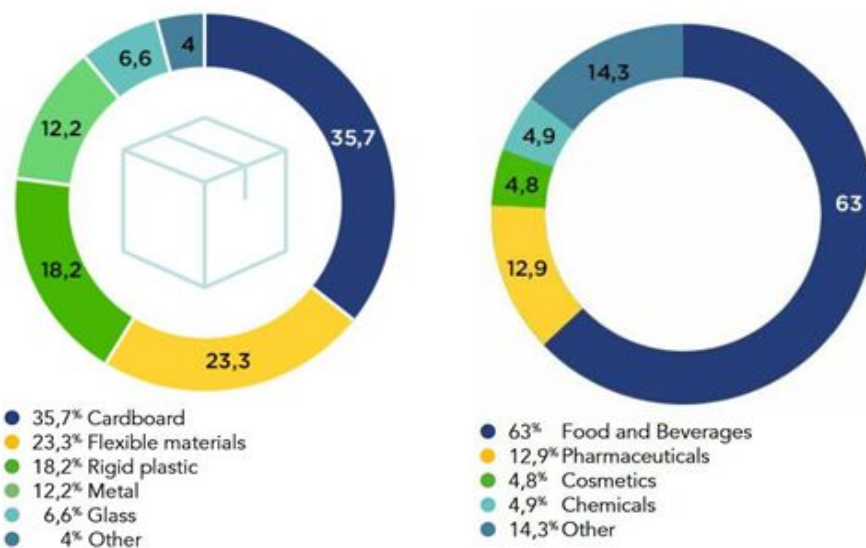


Figure 8 : Marché mondial de l'emballage par matériau en % en 2016 (à gauche) - Marché mondiale de l'emballage par secteur en % en 2016 (à droite) , d'après Worldwide Packaging de All4pack publié en 2018 sur les données de 2016 [16]

Pour répondre à la demande de ce secteur, la partie impression est primordiale. En effet la personnalisation de l'emballage est essentielle afin de représenter l'image d'une marque ou fournir des informations importantes sur le produit emballé. De plus une nouvelle génération d'emballage est en train d'apparaître : les emballages intelligents qui incluent encore plus de personnalisation notamment grâce à l'électronique imprimée ou encore les emballages utilisant des nanomatériaux permettant une meilleure protection du produit, en particulier dans l'alimentaire [17]. En fonction du produit et du matériau d'emballage, différents procédés d'impression sont utilisés.

La nanographie est une technologie qui permet d'imprimer sur tous les supports d'après son concepteur. Il est donc naturel de placer cette technologie sur le marché de l'emballage flexible compte tenu de la quantité importante d'emballages flexibles qui circule sur le marché. Par exemple, en France selon Elispo (French Plastic and Flexible Packaging Association) près de 2 millions de tonnes par an d'emballages plastiques et souples circulent sur le territoire [18]. Pour garantir une impression efficace sur ces emballages, la flexographie est le principal acteur mais grâce à ses avantages, la nanographie pourrait récupérer des parts de marché dans le futur. Cependant à l'heure actuelle, cette nouvelle technologie n'est présente qu'en infime proportion puisque seulement quatre presses nanographie dédiées à l'emballage sont installées dans le monde

Compte tenu de la récente apparition de la nanographie, il est difficile d'avoir des données chiffrées sur la place de la nanographie sur le marché de l'impression de labeur et d'emballage d'autant que les utilisateurs de ce procédé d'impression sont encore très peu nombreux sur le marché.

#### b. Les presses du secteur de l'emballage

Dans le milieu de l'emballage deux procédés sont leaders sur le marché : la flexographie et l'héliogravure. Le premier représentent 50% de la production en France et le second environ 40%, les autres procédés restent minoritaires. Cependant cette tendance est en train d'évoluer et l'offset est de plus en plus préféré à la flexographie en raison d'une meilleure qualité d'impression en particulier sur les cartons plats. De plus, l'arrivée des procédés numériques commence à se faire ressentir sur les parts de marché du secteur de l'emballage. [19, 20] Ce rapport permettant d'introduire la nanographie, compromis entre offset et jet d'encre, seules les presses offset et les presses numériques seront présentées dans cette partie bien que minoritaires sur le marché de l'emballage.



- Les presses offset

L'offset se positionne sur le marché de l'emballage de luxe grâce à sa grande qualité d'impression en particulier pour les textes qui ont besoin d'une bonne résolution, 1200 à 1400 dpi pour l'offset comparé à 720 dpi pour le numérique [21]. Pour l'emballage de luxe qui correspond généralement à des petites séries, d'un point de vue du coût l'offset est plus abordable que la flexographie. Pour des emballages en grandes séries, la vitesse d'impression est une caractéristique recherchée chez les imprimeurs ce qui explique le choix de l'offset. Les presses peuvent être soit feuille à feuille soit à bobine en fonction du produit à imprimer et sont proposées par différents constructeurs tels que Heidelberg ou KBA.

Le constructeur Koenig & Bauer (KBA) propose des machines d'impression pour l'emballage par exemple la presse KBA Rapida 142 représentée en Figure 8 est une presse offset feuille à feuille. Cette presse équipée de 6 groupes couleurs plus un groupe vernis mixte UV/acrylique permet d'imprimer jusqu'à 14 000 exemplaires/h et offre de nombreux paramètres pour automatiser le calage, la régulation d'encrage, les sécheurs, ... et monte très rapidement en puissance avec une bonne stabilité d'encrage. [22]



Figure 9 : KBA Rapida 142

Dans le milieu de l'impression de l'emballage, les presses offset mises en oeuvre sont des presses à bobines ou à feuilles qui peuvent être les mêmes que les presses offset de l'impression de labeur car dans le cas d'un emballage en carton ondulé, la couverture est

imprimée avant d'être assemblée. Ainsi les presses offset présentées dans le Tableau 1 sont adaptées à l'emballage avec certains ajouts de modules complémentaires.

- Les presses numériques

Initialement, le procédé jet d'encre dans le secteur de l'emballage était uniquement réservé au marquage. Mais ce procédé a pris de plus en plus d'ampleur en raison de l'amélioration des coûts et de la performance des nouvelles générations de presses qui sont plus rapides. De plus la demande des clients impose des emballages plus originaux, avec des textures particulières et de la personnalisation en petites séries, ce qui favorise grandement le numérique. [23] Certains imprimeurs décident d'allier impression numérique et impression traditionnelle pour répondre à la demande des clients. Même si ce procédé est en pleine évolution dans le secteur de l'emballage, Smithers Pira indique que l'impression numérique ne traite pour l'instant que 6,38% de la valeur du marché imprimé global de l'emballage.

Les grands constructeurs de presses numériques tels que Epson ou HP proposent des presses pour le secteur de l'emballage. Récemment HP a dévoilé de nouvelles presses, en particulier la HP Indigo 25K représentée Figure 10, une presse d'entrée de gamme à laize moyenne et à découpe dédiée aux emballages souples et étiquettes. Cette presse atteint des vitesses de 31 mètres par minute avec une résolution de 812 dpi et devait être présentée à la DRUPA 2020. [24, 25]



Figure 10 : HP Indigo 25K

D'autres presses numériques dédiées à l'emballage avec leurs caractéristiques sont présentées succinctement dans le Tableau 4 dont la liste n'est pas exhaustive.

<b>Presse</b>	<b>Résolution maximale (dpi)</b>	<b>Vitesse maximale</b>	<b>Format (mm)</b>
<b>Amica</b> LR 54	600 x 600	100 m/min	laize de 600
<b>Fujifilm</b> Jet Press 720S	1 200 x 1 200	2 700 f/h	500 x 707
<b>Fujifilm</b> Jet Press 750S	1 200 x 1 200	3 600 f/h	500 x 707
<b>HP</b> Indigo 30000	812 et 1219 2 438 x 2438 (HD)	4 600 f/h	750 x 530
<b>HP</b> Indigo 20000	812 et 1219 2 438 x 2438 (HD)	42 m/min	laize de 760
<b>HP</b> Indigo 8000	812 2 438 x 2 438 (HD)	80 m/min	laize de 340

Tableau 4 : Caractéristiques de quelques presses numériques pour l'emballage selon les constructeurs [26-28]

### c. Facteurs environnementaux

Le marché de l'emballage a un impact environnemental important puisque la plupart des emballages sont à usage unique et jetés très rapidement. De nombreuses solutions ont été trouvées pour réduire cet impact sur l'environnement notamment en utilisant des matériaux recyclables ou biodégradables. De plus l'emballage dans le secteur alimentaire soulève différentes problématiques car les matériaux utilisés ainsi que l'encre utilisée pour l'impression ne doivent pas impacter la qualité du produit pour ne pas avoir de risque sanitaire. Les procédés utilisés fonctionnent avec des encres à bases d'eau ce qui permet d'éviter tout risque d'infection. Enfin les emballages souples sont valorisés car ils utilisent moins de ressources et moins d'énergie que les autres formes d'emballages. [29]

### d. La nanographie pour l'emballage

Parmi les presses nanographie existantes, 3 sont dédiées à l'impression pour l'emballage, la S10 et la W10 de LANDA et la Impremia NS40 de KOMORI. Elles se différencient

essentiellement par leur système d'alimentation et la matière première utilisée, comme explicité dans le Tableau 5.

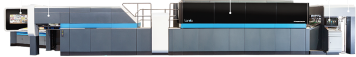


	LANDA S10	LANDA W10	KOMORI Impremia NS40
Aperçu de la presse			
Secteur	Emballage grand public	Emballage flexible	Emballage tout support
Alimentation	Feuilles	Bobines	Feuilles
Support	Carton plat vierge et recyclé, couché (1 ou 2 faces), support métallisé	Papier, film d'aluminium, BOPP, PET, BOPA, PE, CPP, PET métallisé	Carton plat vierge et recyclé
Cadence	6500 B1/h	jusqu'à 200 m/min	6500 B1/h
Couleurs	4 / 8	4 / 8	4 / 7

Tableau 5 : Caractéristiques des presses pour le secteur de l'emballage [30,31]

D'après les constructeurs de presses nanographie LANDA et KOMORI, ce procédé permet d'imprimer à la fois sur des supports flexibles ou rigides, cartonnés, plastiques ou métalliques. Cependant ce sont des arguments qui permettent de vendre, il doit probablement y avoir quelques limites mais malgré cela la nanographie peut concurrencer sérieusement le marché de l'emballage. La technologie permet en effet de produire à des cadences élevées, sur demande, ce qui est là tout l'intérêt pour un imprimeur ! De plus, la production de moyens à longs tirages nécessitent la fabrication et la mise en place des plaques en offset ce qui n'est pas le cas pour la nanographie, et n'est pas rentable en jet d'encre. Pour de petits tirages (ce qui est plus rare dans l'emballage), l'offset devient très peu intéressant économiquement, et la qualité d'impression de la nanographie peut dépasser celle du jet d'encre.

## B. Le développement économique de la Nanotechnologie

Les marchés de l'impression de laur et de l'impression d'emballages sont donc bien implantés dans l'économie mondiale actuelle et permettent de répondre efficacement à la demande des consommateurs. Cependant l'arrivée de la nanotechnologie permet d'imaginer de nouvelles perspectives. En alliant la rapidité de l'offset et la qualité du jet d'encre la nanotechnologie offre une nouvelle solution technique qui lui permet de prendre des parts de marché sur l'offset. Grâce à ses spécificités elle peut aussi se placer sur un nouveau marché axé sur la personnalisation et la qualité. Pour se développer et atteindre ses objectifs, la nanographie doit également présenter des avantages économiques.

Le groupe LANDA étant à l'origine de la technologie nanographie très peu d'information précises sur les coûts sont divulguées au grand public. Dans le livre blanc présentant la nanotechnologie le groupe LANDA décrit l'avantage économique de la nanographie par rapport aux autres procédés en concurrence sur le marché du laur et de l'emballage flexible mais en ne donnant aucune valeur chiffrée. Les éléments présentés dans le livre blanc ont donc un but commercial et ne sont pas de réelles données économiques. Les arguments présentés reposent sur l'utilisation d'une encre à base d'eau donc moins chère à fabriquer que les encres à base de solvant ou les encres UV qui sont plus difficiles à manipuler. Ces encres sont livrées sous forme concentrée ce qui permet de réduire les coûts de stockage. De plus le film d'encre déposé au cours de l'impression a une épaisseur de 500 nm ce qui permet d'économiser de l'encre par rapport à une impression offset ou jet d'encre qui utilisera le double de volume. Enfin, le support est aussi présenté comme argument économique puisque le procédé nanographie peut imprimer sur tous types de support donc plus besoin d'utiliser des papiers spéciaux couchés qui limitent la pénétration de l'encre et qui sont souvent très chers. Toutes ces caractéristiques sont les arguments mis en avant par LANDA permettant de présenter ce procédé avec le coût par page le plus faible, cependant aucune valeur du coût par page n'est donnée dans la littérature. [32]

L'encre utilisée pour la nanotechnologie, appelée NanoInk, est une encre unique à base de nanopigments développée exclusivement par les laboratoires LANDA. L'entreprise détenant le monopole de fabrication les prix exacts ne sont pas publiés. Le prix d'une encre dépend de sa composition en particulier des pigments utilisés qui représentent 65% du prix total mais aussi de leurs propriétés qui sont essentielles en fonction du procédé d'impression. Une encre offset par exemple sera très visqueuse (1 à 10 Pa.s) et avec des propriétés hydrophobes, une encre jet d'encre sera beaucoup plus liquide (1 à 10 mPa.s) pour permettre l'éjectabilité et contiendra

beaucoup plus d'additifs pour assurer la stabilité colloïdale des pigments. [33] Les ordres de prix sont donc très variables d'un procédé à l'autre et d'un fournisseur à l'autre. Dans le cas du procédé offset avec des encres conventionnelles les prix varient de 5 à 25 €/kg, pour des encres UV le prix moyen est de 20 €/kg. Les encres pour le jet d'encre sont plus chères, les encres à base aqueuse sont disponibles à partir de 35 €/L mais les encres plus perfectionnées peuvent atteindre 2000 €/L. Il est donc difficile de donner un ordre de prix pour la Nanolnk de LANDA sachant que c'est la seule encre sur le marché contenant des nanopigments.

Sans connaître le prix de la Nanolnk, le coût par page ne peut pas être calculé précisément. Cependant il peut être estimé par rapport au coût par page des autres procédés. En effet pour un procédé jet d'encre bobine grande vitesse l'entreprise Kodak a estimé le coût par page à 0.05 € en consommable couleur pour un format B1. Dans le cas du procédé offset le coût par page est plus difficile à calculer car il dépend du nombre de tirage, ce qui n'est pas le cas du jet d'encre. Au-dessus de 1000 exemplaires le procédé offset est plus rentable que le jet d'encre et offre donc un coût par page plus faible. [34] LANDA annonce que sa technologie permet un coût par page le plus faible du marché, il peut donc être supposé à moins de 0.05 € pour un format B1.

Bien que l'entreprise LANDA garde secret le détail du prix réel de sa nano-encre, certains chiffres ont été annoncés par Benny Landa dans la presse par rapport au revenus apportés par sa technologie. Dans une interview au magazine économique israélien Globes, Benny Landa annonce que pour une presse, dont le prix de vente est d'environ 3 millions de dollars, le revenu principal provient de la vente d'encre LANDA Nanolnk qui peut atteindre 25 millions de dollars au bout de 5 ans, ce qui correspond approximativement à 5 millions de dollars par an pour une seule presse [35,36]. Cependant ces chiffres ne sont que des estimations faites par Landa et ils ne seront pas atteints dans les premières années de développement de la nanographie. De plus ces chiffres sont critiqués par certains et jugés trop "ambitieux" pour être réels.

## C. Diagramme de PORTER

Le diagramme de Porter permet de présenter une analyse d'un secteur. Il fournit ainsi une évaluation de la concurrence sur le marché. Le diagramme de Porter, Figure 11, représente donc les différents acteurs.

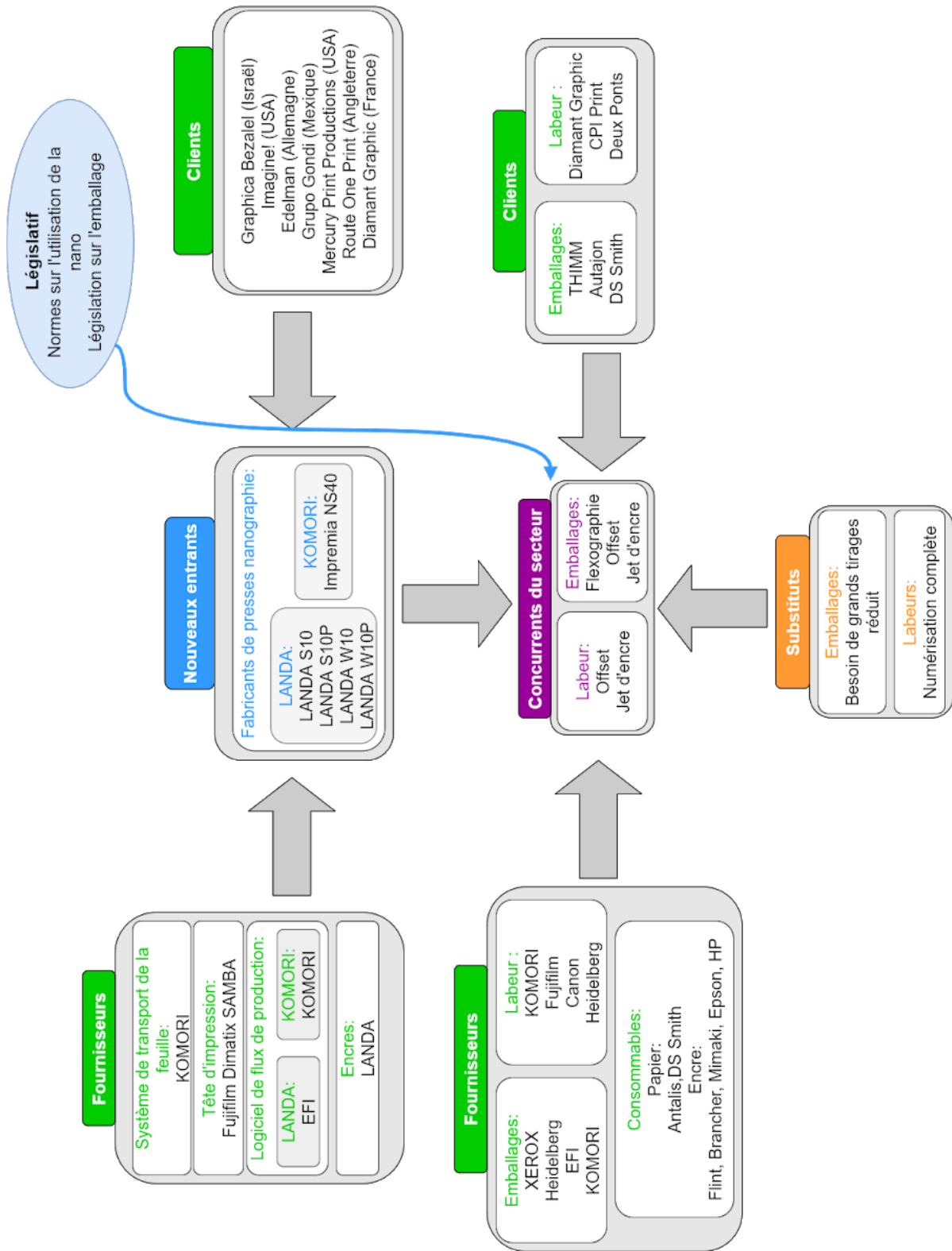


Figure 11: Diagramme de Porter

Le marché peut être séparé en deux catégories, l'emballage et le labeur. Sur ce marché les nouveaux arrivants sont LANDA pour commencer avec sa presse nanographie et KOMORI qui est encore en beta test. Les clients sont les imprimeurs du marché, qu'ils soient un groupe ou bien indépendant. La technologie étant toute nouvelle il n'y a pas d'autres substituts d'un point de vue technique, ce substitut serait donc sur un changement de consommation du marché. Les fournisseurs pour le secteur actuel sont nombreux ce qui laisse une grande compétitivité. Avec les nouveaux arrivants, les fournisseurs sont réduits, ce qui change le marché.

D'un point de vue législatif, la réglementation porte sur l'utilisation de la nano pour les nouveaux arrivants et sur l'emballage en général pour le secteur.

## D. Chaîne de valeur

La chaîne de valeur de Porter est un modèle permettant d'analyser les activités internes d'une entreprise dans le but d'identifier les activités clés qui créent de la valeur pour les clients. La chaîne de valeur permet ainsi de dégager des avantages concurrentiels soit de coût soit de différenciation et de mettre en évidence la marge de l'entreprise.

Dans le cas de la nanotechnologie, l'utilisation d'une chaîne de valeur est intéressante non pas pour montrer la marge réalisée mais pour mettre en avant les étapes du procédé ainsi que les différences et les similitudes avec les procédés concurrents.

La figure 12 présente les grandes étapes nécessaires pour l'obtention d'un imprimé en nanographie, en offset et en jet d'encre. La Figure 12 met en avant un temps de préparation plus long pour l'offset notamment avec les réglages de la machine. Le jet d'encre est plus rapide mais il y a un enjeu fort au niveau de l'interaction de l'encre avec le substrat. La nanotechnologie qui allie les avantages de l'offset et du jet d'encre est donc plus rapide, de plus le séchage est instantanée ce qui résout les éventuels problèmes d'interaction avec le support.



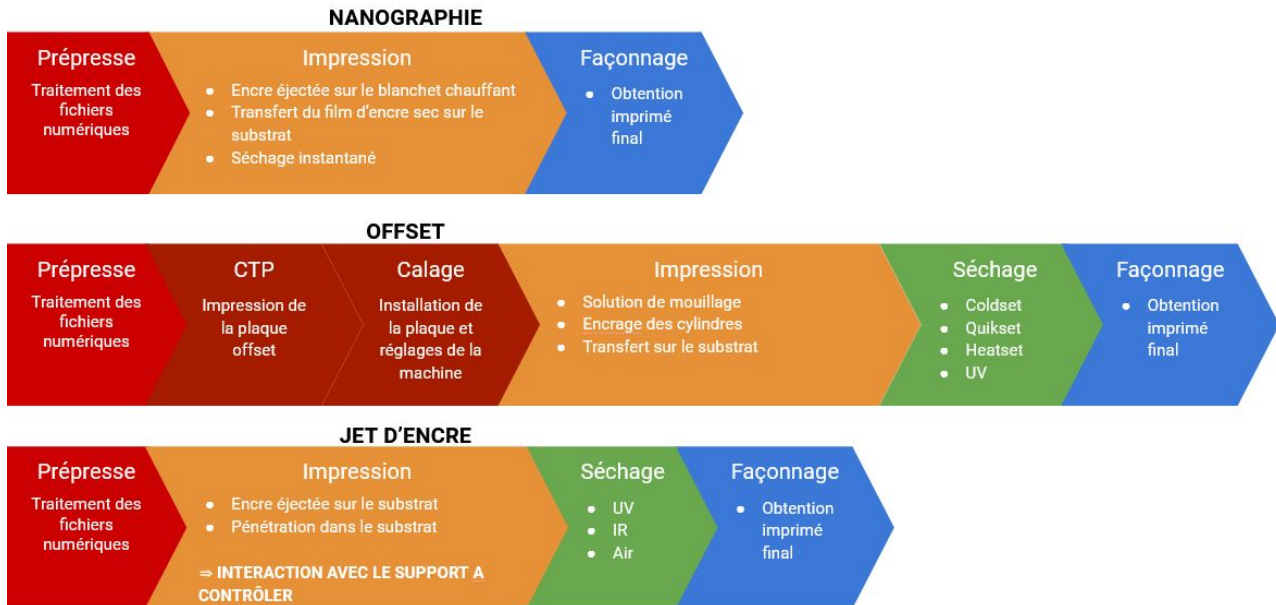


Figure 12 : Comparaison des différentes étapes pour la réalisation d'un imprimé en fonction du procédé (nanographie, offset ou jet d'encre)

## II. Une nouvelle solution technique: la nanographie

La nanographie est présentée par son fondateur Benny LANDA comme l'une des plus grandes innovations des dernières décennies. Cela notamment grâce à un développement technique poussé qui semble associer les avantages du procédé offset (Vitesses d'impression (6500 B1/h), qualité d'impression (gamut colorimétrique), stabilité des imprimés, longs tirages (plusieurs milliers de feuilles)) et des procédés numériques (courts tirages, personnalisation, pas de forme imprimante). Ce procédé repose sur des principes simples mais qui nécessitent une grande expertise de plusieurs acteurs des arts graphiques, notamment les fabricants de têtes jet d'encres spécifiques, les constructeurs jet d'encre / offset, ou encore les développeurs des terminaux de commande et de traitement des flux numériques. D'abord développée par LANDA, puis par KOMORI, deux entreprises leader dans leur domaine (Benny LANDA célèbre pour le développement de la presse jet d'encre HP Indigo, KOMORI pour ses presses offset fiables), à l'origine collaborateurs dans l'élaboration de la technologie, la nanographie est un condensé technique innovant et prometteur.

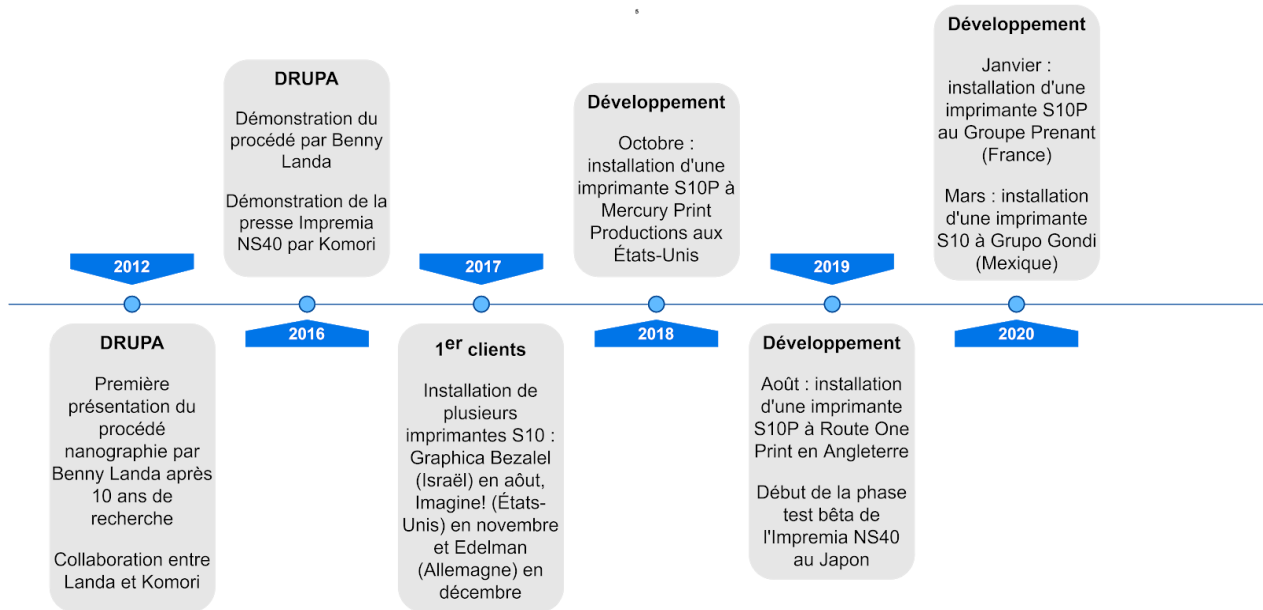


Figure 13 : Évolution chronologique du procédé nanographie, schéma réalisé à partir des sources [37,38]

## A. Description du procédé nanographie

Que cela soit pour des presses à feuilles (S10, S10P, Impremia NS40), ou à bobines (W10, W10P), la nanographie est un procédé utilisant à la fois certaines techniques de l'offset, et du jet d'encre, tout en associant les avantages des deux procédés. En effet, l'impression est réalisée grâce à des têtes d'impression projetant des milliards de gouttes d'encre à base de nanopigments (présentée plus loin) sur un blanchet chauffant. La presse est composée de différentes rangées d'éjecteurs qui ajoutent, l'une après l'autre, les couches successives au blanchet. Toutes les gouttelettes atterrissent sur le blanchet à un endroit précis et se mélangent aux autres pour donner l'image finale. Les presses utilisant ce procédés proposent des modèles pouvant éjecter de 4 (CMJN) à 8 couleurs, permettant ainsi de reproduire beaucoup de couleurs hors du gamut de l'offset par exemple. Grâce au blanchet chauffant toutes les gouttes s'étalent et sèchent de manière à former un film polymère sec ultra mince d'environ 500 nm d'épaisseur. C'est donc le procédé qui permet d'avoir l'épaisseur d'encre la plus fine de tous les procédés d'impression. En effet, les épaisseurs moyennes d'encre en offset et en jet d'encre sont respectivement de l'ordre de 1,5 µm et 1 µm.

Une fois que les différentes couleurs ont été superposées les unes sur les autres de manière à former le film sec, l'image est transférée au support d'impression. Ce type de transfert permet d'imprimer tous les types de support puisque le film d'encre semble adhérer très fortement à

n'importe quel papier ou support plastique. [39] La Figure 14 illustre le principe de fonctionnement de ce procédé d'impression nanographie :

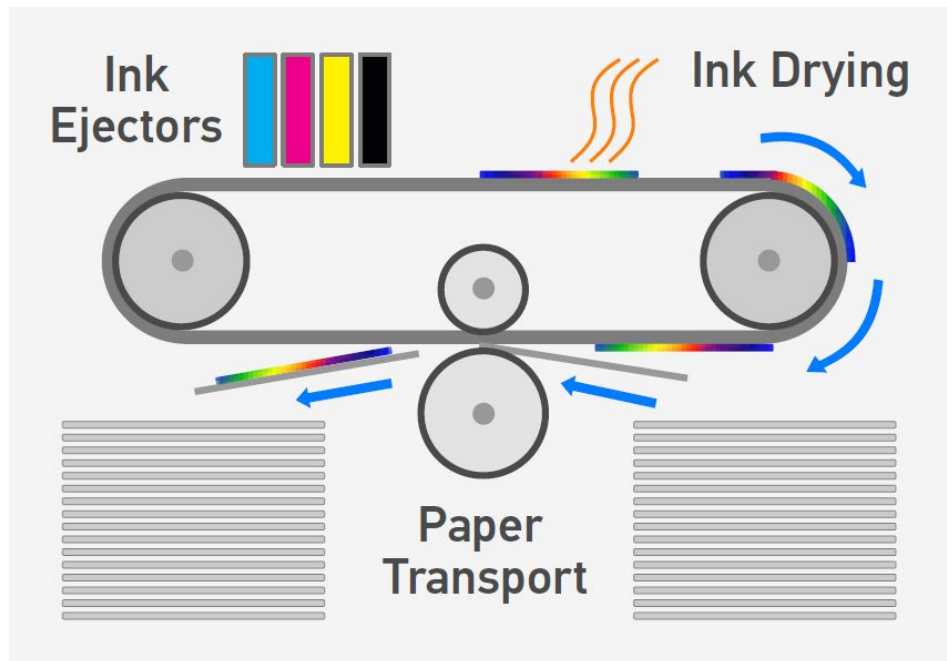


Figure 14 : Schématisation du procédé d'impression nanographie [32]

## B. Les solutions techniques utilisées en nanographie

Les solutions techniques présentées ici se basent sur le développement de la technologie par les sociétés LANDA et KOMORI. L'échange des compétences entre ces deux constructeurs a permis à KOMORI de développer leur gamme, et de se rapprocher de leur objectif de satisfaire leurs clients, pour répondre à des demandes de production toujours plus rapides avec des tirages toujours plus courts. KOMORI est donc le deuxième constructeur à lancer sa première presse utilisant la nanographie : la presse Impremia NS40. Elle est actuellement en phase de test bêta dans une imprimerie au Japon spécialisée dans le packaging : Shinwa Factory. C'est une presse numérique de format B1 qui met en oeuvre le procédé nanographie développé par LANDA, capable d'imprimer 6500 pages/heure, disponible en version 4 ou 7 couleurs et dispose d'un sécheur à LED UV. Cette presse permet de répondre aux exigences de Shinwa Factory puisqu'elle peut enchaîner rapidement un grand nombre de petits tirages d'emballages. Environ 40 % des commandes d'impression de l'imprimeur japonais font moins de 2 000 feuilles. [40]

## 1. Avant l'impression : RIP et gestion des flux de données

La première étape consiste à interagir avec l'utilisateur de la presse qui veut imprimer un fichier PDF. Dans le cas de la nanographie il est donc crucial de pouvoir avoir un système de traitement des fichiers performant, répondant aux critères d'impression du procédé nanographie. En effet, il faut pouvoir concilier la taille des gouttes d'encre avec l'épaisseur du film déposé sur le blanchet chauffant, et la résolution de l'impression. Pour cela, le constructeur LANDA a fait appel au fournisseur EFI [41]. EFI est un distributeur d'outils et de services spécialisé dans les solutions techniques innovantes pour la transition de la technologie analogique vers l'imagerie numérique.

Le résultat de ce partenariat est la possibilité d'envoyer, via le tableau de bord, des documents tramés composés de 4 à 8 couleurs à la vitesse maximale des presses, soit 6500 feuilles par heure, mais également de pouvoir apporter des modifications de dernière minute directement sur la presse, de faire de l'épreuvage, et de la production "à la volée" de tirages très courts (quelques unités). Cela représente un débit de données de 10 Go/s : ce sont donc des machines parmi les plus puissantes du marché. A titre de comparaison, certains RIP jet d'encre peuvent envoyer au mieux jusqu'à 5 Go/s. [42]

D'après les données des constructeurs, et des différentes animations proposées, le RIP peut effectuer non seulement un tramage conventionnel (modulation d'amplitude, Figure 15), mais aussi stochastique (modulation de fréquence, Figure 16) :

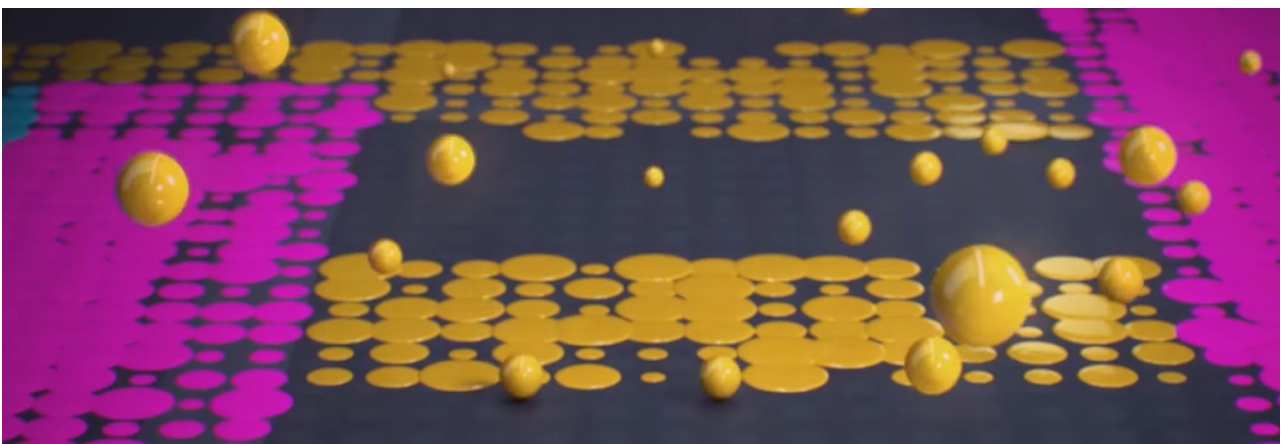


Figure 15 : Tramage conventionnel (modulation d'amplitude) [39]

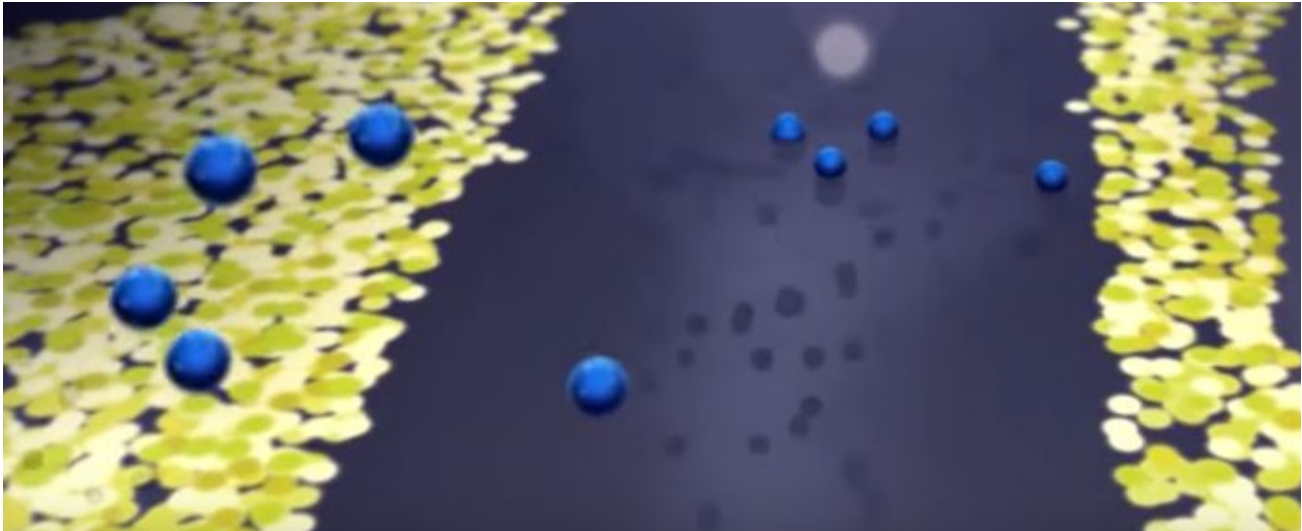


Figure 16 : Tramage stochastique (modulation de fréquence) [43]

En plus d'offrir ces caractéristiques, le panneau de contrôle développé par EFI permet d'avoir des retours directs sur la production et de pouvoir contrôler précisément et automatiquement la gestion de la couleur grâce à une mesure très précise pixel par pixel pour assurer que toutes les feuilles soient commercialisables. Grâce à son interface cartésienne, moderne et presque entièrement tactile, LANDA bouscule l'image de ce qu'est une presse industrielle. Cette interface se veut donc intuitive, permettant de réaliser n'importe quelle action par un simple "glisser-déposer", un geste devenu commun dans notre vie de tous les jours. De plus, comme pour le procédé jet d'encre, ce terminal supporte les travaux dynamiques comme le VDP (Variable Data Printing). [40]

Toutefois, le constructeur KOMORI, qui a également développé une presse digitale utilisant l'encre NanoInk, a choisi de se passer de la solution développée par EFI, et a préféré utiliser son propre système de traitement des fichiers et de gestion de la couleur KHS-AI. Il intègre le contrôle de l'ensemble de la presse. Il permet aussi de traiter simultanément plusieurs tâches lors d'un changement de format par exemple (réglage du positionnement des taquets, calage des éléments internes, ...) ce qui réduit considérablement le temps de préparation de la presse.



Figure 17 : Interface de gestion KSH-AI [44]

## 2. Pendant l'impression

### a. Alimentation de la presse (FaF, R2R)

Les presses nanographie peuvent être alimentées en feuille-à-feuille (S10, S10P, Impremia NS40) ou bobine-à-bobine (W10, W10P). Le transport du substrat est similaire au procédé offset en utilisant des cylindres, et des pinces pour les machines feuilles à feuilles.

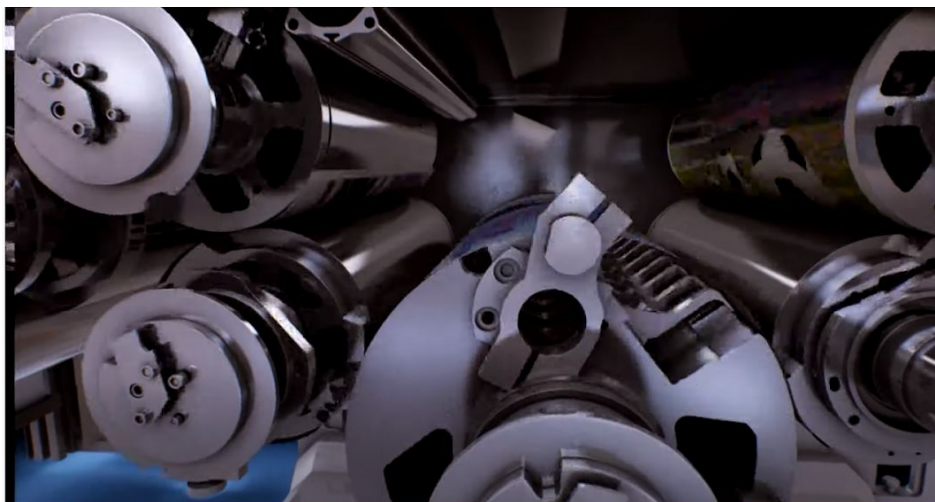


Figure 18 : Ensemble de cylindres et de pinces dans une presse FaF [39]

Pour les presses à feuilles, des ventouses et des souffleurs à air sont utilisés, tandis que pour les presses à bobine, l'entrée se fait grâce à une débobineuse.

A noter que le support peut être non seulement papier, mais aussi plastique (ou polymère de manière générale), souple ou rigide.

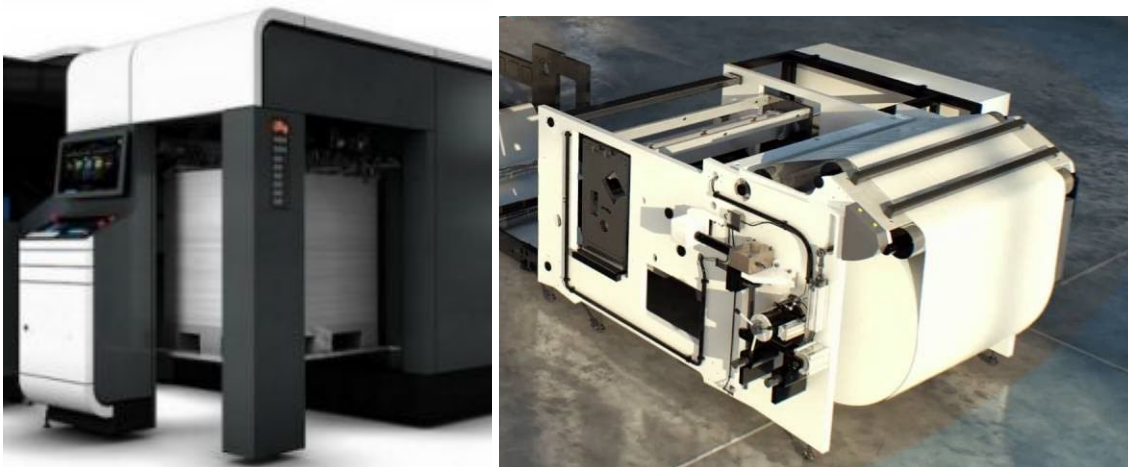


Figure 19 : Alimentation FaF (Landa S10) / Alimentation R2R (Landa W10)

#### b. Encre et Éjection de l'encre

Une fois le traitement du fichier terminé, les données sont envoyées aux têtes d'impression. Le constructeur LANDA a équipé ses machines de têtes Fujifilm Dimatix SAMBA spécialement conçues pour ce procédé. Ces têtes utilisent le principe de goutte à la demande (DOD) piézoélectrique. Elles permettent d'obtenir des résolutions d'impression allant jusqu'à 1200 x 1200 dpi sur 4 niveaux de gris en un seul passage. Cette prouesse technologique a été développée à partir d'une technologie déjà existante qui consiste à créer des structures électroniques et mécaniques en 3 dimensions sur des supports en silicone à l'échelle micrométrique [45]. Ainsi, il a été possible de créer une tête d'impression composée de buses de haute précision. La technologie SAMBA s'apparente à une tête d'impression montée sur une puce en forme de parallélogramme qui mesure à peine 45 mm de profondeur et contient 2048 jets par module (nombre de modules non communiqué). Chaque tête est capable d'éjecter une encre jusqu'à à 100 kHz (100 000 gouttes par secondes), ce qui correspond à des fréquences de projection les plus élevées jamais développées. Les têtes d'impression sont fixes : c'est le support qui se déplace. [46]

Chaque buse peut donc éjecter des gouttes d'au minimum 2 pL (soit environ 5 fois moins que le jet d'encre classique, diamètre des buses inconnu), ce qui permet d'obtenir un rendu lisse semblable à l'offset. Comme pour toute tête d'impression jet d'encre, la problématique est la durée de vie de ces têtes, dont le prix doit être très élevé (aucune donnée n'a été communiquée). Fujifilm assure que ces têtes ont une durée de vie de 2 ans ou plus en fonction de leur utilisation. [45]

L'encre utilisée en nanographie est produite par LANDA uniquement. Les pigments qui la composent sont nanométriques. Dans une encre conventionnelle, les pigments utilisés peuvent faire plusieurs dizaines voire centaines de  $\mu\text{m}$ . Par conséquent, le film d'encre est plus fin (0,5  $\mu\text{m}$  contre 1 à 10  $\mu\text{m}$ ) et est plus homogène. Cela favorise donc l'absorption de la lumière reçue, en limitant la diffusion de celle-ci. Plus la lumière est absorbée, plus la réflectance de l'encre sera grande : les couleurs sont plus intenses et les bordures sont plus nettes.

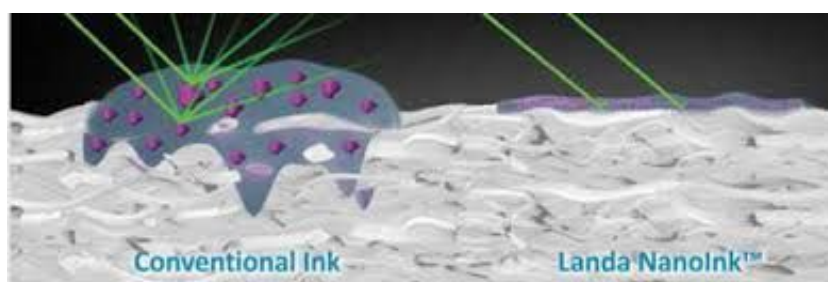


Figure 20 : Modélisation de la diffusion lumineuse d'une encre jet d'encre conventionnelle, et de l'encre NanoInk [47]

L'encre éjectée est déposée à la surface d'un blanchet chauffant qui permet d'obtenir un film polymère sec, prêt à être transféré sur le support. Pour l'instant, aucune information complémentaire n'est accessible à ce sujet.

### c. Transfert du film d'encre au support

Dans les presses à feuilles, le support est transporté avec un système de pinces et de cylindres. Pour les presses à bobine, le support est guidé par des cylindres. En fait l'impression se fait en deux étapes : dépôt de l'encre sur le blanchet, puis transfert de l'image imprimée sur le blanchet au support. Cette étape est donc similaire au procédé offset qui utilise également le système encre-blanchet-support. Tout l'intérêt de la nanographie est donc de supprimer la plaque offset, et de former l'image directement sur le blanchet.

De plus, il est important de maîtriser le transfert du film d'encre sur le support via le blanchet. En effet, le film d'encre est sec. Il faut donc forcer l'adhésion du film d'encre sur le support, sans



qu'une particule ne reste fixée sur le blanchet. Cela se fait par gravité avec une simple pression (100 à 500 Pa en fonction du support) d'un cylindre de contre pression sur lequel est la feuille au moment de son contact avec le blanchet. C'est là où l'expertise d'une société travaillant dans l'offset peut être utile. Avec ce partenariat, LANDA et KOMORI ont donc développé un système performant capable d'atteindre des vitesses de production élevées.

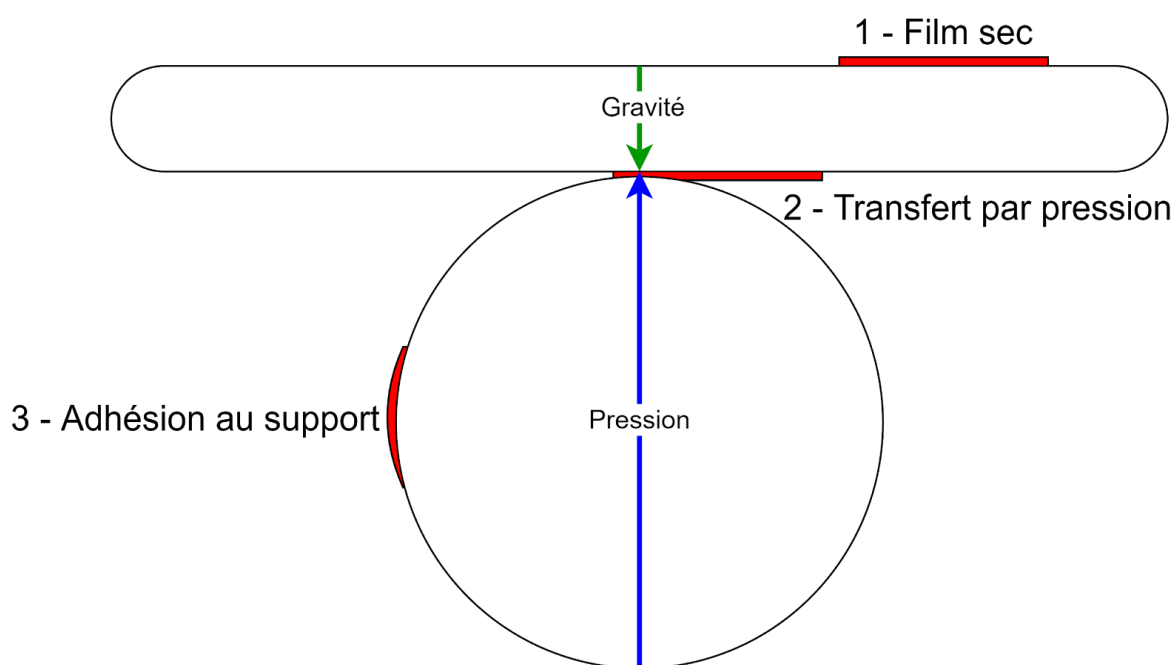


Figure 21 : Schéma de transfert du film d'encre sec au support

## C. La nanographie face à la concurrence

Il existe actuellement 5 modèles de presse nanographie sur le marché. Il est intéressant de savoir comment se place ce procédé par rapport aux procédés classiques des marchés de l'impression de labour et de l'emballage que sont l'offset et le jet d'encre.

### 1. La nanographie sur le marché de l'offset

L'offset est un procédé d'impression qui permet d'imprimer à des vitesses allant de 4 000 à 20 000 feuilles par heures selon les formats, les machines et la qualité de l'imprimé. De plus, les presses nanographie fonctionnent sans plaque ni produit chimique, ce qui nécessite beaucoup moins de temps de mise en place. Cette technologie permet également d'apporter de la personnalisation aux documents imprimés, ce qui n'est pas possible avec l'offset mais aussi de produire des images ultra-minces tout en ayant une brillance des couleurs et des niveaux de gris améliorés. En observant le Tableau 6, le procédé nanographie semble donc se placer en

concurrence avec l'offset en terme de qualité mais présente certaines limites en terme de vitesse d'impression [49]







<b>Presse</b>	<b>Aperçu</b>	<b>Vitesse</b>
<b>Offset</b>		4 000 à 20 000 feuilles/heure selon la presse et la qualité d'impression
<b>LANDA S10 (Feuille)</b>		6 500 feuilles/heure
<b>LANDA S10P (Feuille)</b>		Recto : 6 500 feuilles/heure Recto-verso : de 3 250 à 6 500 feuilles par heure
<b>LANDA W10 (Bobine)</b>		de 100 à 200 m/min
<b>LANDA W10P (Bobine)</b>		200 m/min
<b>KOMORI Impremia NS40</b>		6 500 feuilles/heure

Tableau 6 : Vitesse d'impression des presses nanographie [40,48]

La nanographie a donc des avantages qui permettent de concurrencer l'offset mais possède certaines limites en termes de vitesses d'impression puisqu'il n'est pas possible d'atteindre les vitesses d'impressions maximales de l'offset. En effet, les vitesses d'impression de la nanographie sont proche des vitesses faibles de l'offset.

## 2. La nanographie sur le marché du jet d'encre

Comme tous les procédés numériques, le jet d'encre est un procédé qui permet d'imprimer des documents à des petits tirages tout en étant rentable. Cette rentabilité n'est possible que par l'absence de certaines étapes de prépresse. En effet, les procédés numériques tels que le jet d'encre ne nécessitent pas de forme imprimante puisque les fichiers numériques sont envoyés directement aux RIP des machines pour être imprimés. Étant donné que la nanographie ne nécessite pas de forme imprimante c'est donc un procédé numérique comme le jet d'encre. Ce n'est donc pas une innovation à ce niveau là.

En effet, le procédé nanographie est basé sur la technologie jet d'encre semblable à un procédé piézoélectrique. Cette nouvelle technologie d'impression jet d'encre a permis de réduire de moitié l'épaisseur du film d'encre déposé par rapport au jet d'encre traditionnel grâce au procédé de séchage mais aussi grâce à l'utilisation de NanoInk entraînant la réduction de la taille des gouttelettes d'encres. Par ailleurs, les exigences relatives aux supports utilisés en jet d'encre traditionnel sont importantes afin de garantir une qualité optimale. Dans le cas de la nanographie, selon ses constructeurs, ce procédé s'affranchit de ce problème puisqu'il est possible selon eux d'imprimer sur tout support. Ainsi ce nouveau procédé peut ouvrir à plus de possibilité.

Enfin, selon Benny Landa, la vitesse d'impression de bobine peut atteindre 200 m/min pour une résolution de 600 ou 1200 dpi. La vitesse d'impression est annoncée comme étant une grande avancée dans le domaine de l'impression. Cependant, grâce à certaines presses jet d'encre piézo, il est déjà possible d'atteindre des vitesses de 150 m/min, sachant que cette vitesse se situe dans la fourchette haute des vitesses d'impression de ce type de presses jet d'encre. La nanographie n'est donc pas révolutionnaire en termes de vitesse en comparaison avec le jet d'encre. Ce nouveau procédé est donc en concurrence directe avec le procédé jet d'encre en termes de vitesse d'impression puisque ces deux procédés ont des vitesses d'impression équivalentes. [49]

## III. Les enjeux de la nanographie

### A. Contexte législatif

Selon la loi du 16 Juillet 1975, un imprimeur, qu'il utilise la nanographie ou pas, est responsable des déchets qu'il produit, et doit faire en sorte que ces derniers soient traités par des organismes spécifiques. Aucun rejet à l'égout n'est autorisé (à l'exception des eaux usées

domestiques pour le bien être des employés). De plus, d'après les décrets 93-40 et 93-41 du 11 Janvier 1993, tout le matériel présent dans une imprimerie (en France) doit être conforme aux normes européennes. Cela implique donc que les presses nanographie doivent impérativement respecter les normes européennes. [50]

## 1. Contexte environnemental

Le secteur de l'imprimerie est très souvent associé à l'impact environnemental qu'il peut avoir, notamment avec la consommation de papier et de produits potentiellement dangereux. Néanmoins aucune réglementation ou texte de loi existe pour encadrer législativement les procédés associés. Même si aucune législation ne permet de poser des contraintes concernant l'utilisation de papiers recyclées, les clients et les actionnaires des marchés étudiés (impression de labeur et emballage) imposent aux producteurs et aux constructeurs une pression environnementale importante. Ainsi, pour rester sur le marché et gagner de nouveaux clients, les entreprises se focalisent naturellement sur leur impact environnemental, et cherchent de plus en plus à obtenir des labels (e.g. Imprim'vert) ou des normes (e.g. ISO 14001). Il est aussi question de la recyclabilité des produits finis (les imprimés), ce qui nécessite des informations quant à la processabilité des actions de recyclage classiques sur des produits imprimés en nanographie.

## 2. Le code du travail

Pour implémenter la nanographie dans des entreprises Françaises (dans le cas présent), les presses doivent également se confronter au respect du code du travail Français. Il est donc possible d'étendre ce contexte à tous les pays dans lesquels une presse nanographie est installée (France, Israël, Mexique, USA, Allemagne, Angleterre et Japon). C'est à dire autant de réglementations à respecter. Dans le cas de la France, certains articles du code du travail doivent impérativement s'appliquer à la nanographie [51] :

- Article R4412-1 et suivants (Agents chimiques dangereux et mesures de prévention) : Ces articles visent notamment les agents chimiques présents dans l'encre développée par LANDA. La formulation étant secrète, elle doit néanmoins respecter les règles établies par ces articles.
- Article R4412-59 et suivants (Agents cancérigènes, mutagènes et toxiques pour la reproduction) : De même que précédemment, ces articles font référence aux agents non seulement présents dans les encres spéciales pour la nanographie, mais aussi

des composés volatiles produits lors du séchage de l'encre pour former un film polymère sec.

- Article R4227-1 et suivants (Risques incendie et explosion) : La nanographie utilise un blanchet chauffant pour sécher le film d'encre. Or, pour des cadences de production élevées (6500 feuilles/heure, soit presque 2 feuilles/secondes), l'encre doit être séchée très rapidement, d'autant plus qu'il est possible de superposer jusqu'à 8 couches d'encre différentes. L'épaisseur de l'encre déposée est certes faible, mais en considérant un film d'encre à 8 couches, et des pigments de natures probablement différentes, le blanchet chauffant doit atteindre une certaine température sans pour autant endommager, voir brûler non seulement le film sec, mais aussi le support qui vient au contact juste après le séchage. [52]
- Article R4431-1 et suivants (Bruit) : Le bruit en imprimerie est un problème reconnu officiellement comme risque important par la législation Française (exposition à des niveaux sonores supérieurs à 86 dB). Dans le cas de la nanographie, les presses utilisent le système de transport de feuilles (alimentation, transport, réception) du procédé offset, réputé pour leur pollution sonore importante. [53]
- Article R4542-1 et suivants (Écrans de visualisation) : L'une des innovations proposées par le constructeur LANDA est une interface de gestion complète presque uniquement réalisée avec des écrans. Benny Landa explicite lui-même que l'opérateur peut gérer sa production comme s'il naviguait sur une tablette tactile iPad (Apple) par exemple. L'opérateur peut également, à chaque instant, vérifier le statut des différents éléments des presses, mais aussi visualiser en direct ce qu'il se passe dans la machine. Tout se passe sur des écrans, que cela soit au niveau du cockpit, de la console d'alimentation, ou de la tablette LANDA sur la presse. [52, 53]

### 3. L'intelligence artificielle

Les dernières années ont été marquées par l'apparition de l'intelligence artificielle dans de nombreux domaines, comme l'imprimerie par exemple. En effet, les constructeurs souhaitent de plus en plus adopter des stratégies de traitement de données sur des milliers de productions différentes. Ce traitement des données devrait alors permettre d'automatiser intelligemment les flux de production d'une entreprise, pour ainsi minimiser les erreurs et réduire les variations (constance des imprimés) sur le long terme.

Cependant, pour traiter des données, il faut d'abord les collecter. C'est alors qu'apparaît la problématique fréquemment soulevée ces derniers temps de la protection des données. Le

Règlement Général sur la Protection des Données (RGPD) offre une contextualisation législative pour l'instant correcte, mais qui deviendra bientôt insuffisante avec la prolifération des systèmes embarquant de l'intelligence artificielle.

Des questions doivent donc être soulevées concernant l'utilisation de l'intelligence artificielle pour la nanographie, qui se veut un procédé performant en tout point, et l'imprimerie 4.0 de manière générale. Quelles limites doivent être imposées aux systèmes ? Les données récupérées sont-elles sensibles ? Quels sont les risques ? Autant de questions qui nécessitent un approfondissement de la réglementation. [54]

## B. L'impact de la nanographie sur le développement durable

### 1. Substrat

Les imprimantes LANDA peuvent imprimer sur tous les types de papiers qu'ils soient recyclés ou non. En pouvant utiliser du papier recyclé, l'entreprise LANDA ne se ferme pas à un fournisseur et augmente donc les possibilités. [55]

### 2. Encre

L'encre utilisée pour l'impression est une encre propriétaire nommée LANDA NanoInk. Elle est livrée dans des conteneurs de 15kg. Ces conteneurs sont en deux parties, une partie contenant la solution d'encre qui est sous la forme d'un sac plastique et une partie protectrice qui est la couche externe faite en carton recyclé ondulé. Cette couche externe lorsque le conteneur est vide peut être aplatie et mise au recyclage. [56]



Figure 22 : Conteneur LANDA NanoInk

Il y a quand même une question à se poser sur la présence de nanoparticules dans les sacs vides qui seraient mis au recyclage et si ils présenteraient un risque pour la suite de la chaîne.

La LANDA NanoInk est composée de nano-pigments et d'eau, il s'agit d'une solution concentrée diminuant ainsi le transport d'eau demandant ainsi moins d'énergie. Lors de l'impression, l'imprimante est relié au réseau et refait elle même la bonne dilution.

Durant le séchage, la vapeur libérée est propre et peut donc potentiellement être recyclée en eau potable, ce qui permet de la réinjecter pour une autre impression.

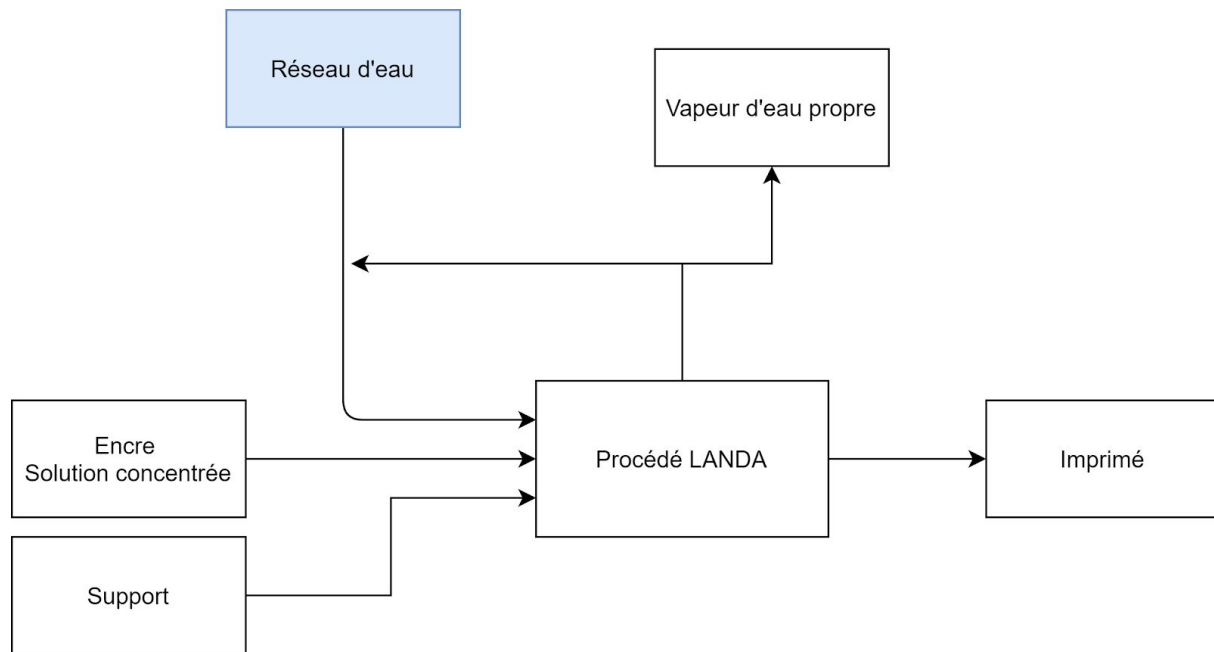


Figure 23 : Schéma de recyclage interne

### 3. Désencrage

Lors de l'impression, l'encre NanoInk se dépose sous forme d'un film polymère sans pénétrer dans l'épaisseur du support. Cette méthode d'impression rend le désencrage a priori plus facile car il suffit de retirer le film. La question serait donc par quelles techniques on désencrè un film de polymère. [57]

## IV. Perspectives d'évolution

### A. De nouvelles applications dans le futur

#### 1. La nanographie en électronique imprimée ?

L'électronique imprimée est un secteur en développement depuis quelques années qui permet de relier le domaine de l'électronique et de l'impression en réalisant des circuits électroniques grâce à des encres fonctionnelles conductrices déposées sur un support (polymère ou papier). Pour que le circuit soit opérationnel, l'impression doit respecter des critères très précis comme l'homogénéité, la régularité du motif d'impression ou encore la compatibilité de l'encre avec le support. Dans le cas où l'un des critères n'est pas optimal la conductivité électrique du circuit peut ne pas être établie.

Plusieurs procédés d'impressions sont actuellement utilisés, en grande majorité le jet d'encre et la sérigraphie. Il n'existe encore aucun essai d'électronique imprimée avec la technologie nanographie mais elle possède plusieurs avantages intéressants comme ne pas avoir de forme imprimante, imprimer sur n'importe quel support avec une grande précision, une très haute qualité et une grande vitesse d'exécution. De plus il n'y pas de problème d'interaction de l'encre avec le support puisque le film sèche instantanément ce qui place ce procédé en bonne position pour ce type d'impression. La présence de nanoparticules dans l'encre offre une ouverture intéressante. En effet les encres conductrices utilisées aujourd'hui sont composées de nanotubes de carbone ou de nanoparticules de métal (argent, or, cuivre,...) ce qui serait compatible avec la nanographie. [58]

#### 2. D'autres encres pour ce procédé ?

Le procédé nanographie est un procédé utilisant l'encre NanoInk mais pourquoi ne pas imaginer d'autres types d'encres pour ce procédé afin d'apporter de la fonctionnalisation aux imprimés ?

EcoLeaf est une technologie de métallisation inventée par Benny Landa et dévoilée en 2016 à la Drupa. Cette technologie pourrait coûter jusqu'à deux fois moins cher que l'estampage conventionnel. Cette réduction du coût est possible grâce à un pigment argenté qui peut être imprimé permettant ainsi de supprimer les feuilles d'estampage et réduire l'impact environnemental par une diminution de la gâche. Cette technique est encore en phase de test et devrait être mise en place en été 2020. La technologie n'est pas encore développée pour les presses nanographie mais il est envisageable qu'elle le soit dans les années à venir. [59]



## B. Variables essentielles de la nanographie

Pour définir les limites étudiées dans cette veille technologique et ainsi comprendre les perspectives d'évolution de la nanotechnologie il est important de faire un inventaire des variables essentielles qui caractérisent la technologie étudiée ainsi que son environnement.

Les variables internes identifiées sont liées à la technologie nanographie. Elles sont à prendre en compte dans les perspectives d'évolution car elles ont un rôle majeur dans le développement de cette technologie. Les variables internes pour la nanotechnologie sont :

- **Coût** : les prix des machines et de l'encre sont très élevés ce qui peut être un frein pour certains clients, cependant le faible coût d'impression annoncé par LANDA peut venir contrebalancer le prix élevé de l'investissement. Sans connaître la valeur précise, les promesses faites par LANDA peuvent encourager de nouveaux clients à investir.
- **Recyclage** : pour l'instant très peu d'informations sont disponibles sur la façon de désencrer un imprimé nanographie. Si le désencrage est facile, par exemple le film d'encre se retire facilement et le recyclage suit un cycle classique, cela représente un atout et donc un argument favorable au développement. En revanche si le désencrage est très difficile, par exemple une adhésion très forte au substrat ou la nécessité de faire des traitement complémentaires, cela représente un frein pour le recyclage et donc un frein au développement du procédé.
- **Durée de vie des échantillons** : la durée de vie des échantillons n'est pas connue car il n'y a pas encore le recul nécessaire sur cette technologie relativement récente. Si la couleur ne se dégrade pas c'est un atout considérable en revanche s'il y a une dégradation cela pourrait être un frein pour certaines applications.

Les variables externes sont liées à l'environnement extérieur de la nanographie. Elles définissent les éléments qui pourraient impacter le développement de la nanotechnologie mais qui ne sont pas liées au procédé en lui-même. Les variables externes identifiées sont :

- **Réglementation sur l'utilisation de nanoparticules** : l'utilisation de l'encre NanoInk peut poser problème en raison de la présence de nanoparticules réputées dangereuses et dont les effets ne sont pas encore totalement maîtrisés.
- **Amélioration de l'offset et du jet d'encre** : dans le cas où l'offset et le jet d'encre se développent et rejoignent les performances de la nanographie, le développement de cette dernière sera grandement impacté car les clients se tourneront vers les procédés

déjà connus. Les améliorations possibles peuvent être un temps de préparation plus court pour l'offset et des solutions pour l'interaction avec le substrat pour le jet d'encre.

- **Numérisation des documents** : le marché de l'impression de labeur sur lequel se positionne la nanographie peut évoluer. Si la numérisation des documents se développe, la nanographie ne serait plus essentielle sur ce marché.
- **Réduction des emballages** : le marché de l'emballage sur lequel se positionne la nanographie peut également évoluer. Si la politique de réduction des emballages se développent, la nanographie ne serait plus essentielle sur ce marché. Au contraire si la personnalisation des emballages augmentent, la nanographie pourrait prendre des parts de marché.
- **Partenariats** : la nanographie existe grâce à différents partenariats, dans le cas où ces partenariats ne seraient plus possible le développement de la nanographie pourrait être ralentie le temps de trouver de nouvelles solutions. Au contraire si de nouveaux partenariats apparaissent le développement pourrait être accéléré car de nouveaux clients pourraient investir.

## C. Synthèse des tendances constatées

La nanographie est une nouvelle technologie qui apparaît progressivement sur le marché de l'impression de labeur et de l'emballage. Son apparition progressive met en évidence de nombreux facteurs d'améliorations possibles. En effet, pour se faire une place plus importante sur le marché, le procédé doit être adapté afin de répondre à la demande des clients tout en faisant face aux procédés d'impression concurrents tels que le jet d'encre et l'offset. Ainsi les facteurs de développement de la nanographie peuvent être hiérarchisés de la manière suivante :

- **Développement de la technologie plus important à l'échelle mondiale** : La nanographie n'est pas un procédé encore très développé à l'échelle mondiale du fait de sa récente apparition sur le marché. Ainsi pour pouvoir se développer et espérer prendre une place plus importante, il est nécessaire d'avoir plus de recul sur la tenue des imprimés dans le temps et sur leurs qualités. C'est pourquoi, d'autres presses nanographie doivent être installées dans le monde pour avoir plus de données qui permettraient d'encourager les potentiels clients à investir dans la nanographie.
- **Développement du procédé pour les longs et très longs tirages** : Classiquement l'impression des longs et très longs tirages (du millier d'exemplaires jusqu'au million) se

fait en offset ou en héliogravure. Afin de pouvoir gagner des parts de marché, le procédé nanographie doit s'améliorer pour essayer de rivaliser avec ces deux procédés d'impression traditionnels.

- **Développement du procédé en prenant en compte la réduction des grammage :** Dans l'impression d'emballage, la tendance actuelle est d'essayer de diminuer les grammages des imprimés de manière à économiser des matières premières dans le but de diminuer les coûts de production et de transport. Cette évolution est donc à prendre en compte pour le développement de la nanographie.
- **Diversification des fournisseurs d'encre :** Le monopole de LANDA concernant la fabrication de l'encre pour la nanographie peut être un frein au développement de ce nouveau procédé. En effet, les potentiels clients peuvent être réticents à l'idée d'investir dans une telle technologie ne fonctionnant qu'avec un seul type de matières premières fournies par un unique fabricant. Ces entreprises pourraient donc ne pas investir dans cette technologie par peur d'être "emprisonnées" par un unique fournisseur. Cependant dans le cadre des contrats de maintenance, Landa doit probablement les rédiger de manière rester l'unique fournisseur d'encre. Ainsi comme à l'image de la presse HP Indigo, les clients possédant une presse nanographie ne peuvent probablement pas aller vers des fournisseurs multiples. C'est pourquoi, il est possible que le monopole va rester un soucis pendant un certain temps.

## D. Diagnostic stratégique

La réalisation d'une matrice SWOT permet de rassembler et de croiser différentes analyses d'une situation, d'un marché. Elle travail avec deux axes : les aspects internes et externes, en prenant en compte les atouts et les handicaps du système étudié.



Figure 24 : Matrice SWOT du procédé nanographie

La nanographie se veut être une technologie entrante, notamment sur les marchés de l'emballage et de l'impression de labour. Elle regroupe des innovations issues des procédés jet d'encre et offset pour en tirer le meilleur de chacun. La nanographie se place donc comme une solution hybride, qui propose des impressions à haute vitesse (6500 B1/h), pour des faibles coûts (supposés) dès la première page. L'absence de forme imprimante permet à la technologie de se positionner également sur le marché de la personnalisation sans coût supplémentaire de fabrication de formes différentes comme en offset par exemple.

La nanographie n'a que quelques années d'existence. Elle doit pourtant faire face à des procédés maîtrisés depuis des dizaines d'années avec très peu de recul par manque de clients. Cela est possible car elle permet de couvrir une gamme de production jusqu'alors difficilement accessible par les procédés classique. Cependant, sa jeunesse est une source d'opportunités car elle a su faire ses preuves rapidement. De ce fait, les investisseurs seront de plus en plus nombreux à vouloir participer au développement de cette technologie. D'ailleurs, le principal constructeur de presses nanographie LANDA a déjà des partenariats avec de grands constructeurs, qui sont des piliers importants pour le soutien à la technologie.

La nanographie se développe dans un contexte environnemental fort, dans lequel les emballages tendent à être réduits, et où l'impression de labour est pointée du doigt pour sa consommation de papier. Le développement de cette technologie doit donc se confronter à cette situation tendue, tandis que la numérisation des travaux de labour gagne toujours plus de parts de marché.

## E. Élaboration des scénarios

### 1. Scénario optimiste

**“ 2030, la nanographie remplace l'offset ”\***

Probabilité: 60%

Hypothèses:

- Les marques clientes d'emballages s'orientent sur la personnalisation des packagings (80%)
- La nanographie est connue pour sa qualité (60%)
- Pour des raisons environnementales, les tirages sont régulés (40%)

En 2030, la nanographie a fait ses preuves d'un point de vue qualité chez les imprimeurs, en effet en dix ans, les propriétaires de presse LANDA ont croit, et leur qualité ne fait plus aucun doute.

La personnalisation des produits est aussi devenue une part importante du marché. En effet pour renforcer le lien avec les consommateurs, les entreprises ont donc orienté leur communication vers la personnalisation.

De plus après un consensus, les marques ont décidées de diminuer le nombre de tirages nécessaire dans un but de respect de l'environnement. Pour cela, ils ont optimisé la taille des emballages pour mieux amalgamer. Cette diminution de tirages a donc rendu moins utile l'investissement des imprimeurs dans des presses offset.

La volonté de personnalisation ainsi que la diminution des tirages ont donc poussé les imprimeurs à s'orienter dans la nanographie au dépend de l'offset.

## 2. Scénario pessimiste

### “ 2030, la nanographie disparaît “

Probabilité: 45%

Hypothèses:

- Les presses nanographie représentent un gros investissement (60%)
- Les imprimeries possèdent déjà d'autres technologies qui fonctionnent (60%)
- La législation sur les nanoparticules est trop compromettante et s'endurcit (70%)

Les presses nanographie ne sont pas accessibles à toutes les imprimeries. En effet comme c'est une toute nouvelle technologie utilisant de l'encre propriétaire, le choix de cette technologie demande un investissement de base assez conséquent.

De plus, les imprimeries possèdent actuellement des technologies comme l'offset ou le jet d'encre qui fonctionnent bien. L'achat d'une presse nanographie ne répond donc pas à un besoin mais plus une envie d'évolution.

L'utilisation du procédé nanographie demande aussi le respect de la législation sur les nanoparticules, ce qui peut demander une formation de ceux qui l'utilisent à toutes les étapes.

A cause de ces contraintes, en 2030, le procédé nanographie disparaît par manque de clients intéressés.

### 3. Scénario tendanciel

#### “ 2030, apparition d'un procédé d'impression alternatif ”

Probabilité: 30%

Hypothèses:

- Le secteur de l'impression est un secteur concurrentiel (60%)
- Les industries d'impression investissent dans la recherche pour réduire leurs coûts (55%)
- La loi de Moore s'applique au milieu de l'impression. (70%)

En 2020, le procédé de la nanographie était une technologie arrivée depuis quelques années. Quelques clients avaient eu confiance en la marque LANDA. Les presses tenaient leurs promesses. Cependant le milieu de l'impression est un secteur très concurrentiel et les autres constructeurs ont continué de faire des recherches pour rivaliser avec ce procédé.

Plus le temps avance et plus la technologie évolue rapidement dans tous les secteurs, cela n'a pas épargné le milieu de l'impression. Les recherches des constructeurs ont donc mené à la création d'un tout nouveau procédé d'impression.

Ce procédé d'impression est donc un rival au procédé de la nanographie. Bien sûr le fait que ce procédé soit nouveau apporte le scepticisme mais tel LANDA quelques années auparavant, quelques clients ont confiance et testent le procédé.

Au final, le procédé nanographie est toujours utilisé mais partage le marché avec cette nouvelle technologie car toutes deux ont des avantages que l'autre ne possède pas.

## F. Analyse des risques

L'analyse des risques permet d'anticiper les événements internes ou externes qui peuvent compromettre l'atteinte des objectifs de la nanographie en terme de coût, de performance ou encore d'investissements. C'est une démarche importante pour repérer les points à améliorer en cas de problème. Les risques sont répartis en trois catégories présentées dans le Tableau 7 : les risques mineurs ayant peu d'impact sur le développement de la nanotechnologie, les risques intermédiaires pouvant entraîner des changements importants dans la technologie et enfin les risques majeurs qui sont susceptibles de faire disparaître cette technologie. Une probabilité est assignée à chaque risque.

Risques <b>MINEURS</b>	Risques <b>INTERMÉDIAIRES</b>	Risques <b>MAJEURS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Les partenaires du constructeur LANDA se tournent vers d'autres procédés, laissant la nanographie dans son état actuel (30%)</li> <li>● Les imprimés vieillissent trop rapidement, la tenue dans le temps n'est pas garantie (20%)</li> <li>● Les clients ne sont pas satisfaits (25%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● La nanographie ne progresse pas en terme de part de marché (40%)</li> <li>● Recyclage des imprimés trop complexe (30%)</li> <li>● Perte de visibilité auprès des clients potentiels suite à l'annulation de différents salons d'exposition (DRUPA, ...) (30%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● La crise sanitaire entraîne la faillite des constructeurs, la nanographie est abandonnée (20%)</li> <li>● Les encres composées de nanopigments s'avèrent toxiques et donc inutilisables (10%)</li> <li>● Digitalisation du monde : diminution drastique de l'impression sur support physique qui rend obsolète les procédés d'impression (10%)</li> <li>● Destruction des sites de production des composés des presses suite à un accident ou un acte terroriste (&lt;1%)</li> </ul>

Tableau 7 : Analyse et classification des risques associés au procédé nanographie

## Conclusion

Pour conclure, la nanographie apparaît comme une nouvelle technologie dans l'ensemble prometteuse et qui a tout à fait sa place sur les marchés de l'impression de labour et de l'emballage. Le développement de la nanographie a regroupé des grands noms de l'industrie de l'imprimerie (LANDA, KOMORI, EFI, FUJIFILM) qui ont collaborés pour mettre au point des nouvelles techniques pour répondre à des besoins maladroitement satisfaits par le jet d'encre ou l'offset. Ainsi, d'abord présentée pour la première fois lors de la DRUPA 2012, la technologie intéresse de plus en plus, et malgré des premiers résultats très moyens, ne cesse d'améliorer ses performances.



Associant les avantages du jet d'encre et de l'offset, la nanographie s'impose donc comme un procédé à part entière. Cependant, la jeunesse de ce procédé ne permet pas encore de conclure quant à ses réelles capacités sur le long-terme. Il faut qu'il y ait en effet un intérêt non seulement économique mais aussi - contexte actuel oblige - environnemental pour les entreprises qui choisissent de s'équiper avec de telles machines, dont le prix pourrait sûrement en dissuader plus d'une. La question est alors de savoir si l'investissement pour une telle technologie sera rentable, tout en prenant en compte les différents aspects législatifs et environnementaux imposés à l'industrie. Les conclusions quant à l'avenir de la nanographie ne doivent donc pas être trop hâtives, et il sera important de s'intéresser de près à l'évolution de la situation dans la prochaine décennie.

Il est également à noter que la crise sanitaire de ce début d'année 2020 a fait de nombreux dégâts financiers, notamment dans l'industrie de l'imprimerie. Certaines entreprises ont tout simplement fait faillite. Cet épisode ne sera donc pas sans conséquences pour le développement de la nanographie, et l'impact du Covid-19 doit être considéré comme un facteur clef dans les scénarios d'évolution possibles.

## Bibliographie

- [1] IDEP, Rapport annuel sur les marchés de la communication graphique, Édition 2019, Disponible sur : [http://www.com-idep.fr/sites/default/files/rapp\\_regard\\_2019pap.pdf](http://www.com-idep.fr/sites/default/files/rapp_regard_2019pap.pdf)
- [2] DGE, Tableau économique de l'artisanat, Août 2016, Disponible sur : <http://ism.infometiers.org/ISM/content/download/6196/37094/version/18/file/secteurs%20et%20metiers%20artisanat%20en%20perspective.pdf>
- [3] IDEP, Chiffres clés du secteur de la communication graphique, Édition 2019, Disponible sur : [http://www.com-idep.fr/sites/default/files/idep\\_chiffres\\_cles\\_ed2019\\_web.pdf](http://www.com-idep.fr/sites/default/files/idep_chiffres_cles_ed2019_web.pdf)
- [4] Christiansenprint, Faites l'expérience de l'impression numérique, Septembre 2016, Disponible sur : <https://www.christiansenprint.de/digitaldruck/digitaldruck-erleben/> (consulté le 27.05.2020)
- [5] Heidelberg, La presse ultime Speedmaster XL 106, Disponible sur : [https://www.heidelberg.com/global/fr/products/offset\\_printing/format\\_70\\_x\\_100/speedmaster\\_xl\\_106/product\\_information\\_12/product\\_information\\_20.jsp](https://www.heidelberg.com/global/fr/products/offset_printing/format_70_x_100/speedmaster_xl_106/product_information_12/product_information_20.jsp) (consulté le 04.04.2020)
- [6] Komori, Lithrone GX40P, Disponible sur : [https://www.komori.com/en/global/product/press/offset/lith-gx/lithrone\\_gx40p.html](https://www.komori.com/en/global/product/press/offset/lith-gx/lithrone_gx40p.html) (consulté le 04/04/2020)
- [7] Heidelberg, Offset Format 70 x 100, Disponible sur : [https://www.heidelberg.com/global/en/products/offset\\_printing/format\\_70\\_x\\_100/format\\_70x100.jsp](https://www.heidelberg.com/global/en/products/offset_printing/format_70_x_100/format_70x100.jsp) (consulté le 26/05/2020)
- [8] Koenig-Bauer (KBA), Offset feuilles, Disponible sur : <https://www.koenig-bauer.com/fr/produits/sheetfed/offset-feuilles/> (consulté le 26/05/2020)
- [9] Komori, Products, Disponible sur : <https://www.komori.com/en/global/product/> (consulté le 26/05/2020)
- [10] Manroland, Roland 700 Evolution - the new standard in press technology, Disponible sur : <https://www.manrolandsheetfed.com/fr-FR/2210/roland-700-evolution-the-new-standard-in-press-technology>
- [11] Caratteri, Press Offset RYOBI/RMGT serie 9, Disponible sur : <https://www.caratteri.fr/fr/Presse/Presse-Offset-RYOBI-RMGT-serie-9-296.html> (consulté le 26/05/2020)
- [12] Epson, Presse à étiquettes numérique jet d'encre UV SurePress L-6534VW, Disponible sur : [https://neon.epson-europe.com/files/assets/source/a/r/f/r/a8937-brochure-lores-fr-fr-surepress\\_l-6534vw.pdf](https://neon.epson-europe.com/files/assets/source/a/r/f/r/a8937-brochure-lores-fr-fr-surepress_l-6534vw.pdf)
- [13] Caractère, Impika lance une presse numérique jet d'encre pour le labeur, publié le 11 avril 2010, Disponible sur :

<https://caractere.net/caractere-net/actualites/item/impika-lance-une-presse-numerique-jet-dencree-pour-le-labeur> (consulté le 26/05/2020)

[14] HP Indigo 5000, The high performance solution for profitable, color digital printing, Disponible sur : <https://www.minilab.ca/dat/files/458.pdf>

[15] HP, CPI, le premier imprimeur de livres en Europe, acquiert la HP T300 Web Press, Publié le 23 mars 2010, Disponible sur : <https://www8.hp.com/fr/fr/hp-news/press-release.html?id=30239> (consulté le 26/05/2020)

[15] LANDA. Les produits LANDA et leurs marchés, Disponible sur : <https://www.landanano.com/products> (consulté le 02.04.2020)

[16] All4pack, Market key figures, challenges and perspectives of worldwide packaging, Novembre 2018, Disponible sur : [https://www.all4pack.com/Media/All-4-Pack-Medias/Files/FicheMarche\\_Emballage\\_Monde](https://www.all4pack.com/Media/All-4-Pack-Medias/Files/FicheMarche_Emballage_Monde) (consulté le 03.03.2020)

[17] Fresh Plaza, Le marché de l'emballage évolue vers un conditionnement de plus en plus personnel, Avril 2019, Disponible sur : <https://www.freshplaza.fr/article/9089075/le-marche-de-l-emballage-evolue-vers-un-conditionnement-de-plus-en-plus-personnel/> (consulté le 04.04.2020)

[18] Elipso (French Plastic and Flexible Packaging Association), Les emballages plastiques & commerciaux, 2015, Disponible sur : [http://www.elipso.org/wp-content/uploads/2017/09/guide\\_pratique\\_emballages\\_industriels\\_et\\_commerciaux.pdf](http://www.elipso.org/wp-content/uploads/2017/09/guide_pratique_emballages_industriels_et_commerciaux.pdf)

[19] Eliane Rousset, La flexographie, EFPG mars 2006, Disponible sur <http://cerig.pagora.grenoble-inp.fr/tutoriel/flexographie/page01.htm> (consulté le 04.04.2020)

[20] Benoît Bourque et Sébastien Lérique, L'emballage hors papier et carton, EFPG, mars 2002, Disponible sur : <http://cerig.pagora.grenoble-inp.fr/memoire/2002/supports-emballage.htm> (consulté le 04.04.2020)

[21] AgroMedia, All4pack [2018] : Les tendances du marché de l'emballage en France , Disponible sur : <https://www.agro-media.fr/dossier/all4pack-2018-les-tendances-du-marche-de-lemballage-en-france-30933.html> (consulté le 27.05.2020)

[22] Graphiline, L'imprimerie Express Packaging (62) s'équipe d'une presse offset KBA Rapida 142, Publié le 25.11.2009, Disponible sur : [https://www.graphiline.com/article/12463/L-imprimerie-Express-Packaging-\(62\)-s-equipe-d-une-presse-offset-KBA-Rapida-142](https://www.graphiline.com/article/12463/L-imprimerie-Express-Packaging-(62)-s-equipe-d-une-presse-offset-KBA-Rapida-142) (consulté le 04.04.2020)

[23] Faustine Loison, L'impression des emballages carton, tendance à l'innovation, Graphiline, Publié le 21.09.2017, Disponible sur : <https://www.graphiline.com/article/26583/innovation-technologie-impression-emballage-carton-pliant> (consulté le 04.04.2020)

- [24] Faustine Loison, HP dévoile six nouvelles presses Indigo pour l'étiquette et l'emballage, Graphiline, Publié le 11.03.2020, Disponible sur : <https://www.graphiline.com/article/33248/hp-devoile-six-nouvelles-presses-indigo-pour-etiquette-et-emballage> (consulté le 04.04.2020)
- [25] HP Indigo Digital Presses, HP Indigo 25K, Disponible sur : <https://www8.hp.com/us/en/industrial-printers/indigo-digital-presses/labels-flexible-packaging-digital-presses/25k-printing-press.html> (consulté le 04.04.2020)
- [26] HP, Presses d'impression d'étiquettes et d'emballages HP Indigo, Disponible sur : <https://www8.hp.com/fr/fr/commercial-printers/indigo-presses/labels-packaging-presses.html>
- [27] Fujifilm, Commercial Digital Printing, Disponible sur : <https://www.fujifilm.eu/eu/products/graphic-systems/commercial-digital-printing-presses> (consulté le 26/05/2020)
- [28] Caratteri, Presse Jet d'encre Amica LR 54, Disponible sur : <https://www.caratteri.fr/fr/Presse/Presse-jet-encre-AMICA-LR-54-360.html> (consulté le 26/05/2020)
- [29] Smithers, What's causing a shift from traditional materials to flexible packaging types?, Disponible sur : <https://www.smithers.com/resources/2018/jan/what-s-causing-a-shift-to-flexible-packaging-types> (consulté le 04.04.2020)
- [30] LANDA. Les produits LANDA et leurs marchés, Disponible sur : <https://www.landanano.com/products> (consulté le (consulté le 02.04.2020)
- [31] KOMORI. Impremia NS40, Document PDF publié le 3 Mars 2019, Disponible sur : [https://www.komori-america.us/file/v1111/products/NS40\\_2019.pdf](https://www.komori-america.us/file/v1111/products/NS40_2019.pdf)
- [32] LANDA. The Nanographic Printing® : Process Combining the versatility and short-run economics of digital printing with the qualities and productivity of offset printing. Disponible sur : <https://www.landanano.com/lp/marketo/nano/us/?source=banner> (consulté le 21.03.2020)
- [33] Anne Blayo. Formulation des encres pour l'impression. Ed. Techniques Ingénieur, 2007.
- [34] Electroprint, Impression offset ou numérique laquelle choisir ? Disponible sur : <https://www.electroprint.fr/imprimerie-urgente-643/impression-offset-ou-numerique-laquelle-choisir.htm> (consulté le 27.04.2020)
- [35] Shlomit Lan. Benny Landa resurrects big ambitions with nano-printing. Globes Israel business news, 2014. Disponible sur : <https://en.globes.co.il/en/article-benny-landa-resurrects-big-ambitions-with-nano-printing-1000952981> (consulté le 22.03.2020)
- [36] Simon Nias. Landa Corporation moves to clarify nano ink cost [en ligne]. Printweek, 2014. Disponible sur : <https://www.printweek.com/product-news/article/landa-corporation-moves-to-clarify-nano-ink-cost> (consulté le 22.03.2020)
- [37] UNIIC. Focus technologique : de la nanographie à l'Industrie 4.0. Acteurs de la filière graphique, 2018, n°124, pp 17-18. ISSN 1764-3112

[38] LANDA. KOMORI et LANDA concluent un partenariat stratégique mondial - KOMORI adopte la nanographie LANDA pour les systèmes d'impression numérique. Disponible sur : <https://www.landanano.com/news-events/press-releases/komori-and-landa-enter-global-strategic-partnership-komori-adopts-landa-nanography-for-digital-printing/komori-et-landa-concluent-un-partenariat-strategique-mondial-%E2%80%93-komori> (consulté le 21.03.2020)

[39] Landa Digital Printing, The Landa Nanographic Printing® Process, 7 Mai 2012, Disponible sur : <https://www.youtube.com/watch?v=EVrCvocyC2o>

[40] Faustine Loison. La première presse nanographique de Komori l'Impremia NS40 bientôt installée. Graphiline, publié le 28 Août 2018. Disponible sur : <https://www.graphiline.com/article/28841/presse-nanographique-komori-impremia-ns40-bientot-installee>

[41] LANDA. EFI et LANDA forment une alliance stratégique, de Benny Landa, publié le 21 Janvier 2014, Disponible sur : <https://www.landanano.com/news-events/press-releases/efi-and-landa-form-strategic-alliance/fr> (consulté le 02.04.2020)

[42] Sprinter. EFI to provide front end for Landa nano presses, publié le 22 Janvier 2014. Disponible sur : <https://www.sprinter.com.au/efi-to-provide-front-end-for-landa-nano-presses/> (consulté le 02.04.2020)

[43] Benny Landa. Nano. The power of small, Juin 2016 à la DRUPA 2016, Disponible sur : <https://www.youtube.com/watch?v=2Z5Qlqm7Tww&feature=youtu.be>

[44] KOMORI. KSH-AI Print Management, Disponible sur : <https://www.komori.com/en/global/product/press/print-management/khs-ai/> (consulté le 26/05/2020)

[45] David Zwang. Inkjet drupa 2016 – Continuing the Story - Landa. WhatTheyThink, publié le 29 Mars 2016. Disponible sur : <http://whattheythink.com/articles/79607-inkjet-drupa-2016-continuing-story-landa/> (consulté le 02.04.2020)

[46] Fujifilm. FUJIFILM Dimatix annonce la technologie jet d'encre piézoélectrique DOD à passage unique SAMBA™. Disponible sur : [https://www.fujifilmusa.com/press/news/display\\_news?newsID=880174](https://www.fujifilmusa.com/press/news/display_news?newsID=880174) (consulté le 04.04.2020)

[47] Vinoth.E, Rajkumar.M, NANOGRAPHY BY NANOINK, PDF disponible sur : [http://chemicalengg.weebly.com/uploads/3/9/5/0/39500293/nanography\\_by\\_nanoink.pdf](http://chemicalengg.weebly.com/uploads/3/9/5/0/39500293/nanography_by_nanoink.pdf) (consulté le 26/05/2020)

[48] LANDA. Caractéristiques des machines de production. Disponible sur : <https://www.landanano.com/products> (consulté le 21.02.2020)

[49] Nouvelles graphiques. Gros plan sur les “nanopresses” de Benny Landa. Nouvelles graphiques, 10 avril 2012. Disponible sur :

[https://nouvelles-graphiques.levif.be/nouvelles-graphiques/gros-plan-sur-les-nanopresses-de-be-ny-landa/article-normal-415079.html?cookie\\_check=1590512699](https://nouvelles-graphiques.levif.be/nouvelles-graphiques/gros-plan-sur-les-nanopresses-de-be-ny-landa/article-normal-415079.html?cookie_check=1590512699)

[50] Crédit Agricole, La réglementation de l'imprimerie, dernière mise à jour le 21 Mars 2019. Disponible sur :

<https://www.jesuisentrepreneur.fr/informations-sectorielles/artisanat/limprimerie/reglementation-l-imprimerie.html>

[51] Gouvernement Français, Archives sur la description globale des métiers dans les imprimeries, publiées le 28 Avril 2009. Disponible sur :

<https://travail-emploi.gouv.fr/archives/archives-courantes/metiers-et-activites/article/imprimeries>

[52] LANDA, Landa S10 Nanographic Printing Press. Disponible sur :

<https://www.landanano.com/products/landa-s10> (consulté le 27.04.2020)

[53] FESPATV, Benny Landa walks through the Landa Nanography Interface, vidéo publiée le 4 Mai 2012. Disponible sur [https://www.youtube.com/watch?v=l\\_9l5dw6UZk](https://www.youtube.com/watch?v=l_9l5dw6UZk)

[54] UNIIC, *Acteurs de la filière graphique N°123*, L'intelligence artificielle dans les Industries graphiques, c'est pour bientôt ? (pages 11 à 13), édition du 3<sup>e</sup> trimestre 2018. PDF disponible en version numérique sur <https://uniic.org/wp-content/uploads/2018/09/acteurs123web.pdf>

[55] Simon Nias. Landa Corporation moves to clarify nano ink cost [en ligne]. Printweek, 2014. Disponible sur :

<https://www.printweek.com/product-news/article/landa-corporation-moves-to-clarify-nano-ink-cost> (consulté le 22.03.2020)

[56] BluePrint AG. LANDA NANOGRAPHY® – AB FRÜHJAHR 2020 BEI BLUEPRINT AG. 24 Juin 2018. Disponible sur: <https://www.blueprint.de/print/landa-nanography/> (consulté le 22.03.2020)

[57] LANDA. Caring For the Planet, 07 Août 2016. Disponible sur YouTube :

<https://www.youtube.com/watch?v=7DQ576ZNJu0&feature=youtu.be> (consulté le 22.03.2020)

[58] NanoDimension. High Performance Nano-Inks Customized for Additive Manufacturing. Disponible sur : <https://www.nano-di.com/materials> (consulté le 24.03.2020)

[59] Faustine Loison. La solution d'impression métallisée inventée par Landa bientôt sur le marché, publié le 16 Mars 2020, Disponible sur :

<https://www.graphiline.com/article/33270/la-solution-d-impression-metallisee-inventee-par-landa-bientot-commercialisee>