

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**École Nationale Polytechnique**



**Département d'électronique**  
**Mémoire de projet de fin d'études**  
**Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en électronique**

Intégration de la traçabilité dans la chaîne de production  
(sérialisation des médicaments)  
(Cas de Biopharm).

AOUADJ Mohcen

Présenté et soutenu le 15/07/2021

**Composition du jury :**

Président	M. Salah BOUSBIA	Prof. ENP
Promoteur	M. Elghani AYADI	Biopharm
Promoteur	M. Mourad Haddadi	Prof. ENP
Examineur	M. Sid-Ahmed BERRANI	Prof. ENP

ENP 2021



**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**École Nationale Polytechnique**



**Département d'électronique**  
**Mémoire de projet de fin d'études**  
**Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en électronique**

Intégration de la traçabilité dans la chaîne de production  
(sérialisation des médicaments)  
(Cas de Biopharm).

AOUADJ Mohcen

Présenté et soutenu le 15/07/2021

**Composition du jury :**

Président	M. Salah BOUSBIA	Prof. ENP
Promoteur	M. Elghani AYADI	Biopharm
Promoteur	M. Mourad Haddadi	Prof. ENP
Examineur	M. Sid-Ahmed BERRANI	Prof. ENP

ENP 2021

# Dédicace

À ma mère, mon père et ma grand-mère pour tout ce qu'ils  
ont fait pour moi

À mon frère Rostoum, mes sœurs Djouhaïna et Taous

À mes oncles et tantes

À mes amis Ibrahim et Yasser

À Kahina

À tous les détenus d'opinion

À tous ceux qui rêvent de liberté

Aux enfants de Palestine

À la résistance palestinienne

À tous ceux qui aspirent à la renaissance de la civilisation  
islamique.

## Remerciements

Je remercie Dieu pour la force et la patience qu'il m'a données pour accomplir ce travail modeste.

Je remercie mes encadreur Mr Elghani AYADI et Pr Mourad HADDADI, leur suivi, leur disponibilité et leurs précieux conseils.

Je tiens aussi à remercier Mr Mohammed BELMOUHOUB et Mr Abdelkrim SADJI de Biopharm pour leurs aide et orientations.

Je remercie également tous mes enseignants surtout Mr Adel BELOUHRANI pour son travail exceptionnel

Enfin, je remercie mes proches et mes amis, qui m'ont

## ملخص:

في السنوات الماضية، أصبحت حلول التتبع ضرورية في كل صناعة صيدلانية، لضمان مزيد من المرونة في التوزيع والحماية من المزييفين.

يحتوي هذا المشروع على دراسة وتطوير نموذج أولي لمنصة تتبع ذكية، بالإضافة إلى المعدات الكهرو-ميكانيكية التي تربطها ببرنامج التتبع، والتي ستسمح لها بترميز جميع المنتجات بدقة. الكلمات المفتاحية: المسار والتتبع، التشفير، منصة ويب.

## Abstract :

In the past years, traceability solutions have become essential in every pharmaceutical industry, to ensure greater flexibility in distribution and protection against counterfeiters.

This project contains the study and development of a prototype for a smart tracking platform, as well as the electro-mechanical equipment that connects it to the tracking software, which will allow it to accurately encode all products.

**Keywords:** track and trace, serialization, web platform.

## Résumé:

Ces dernières années, les solutions de traçabilité sont devenues incontournables dans chaque industrie pharmaceutique, pour assurer une plus grande flexibilité de distribution et une protection contre les contrefaçons.

Ce projet contient l'étude et le développement d'un prototype de plateforme de suivi intelligent, ainsi que l'équipement électromécanique qui le relie au logiciel de suivi, ce qui lui permettra d'encoder avec précision tous les produits.

**Mots-clés:** track and trace, sérialisation, plateforme web.

## Table de matière :

<b>Dédicace</b>	
<b>Remercîments</b>	
<b>Résumé</b>	
<b>Liste des tableaux</b>	
<b>Liste des figures</b>	
<b>Liste des abréviations</b>	
<b>Introduction générale</b>	12
<b>Chapitre 1 : Environnement de travail</b>	13
1    Introduction	14
2    L'entreprise d'accueil 'BIOPHARM'	14
2.1    Présentation	14
2.2    L'organisme de BIOPHARM	14
2.3    Production de médicaments	14
2.4    Répartition en gros de produits pharmaceutique	15
3    L'industrie pharmaceutique	15
3.1    Le marché pharmaceutique Algérien	16
4    La contrefaçon dans le milieu pharmaceutique	16
4.1    Médicaments contrefaits (ou faux)	17
4.2    La contrefaçon dans les pays en développement	17
4.2.1    Le cas particulier à l'Afrique	18
5    Comment refondre le système	18
6    La nature de sujet	20
6.1    La Problématique	20
<b>Chapitre 2 : L'état de l'art</b>	21
1    Introduction	22
2    La Traçabilité	22
2.1    Niveau de regroupage	23
2.2    Avantage de la traçabilité	24
2.3    La sérialisation et la traçabilité	25
3    Les niveaux de sérialisation et de gestion de l'information	25
3.1    Niveau 1 – Appareil	25
3.2    Niveau 2 - Prélèvement pick/pack	26
3.3    Niveau 3 - Sérialisation au niveau du site	26
3.4    Niveau 4 – Entreprise	26
3.5    Niveau 5 – Réseau	26
4    Les exigences de sérialisation pharmaceutique dans le monde	27
4.1    Programmes législatifs européens	27
4.1.1    Exigences de sérialisation	28
4.1.2    Exigences en matière de rapports	29
5    Data Matrix (Matrice de données)	29
5.1    Structure de matrice de données	29
5.2    ECC000, ECC050, ECC080, ECC100 et ECC140	29
5.3    ECC200 DataMatrix	30
5.4    Structure de matrice de données (ECC200)	30
5.4.1    Modèle d'alignement et modèle de synchronisation	30
5.4.2- Zone de silence	30
5.4.3- Taille de la matrice de données et capacité des données	31
5.4.4    Le code de Reed Solomon	33

	5.4.5	Emplacements des codes de données et de correction d'erreurs	33
6.		L'encodage des données	33
	6.1	Les structures d'encodage	33
	6.2	GS1 DataMatrix	34
	6.2.1	Structure des données de GS1 DataMatrix	34
	6.2.1.1	Caractère de départ et caractère de séparation	35
	6.2.1.2	Identifiant d'application (IA)	35
	6.2.1.3	Caractère de séparation	35
	6.2.1.2	Concaténation des données codées	36
	6.2.2	Interprétation lisible par l'homme	36
7		Le marquage de symbole	37
	7.1	Dot Matrix	37
	7.2	Jet d'encre	37
	7.2.1	Impression à jet d'encre continu (CIJ Continuous inkjet)	38
	7.2.2	La goutte à la demande (Imprimante à jet d'encre thermique)	39
	7.3	Impression laser	40
	7.4	Impression thermique	41
8.		La vérification de l'encodage et du marquage	41
	8.1	La norme ISO/IEC 15415 pour la qualité d'impression	42
	8.1.1	Signification des paramètres ISO	42
	8.2	Le processus de vérification	43
9.		Lecture et décodage d'un DataMatrix ECC200	46
	9.1	Principe de lecture	46
	9.2	Principe de décodage	47

### **Chapitre 3 : Considérations au développement d'un system de sérialisation** 49

1		Introduction	50
2		Considérations de codage et de marquage	50
	2.1	Support de données	50
	2.2	Contenu de l'impression	56
	2.3	L'emplacement d'impression	57
	2.4	L'impression sur des bouteilles rondes	58
	2.5	La technologie de codage	59
	2.6	Évaluation d'équipement de codage	59
	2.7	Les vibrations sur la ligne	59
	2.8	Les coûts et de la maintenance	59
3		Considérations relatives au système de vision	59
	3.1	Spécification des systèmes de vision	60
	3.1.1	Le capteur d'image de la caméra	60
	3.1.2	L'interface de communication	61
	3.1.3	Nombre de mégapixels nécessaire	61
	3.1.4	Les applications principales de la caméra	61
	3.1.5	Le niveau de performance de la caméra	62
	3.2	les caméras sur PC Vs les caméras intelligentes	62
	3.2.1	Avantages des caméras intelligentes	64

### **Chapitre 4 : Solution Proposée** 65

1		Introduction	66
2		Machine de marquage de symbole	71
3		System de vision	76
4		Système de gestion de la sérialisation	78

Section I : Définitions	78
1- Le MES, c'est quoi ?	78
2- Différences entre les applications de bureau et Web	79
2.1 Différence entre web serveur et serveur d'application	80
3 Développement front-end	80
4 Développement back-end	81
4.1 Django Framework	81
4.1.1 La structure de Django	82
4.1.2 Les modèles de Django	82
4.1.3 Les principaux avantages de Django	83
5 Système de gestion de base de données	83
5.1 Avantages et inconvénients - SQLite vs MySQL	84
6 Environnement virtuel Python	84
Section II : Conception du système	85
1 Création de modèle de données	85
1.1 Stratégies de mise en œuvre de plusieurs types d'utilisateurs	86
1.2 Intégration des modèles dans l'interface d'administrateur	89
2 Création de la logique et des vues	90
2.1 L'inscription des utilisateurs	90
2.2 Authentification des utilisateurs	90
2.3 Acquérir l'ordre de fabrication de l'ERP	91
2.4 Génération des numéros de séries et les codes GS1	93
2.5 Intégration de chart.js	95
<b>Conclusion générale</b>	<b>97</b>
<b>Référence</b>	<b>98</b>
<b>Annexe 1</b>	<b>99</b>
<b>Annexe 2</b>	<b>101</b>
<b>Annexe 3</b>	<b>103</b>
<b>Annexe 4</b>	<b>104</b>
<b>Annexe 5</b>	<b>106</b>

## Liste des tableaux

Tableau 2.1	Niveaux de groupage	23
Tableau 2.2	Structure de matrice de données	29
Tableau 2.3	Taille et capacité de la matrice de données	32
Tableau 2.4	Identifiant d'application	36
Tableau 2.5	La norme iso/iec 15415	42
Tableau 2.6	Paramètres d'iso 15416	42
Tableau 3.1	Types des supports des données	53
Tableau 4.1	Paramètres techniques de KX1G	72
Tableau 4.2	Paramètres techniques de DataMan 475V	76
Tableau 4.3	Applications web Vs application desktop	78
Tableau 4.4	Différences entre SQLite Vs MySQL	83

## Liste des figures

1.1	Les moyens les plus courants de falsifier des médicaments	17
2.1	Niveaux de regroupages des emballages	23
2.2	Niveaux de la traçabilité	27
2.3	Vue d'ensemble sur les exigences de la traçabilité dans le monde	28
2.4	Motifs de repérage + Matrice des données	31
2.5	Modèle de synchronisation pour une matrice des données	31
2.6	Quiet zone	31
2.7	Emplacement du code de correction d'erreur	34
2.8	Exemple de concaténation de plusieurs champs de données.	36
2.9	GS1 datamatrix avec l'interprétation lisible par homme	37
2.10	Exemple d'une impression en technologie jet encre	40
2.11	Exemple d'impression en technologie laser	41
2.12	Exemple d'une matrice idéale	46
2.13	Traitement des données d'un symbole GS1 DataMatrix scanné.	48
3.1	Barcodes Linéaires	56
3.2	DataMatrix	56
3.3	Vignette RFID	56
3.4	Différentes étiquettes de sérialisation du monde entier	57
3.5	Exemple de marquage sur un rabat d'extrémité d'un produit	58
3.6	Exemple d'impression sur une bouteille ronde	58
3.7	Exemple d'une caméra intelligente dans une ligne de production	63
4.1	Description haut niveau de système de sérialisation proposé	67
4.2	Types des systèmes de gestion de ligne	68
4.3	Système de gestion de la ligne avec des pilotes indépendants	68
4.4	Processus de marquage selon le type de système de gestion de la ligne	69
4.5	Processus de vérification de marquage	70
4.6	Acquisition de l'ordre de fabrication auprès de l'ERP.	70
4.7	La machine de marquage KX1G	71
4.8	Exemple des GS1 codes imprimer par KX1G	74
4.9	l'interface graphique de l'API de KX1G	75
4.10	La caméra DataMan 475V	76
4.11	Schématisation d'une application web.	80
4.12	L'architecture MVT	82
4.13	Diagramme de cas d'utilisation d'obtenir l'ordre de fabrication de l'ERP	85

4.14	Diagramme de relation d'entité des modèles de données	85
4.15	Hiérarchie d'utilisateurs du système	86
4.16	Diagramme de relation d'entité des multiples types d'utilisateurs	87
4.17	Organigramme de la stratégie d'implémentation de plusieurs types d'utilisateurs	88
4.18	L'interface d'administrateur du Django	89
4.19	Tableau des ordres de fabrication tel qu'il apparaît dans l'interface d'administration.	90
4.20	Le processus d'authentification	91
4.21	Ajout manuel d'un nouvel ordre de fabrication dans la base de données à l'aide de la fonction d'ajout intégrée de Django.	92
4.22	Ajout d'un nouvel ordre de fabrication dans la base de données à l'aide d'un fichier CSV.	92
4.23	Ordres de fabrication affichés dans des blocs séparés dans la page principale	94
4.24	Procédure de génération des numéros de séries uniques	94
4.25	Un exemple de données générées dans le fichier csv téléchargé	95
4.26	Représentation graphique de nombre d'ordres par produit.	95

## **Liste des abréviations**

**ERP** : Enterprise Resource Planning

**LMS** : Line management system

**GS1** : Global Standards 1

**SSFFC** : Spurious, falsely labelled, Falsified and counterfeit

**AI** : Application identifiers

**ASCII** : American Standard Code for Information Interchange

**GS** : Groupe separator

**FNC1** : Function Code One

**URS** : User requirements specifications

**CRUD** : Create, Read, Update, Delete.

## **Introduction générale :**

En raison de l'expansion du marché mondial au fil des années et de la demande croissante, outre le développement des moyens de production et la disponibilité de nombreuses sociétés, il devient difficile pour de nombreux groupes industriels de protéger leurs produits des contrefacteurs. Au fil du temps, différentes approches et méthodes ont été adoptées pour rendre le marché beaucoup plus sûr et protéger les produits.

Dès les premiers jours de l'industrie pharmaceutique, des tentatives ont été faites pour produire des méthodes logistiques pour distinguer les vrais produits des contrefaçons. Dans les années 80 et 90, de nombreux modèles de solutions ont été mis en place, notamment des codes-barres et des tags RFID, mais leur efficacité n'était pas à la hauteur des attentes. Au troisième millénaire, la disponibilité d'Internet est devenue une réalité partout dans le monde et la traçabilité des informations est devenue beaucoup plus facile, de nombreuses entreprises ont commencé à développer leurs propres solutions pour suivre leurs produits et avoir un grand contrôle sur leur distribution.

La traçabilité pharmaceutique repose principalement sur la sérialisation du médicament. L'intégration d'un système de sérialisation dans un groupe pharmaceutique se compose essentiellement de deux parties, la première partie est le conseil et le contrôle électronique, au niveau de la ligne de production, de l'étude de ses performances au choix de l'équipement approprié pour contrôler le processus. La seconde partie consiste à traiter les données produites sur chaque ligne, c'est-à-dire dans tout le site de l'entreprise. La mise en œuvre peut prendre de nombreuses années, et différentes professions doivent y participer afin de la rendre efficace.

Dans ce mémoire, je vais essayer de traiter les deux parties en me concentrant sur l'objectif principal qui est l'intégration de la traçabilité et en omettant certaines parties ignorées dans la recherche primaire. Dans le premier chapitre, je présenterai l'environnement de travail et expliquerai les raisons et les problèmes derrière la proposition du projet. Dans le deuxième chapitre je définirai toutes les notions générales de la traçabilité et ses exigences. Dans le troisième chapitre je présenterai l'approche de conception d'un système de sérialisation personnalisé, et enfin je présenterai mon prototype et les étapes de conception.

***Chapitre I :***  
***Environnement du projet.***

## **1 Introduction :**

Ce premier chapitre sera consacré à la présentation de l'organisme d'accueil 'BIOPHARM' et ce, à travers son organisation, sa vision, notamment du secteur pharmaceutique qui nous intéresse le plus tout en traitant également la problématique abordée et la solution proposée à ce sujet.

## **2 L'organisme d'accueil 'BIOPHARM' :**

### **2.1 Présentation :**

Le groupe industriel et commercial BIOPHARM est un laboratoire pharmaceutique algérien qui a commencé à investir dans le secteur pharmaceutique au début des années 1990 et qui a devenu aujourd'hui une des unités de production les plus recommandées en Afrique selon les normes internationales.

Depuis sa création, BIOPHARM, n'a pas cessé de progresser pour s'affirmer comme un acteur de premier plan du secteur pharmaceutique, et plus généralement, de la santé publique en Algérie. Grâce à un réseau commercial dense et couvrant jusqu'aux régions les plus reculées du pays, Biopharm aujourd'hui en mesure de délivrer quelques 4000 produits pharmaceutiques sur l'ensemble du territoire algérien. Ce réseau est également le support de relations solides et pérennes que Biopharm a tissées progressivement avec plus de 50 laboratoires internationaux, son réseau de distribution grossiste, tourné vers la satisfaction de ses clients, est certifié depuis 2008 selon le Référentiel Qualité ISO 9001[1].

### **2.2 L'organisation du BIOPHARM :**

BIOPHARM a commencé par adapter progressivement sa structure organisationnelle en tant que Groupe autour de ses différents métiers :

- La production de médicament à travers BIOPHARM, qui demeure le noyau central du Groupe.
- La distribution en gros de produits pharmaceutiques à travers BIOPHARM DISTRIBUTION.
- La répartition aux officines à travers BIOPURE.
- La promotion et l'information médicales, à travers HHI (Human Health Information).
- La logistique pour l'industrie pharmaceutique à travers BIOPHARM LOGISTIC [1].

### **2.3 Production de médicaments :**

Bâtie sur un site de 8 000 m<sup>2</sup>, l'unité d'Oued Smar (Alger, Algérie) fabrique aujourd'hui quelques 55 millions d'unités annuellement, à travers 9 lignes de production, soit, deux (2) lignes pour les formes liquides (petits et grands volumes), une ligne de crèmes et gels, deux lignes de suppositoires et quatre lignes de formes sèches (sachets, poudre, pilules et comprimés). Sa gamme de

production comprend près d'une centaine de génériques couvrant les principales classes thérapeutiques [1].

#### **2.4 Répartition en gros de produits pharmaceutiques :**

La filiale BIOPHARM Distribution a développé durant plus de deux décennies un large réseau de distribution constitué de 3 centres de distribution situés à Alger, Constantine et Oran ainsi que de 150 grossistes répartiteurs répartis sur le territoire algérien, ce réseau met à la disposition des professionnels et des patients plus de 500 produits de différentes classes thérapeutiques.

BIOPHARM Distribution a tissé, au long des années, de solides rapports de confiance avec des laboratoires de renommée mondiale qui lui confient la distribution de leurs produits. Parmi ces partenaires, on peut citer, notamment : *Astra Zeneca, Bayer, Boehringer- Ingelheim, Cipla, Lilly, Ferrer, Johnson & Johnson, Ipsen Pharma, Léo Pharma, Lilly, MerckSerono, MSD, Pierre Fabre, Servier, Takeda, Théa, etc.*

Le premier fournisseur de BIOPHARM Distribution est sa société mère, BIOPHARM dont elle distribue la gamme à titre exclusif. Son premier client est BIOPURE, la société du groupe en charge de la répartition aux officines qui vient ainsi compléter le réseau de distribution en permettant un accès direct à plus de 3000 pharmacies, et couvrant jusqu'aux régions les plus reculées du pays [1].

### **3 L'industrie pharmaceutique :**

L'industrie pharmaceutique est le secteur économique qui regroupe les activités de recherche, de fabrication et de commercialisation des médicaments pour la médecine humaine ou vétérinaire. Cette activité est exercée par les laboratoires pharmaceutiques et les sociétés de biotechnologie.

\* L'industrie pharmaceutique est une industrie technique, sûre et innovante (qui investit chaque année plus de 10% de son chiffre d'affaires dans la recherche et le développement de nouvelles solutions thérapeutiques au bénéfice des patients) [2].

\* La production pharmaceutique regroupe l'ensemble des opérations de transformation des matières premières en produits finis (médicaments). Elle répond à des normes de qualité nationales, européennes et internationales très strictes (les bonnes pratiques de fabrication) garantissant le respect de l'hygiène, de l'environnement et de la sécurité dans le but d'assurer aux patients un standard de qualité très élevé.

Compte tenu de toutes ces définitions, l'industrie pharmaceutique peut être définie comme l'ensemble des activités économiques liées à la recherche, au développement, à la fabrication et à la distribution de produits pharmaceutiques (principalement des médicaments) destinés à la médecine humaine et vétérinaire.

L'industrie pharmaceutique incluant autant la manufacture de médicaments que le circuit de distribution :

- En début de chaîne, on trouve les sociétés de recherche biologique, des laboratoires pharmaceutiques ou des start-up en biotechnologie.
- En fin de chaîne, on trouve les officines de distribution de détail directement au consommateur final [3].

### **3.1 Le marché pharmaceutique Algérien :**

Une nouvelle loi sur la santé a été promulguée en Juillet 2018. Cette loi préfigure une réorganisation du système de santé et vise notamment à élargir le rôle du secteur privé en le renforçant afin de compléter les ressources du secteur public et faire face à une demande croissante véhiculée par la croissance démographique et une hausse des maladies non transmissibles. Cependant, il faudra attendre le texte d'application de la loi pour en mesurer les impacts. L'Algérie poursuit ses efforts de réduction de la facture d'importation des médicaments engagés depuis plusieurs années, ainsi les importations de produits pharmaceutiques sont passées de 2,5 milliards de dollars en 2014 à 1,9 milliards de dollars en 2017. L'année 2018 a enregistré une hausse de 14,4% des importations soit 2,17 Milliards de dollars [4].

La part en valeur de la production pharmaceutique locale a connu une hausse importante passant de 25% de parts du marché du médicament en 2008 à près de 52% en 2018 selon les données du Ministère algérien de la santé [4].

## **4 La contrefaçon dans le milieu pharmaceutique :**

« Un médicament contrefait est un médicament qui est délibérément et frauduleusement muni d'une étiquette n'indiquant pas son identité et/ou sa source véritable. Il peut s'agir d'une spécialité ou d'un produit générique et, parmi les produits contrefaits, il en est qui contiennent les bons ingrédients ou de mauvais ingrédients, ou bien encore pas de principe actif, et il en est d'autres où le principe actif est en quantité insuffisante ou dont le conditionnement a été falsifié. »

L'une des exigences essentielles d'un médicament est l'assurance de sa qualité, ainsi que de son efficacité et de son innocuité. Dans l'industrie pharmaceutique, les professionnels essaient de développer et d'améliorer des méthodes analytiques pour s'assurer que le traitement prescrit améliorera la qualité de vie des patients. D'un autre côté, les patients doivent faire confiance à l'intégrité des sociétés pharmaceutiques et reconnaître leur préoccupation concernant la sécurité des médicaments. Pour atteindre cet idéal de qualité de la médecine, c'est la mission la plus difficile dans le domaine du développement de médicaments.

#### 4.1 Médicaments contrefaits (ou faux) :

Les médicaments contrefaits sont des médicaments qui ne respectent pas les droits de propriété intellectuelle et/ou violent les lois sur les marques. La contrefaçon peut être liée à un étiquetage erroné du produit pour reproduire un médicament authentique. Une autre méthode plus dangereuse consiste à fournir des médicaments sans ou avec une quantité inférieure/supérieure d'ingrédients pharmaceutiques actifs (API). En outre, une situation grave est lorsque les médicaments contiennent des substances toxiques nocives non étiquetées.

Les faux médicaments, comme leur nom l'indique, sont des médicaments contrefaits conçus pour imiter les médicaments originaux. Les médicaments vitaux comme ceux pour le traitement du paludisme, de la tuberculose, du VIH/SIDA et même des médicaments anticancéreux n'ont pas échappé à la contrefaçon.

L'utilisation d'un médicament sous une forme pharmaceutique spécifique sans qualité requise peut provoquer des effets secondaires graves, voire mortels. Pour vérifier l'authenticité des médicaments au niveau personnel, « les six P » ont été introduits : le lieu, la prescription, les promesses, le prix, la confidentialité et le produit sont essentiels lorsqu'un patient achète un traitement.

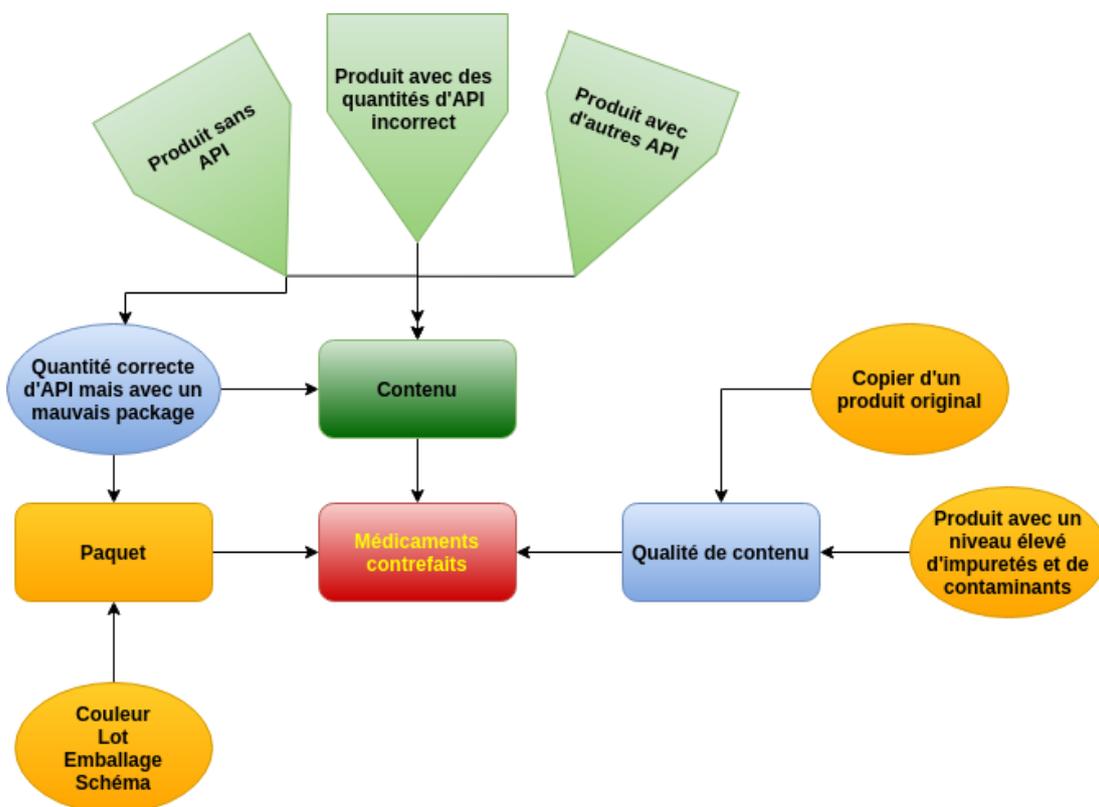


Illustration 1.1: Les moyens les plus courants de falsifier des médicaments

#### 4.2 La contrefaçon dans les pays en développement :

Dans les pays en développement, la propagation exponentielle de médicaments falsifiés peut avoir des conséquences sur la santé publique équivalentes à celles des plus grandes endémies. Les

antidouleurs composés de charbon de bois, les produits anti-malaria sans principe actif, les antibiotiques contenant de l'arsenic tuent chaque année au moins « 100 000 personnes dans le monde » [6].

« 1 % des médicaments qui circulent dans les pays développés sont des contrefaçons, mais ce ratio peut atteindre 10-15 % dans les pays émergents et 30 % dans les pays en développement » affirme l'OMS.

Certains chiffres parlent en effet d'eux-mêmes :

- En Asie du sud-est, 36 % des produits anti-malaria recensés sont falsifiés [7].
- Au Nigeria et au Pakistan, les médicaments contrefaits représentent 40 à 50 % de la totalité des médicaments en circulation [8].
- En Chine, il ne se passe pas de mois sans que les autorités arrêtent un réseau de trafiquants de médicaments.
- En Thaïlande et au Nigeria, 36,5 % des antibiotiques et des médicaments anti-malaria sont falsifiés [9].
- En novembre 2013, le gouvernement de l'Etat de Kano au Nigeria et l'Agence sanitaire nationale ont détruit un lot de médicaments contrefaits d'une valeur de plusieurs millions d'euros [10].

#### **4.2.1 Le cas particulier à l'Afrique :**

La contrefaçon de médicaments en Afrique est un problème grave, bien que d'ampleur diverse selon les pays :

- Un médicament sur trois est falsifié au Kenya, deux sur trois en Angola (source OMS).
- La globalisation des échanges en particulier avec l'Asie, l'émergence de producteurs africains peu scrupuleux, - notamment au Nigéria- et le manque de moyens des autorités de contrôle, ont amplifié le problème.
- L'importance des prises révèle, chaque année davantage, l'exposition du marché africain aux produits contrefaits.

## **5 Comment renforcer le système**

- Une volonté politique forte : La volonté politique et les moyens mis à la disposition des autorités doivent être à la hauteur du risque que représente la contrefaçon pour la santé publique [11].
- Un système d'assurance maladie efficace : Faute d'assurance maladie, un médicament contrefait sera toujours moins cher qu'un vrai médicament. La part du PIB consacrée à la santé doit être augmentée et un système de prise en charge des soins de santé doit être progressivement mis en place [11].

- Une coopération fluide entre administrations (santé, douanes et police), laboratoires pharmaceutiques, grossistes, médecins et pharmacies d'officine devrait être mise en place  
Pour :
  - Faciliter les échanges d'informations
  - Coordonner les actions de lutte
  - Développer des programmes de formation de tous les agents impliqués [11].
  
- Un renforcement des sanctions contre les trafiquants en faisant adhérer les Etats à la Convention Médicrime :
  - En impliquant les autorités politiques
  - En promulguant des lois visant à pénaliser le délit de contrefaçon
  - En prononçant des sanctions lourdes contre les délinquants qui mettent en danger la vie d'autrui [11].
  
- Des infrastructures techniques garantissant la qualité
  - En augmentant les capacités des laboratoires nationaux de contrôle
  - En mettant en place ou en développant un système de pharmacovigilance
  - En mettant en réseau l'ensemble des DPM (Division de la Pharmacie et des Médicaments) d'Afrique pour permettre des échanges d'informations sur la contrefaçon et la pharmacovigilance [11].
  
- Une coopération internationale : En octobre 2009, à Cotonou, Jacques Chirac, dans le cadre de sa Fondation, a lancé un appel signé par un nombre important de chefs d'état et de responsables gouvernementaux, en particulier africains, qui exhorte les chefs d'états à prendre « la pleine mesure des enjeux de santé et de sécurité publique liés au fléau des faux médicaments et à décider sur le plan national des mesures appropriées » [11].
  
- Recourir aux nouvelles technologies pour développer la traçabilité : Le modèle data matrix préconisé par les entreprises du médicament pour améliorer la traçabilité dans les pays développés peut s'appliquer à l'Afrique. Ce système fiable, sécurisé, reconnu au plan international doit permettre une sécurisation accrue des circuits licites publics et privés et constituer un frein à la pénétration et à la circulation de médicaments falsifiés dans les différents pays [11].

## **6 La nature de sujet :**

Afin de créer son propre système pour la lutte contrefaçon, BIOPHARM a l'intention d'intégrer une solution de sérialisation. BIOPHARM a proposé ceci au département électronique de L'Ecole Nationale Polytechnique comme projet de fin d'études.

### **6.1 La Problématique :**

Dans le but de lutter contre la contrefaçon et assurer une traçabilité du médicament de la production au consommateur Biopharm compte implémenter une solution de sérialisation intégrée aux lignes de production et interfacé avec l'ERP.

Le système exécute les fonctions de marquage par impression à jet d'encre d'un numéro unique et d'un code datamatrix, de vérification ainsi que l'enregistrement des données.

Il est admis que le système doit s'adapter au rythme de production et ne doit en aucun cas ralentir les cadences de nos machines.

Le code bidimensionnel datamatrix doit être imprimé selon le standard GS1 permettant d'encoder un certain nombre de données (numéro de lot, date de fab/per) un scanner est nécessaire pour lire ce genre de code.

***Chapitre II:***  
***L'état de l'art***

## **1 Introduction :**

Dans ce chapitre, nous allons essayer de mettre en place tous les outils cognitifs nécessaires afin de créer une idée complète de la technologie de traçabilité dans le monde.

## **2 La Traçabilité :**

Le terme « traçabilité » est généralement défini comme la capacité à identifier l'origine et les différentes étapes des processus de production et de distribution des biens de consommation. Le terme « Track & Trace » est également utilisé pour décrire la traçabilité, qui comprend également la capacité de suivre où se trouve un produit à un moment donné dans le système de distribution. Dans ce cadre, depuis quelques années, les fabricants de produits médicaux mettent en place une « traçabilité » au sein du processus de fabrication et de production, permettant de connaître chaque étape, de l'approvisionnement en matières premières aux produits finis [12].

### **2.1 Niveau de regroupage :**

Cette traçabilité est généralement effectuée sur une base lot/lot. En matière de distribution de produits médicaux, elle est complétée par l'identification du lot de fabrication ou du numéro de série sur l'emballage primaire/immédiat et secondaire/extérieur qui, dans certains cas, est inscrit sur la documentation commerciale accompagnant le produit. Cependant, la traçabilité au niveau lot/lot ne permet pas d'identifier sans équivoque les unités individuelles desdits lots dans le système de distribution [12].

Dans cette ligne, un système de traçabilité peut avoir des portées différentes. Ainsi, la traçabilité peut être basée sur un lot de produit, sur des unités agrégées (emballage tertiaire), sur des unités de vente (emballage secondaire/extérieur), sur un emballage primaire/immédiat et/ou sur des doses [12].

La portée d'un système de traçabilité dépend généralement de la législation qui autorise un tel système. En outre, les différentes portées des exigences du système peuvent varier en fonction de la raison pour laquelle un tel système a été mis en œuvre (par exemple, lutter contre les SSFFC ou prévenir la fraude au remboursement, ou une combinaison des deux) [12].

L'avantage d'un système de traçabilité par lot repose sur la possibilité de tracer un lot complet fabriqué en cas de rappel de marché ou, tout simplement, face à une alerte concernant un produit médical prétendument SSFFC. D'autre part, son inconvénient est que les unités au sein de chaque lot ne sont pas différenciées ou individualisées et, par conséquent, les unités individuelles ne peuvent pas être tracées car le traçage ne peut être effectué que lot par lot [12].

Concernant les systèmes de traçabilité basés sur des unités regroupées dans des emballages tertiaires, l'objectif principal est de réduire les coûts et les délais logistiques, tant au niveau de la réception que de l'expédition des marchandises vers les grossistes. Le pack de produit fini et/ou la palette est sérialisé et les processus logistiques sont effectués en lisant les supports de données (par exemple, code à barres, étiquette d'identification par radiofréquence (RFID), etc.) sur les grappes, qui se rapportent aux informations des produits individuels contenus à l'intérieur, et par conséquent, l'ouverture de l'emballage tertiaire est inutile. Ce type est plus spécifique que la traçabilité par lots mais l'identification univoque de chacune des unités au sein d'un conditionnement tertiaire ne serait pas disponible.



Illustration 2.1: Niveaux de regroupages des emballages

La sérialisation individuelle des produits médicaux sur leur emballage secondaire/extérieur permet une identification sans équivoque de chaque unité telle qu'elle est vendue au public. À son tour, cela permet la possibilité de reconstruire la chaîne de distribution de chaque unité individuelle.

L'identification sur l'emballage primaire offre le plus d'avantages au niveau hospitalier, où les doses unitaires sont administrées ; néanmoins, ses inconvénients sont considérables et liés principalement à une complexité de mise en œuvre accrue et des coûts plus élevés dans le processus de sérialisation (au niveau de l'industrie) ainsi qu'un besoin de plus de ressources humaines et d'équipements dans les centres de santé pour capturer ladite sérialisation.

Tableau 2.1: Niveaux de groupage.

Potrée	Avantages	Désavantages
Niveau lot	- La possibilité de suivre un lot complet.	- Un lot implique un grand nombre d'unités.

		- Les unités de chaque lot ne sont ni différenciées ni individualisées.
<b>Niveau tertiaire (Palette et/ou pack)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lecture en bloc d'un groupe d'unités.</li> <li>- Informations plus spécifiques qu'au niveau du lot.</li> <li>- Réduire les coûts logistiques et le temps au niveau du commerce de gros.</li> </ul>	– Les unités au sein de l'emballage tertiaire ne sont pas nécessairement identifiées de manière univoque sur une base individuelle.
<b>Emballage secondaire ou extérieur (unité de vente)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Identification sans équivoque de chaque unité comme vendue au public.</li> <li>– Permet la reconstruction de la chaîne de distribution de chaque unité.</li> </ul>	– Augmentation de la complexité de mise en œuvre.
<b>Emballage primaire ou immédiat (unité de dispense)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Plus grand avantage au niveau hospitalier.</li> <li>– Possibilité d'identifier sans équivoque les doses administrées aux patients.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Augmentation des coûts de mise en œuvre et de la complexité du processus de sérialisation.</li> <li>– Besoin de disponibilité de plus de ressources humaines et d'équipements dans les centres de santé.</li> <li>– Pas d'avantages comparatifs par rapport au reste de la chaîne d'approvisionnement.</li> </ul>

## 2.2 Avantage de la traçabilité :

L'adoption d'un système de traçabilité par unité de vente pour les produits médicaux apporte une série d'avantages, à savoir :

- Il permet de garantir que les produits médicaux autorisés circulent uniquement dans la chaîne d'approvisionnement légale.
- Il assure la sécurité des patients qui utilisent des produits médicaux, en réduisant les risques associés aux produits médicaux SSFFC, tels que les intoxications, les effets indésirables, l'augmentation du nombre de jours d'hospitalisation, l'absence de réponse au traitement, le besoin de traitements alternatifs, voire le décès.
- Il empêche l'entrée et la circulation de produits volés et de contrebande dans la chaîne d'approvisionnement légale.
- Il empêche la distribution et/ou la dispense de produits périmés, interdits ou rappelés.
- Il aide à garantir que des échantillons gratuits de produits médicaux sont livrés à leurs destinataires prévus.
- Elle favorise des rappels de marché efficaces, rapides et sécuritaires.
- Il permet la collecte de données pharmaco-épidémiologiques et le développement de stratégies spécifiques basées sur ces informations.
- Elle favorise une gestion efficace des approvisionnements à tous les niveaux du système de santé.
- Il contribue à réduire les dépenses de santé résultant de procédures inappropriées ou inutiles telles que l'achat de produits médicaux SSFFC et la charge financière imposée au système de santé du fait de leur administration.

### **2.3 La sérialisation et la traçabilité :**

Les termes 'sérialisation' et 'traçabilité' peuvent être utilisés de manière interchangeable, mais il existe une différence importante. Afin de suivre ou de tracer un produit, il doit d'abord être sérialisé. La sérialisation des produits est l'identification unique des produits, qui est ramenée au niveau des articles individuels, plutôt qu'au niveau des lots. La sérialisation pharmaceutique consiste à identifier les emballages des différents médicaments, c'est-à-dire leur attribuer un support de données unique (RFID, code barre 1D GS-128, code barre 2D..etc) au monde et le marquer sur la boîte.

## **3 Les niveaux de sérialisation et de gestion de l'information :**

En ce qui concerne la conformité réglementaire, de nombreuses références aux différents "niveaux" de sérialisation existent. Chaque « niveau » est une étape du processus de sérialisation, principalement axée sur la gestion et l'échange d'informations. L'absence d'un des composants à chaque niveau peut exposer l'entreprise à des erreurs coûteuses et chronophages sur le terrain.

Alors que les problèmes d'emballage reçoivent le plus d'attention, il est important de commencer au plus haut niveau de sérialisation et de gestion de l'information. Voici ce que chaque niveau représente :

### **3.1 Niveau 1 - Appareil :**

Cela comprend les périphériques matériels tels que les caméras, les imprimantes et les équipements d'inspection visuelle qui effectuent l'impression, l'inspection visuelle, le rejet et la manutention des matériaux sur la ligne. Fourni par les fournisseurs de LMS (Line Management System). À chaque niveau de sérialisation, tirer parti de l'inter-connectivité et de l'interopérabilité est d'une importance vitale, les décisions prises aujourd'hui peuvent avoir un impact sur les performances opérationnelles des partenaires commerciaux, des fournisseurs, des agences gouvernementales et des clients. Ceci est important à garder à l'esprit lors du choix des meilleurs systèmes pour les entreprises. [16].

### **3.2 Niveau 2 - Prélèvement pick/pack :**

Logiciel de ligne qui correspond au L1 pour gérer les matériaux et les systèmes d'impression conjointement avec la ligne d'emballage. Le logiciel L2 gère les appareils qui sérialisent et emballent le produit et prend en charge l'intégration des appareils avec les systèmes de site pour la conduite des opérations d'entrepôt. Fourni par les fournisseurs LMS [16].

### **3.3 Niveau 3 - Sérialisation au niveau du site :**

Logiciel qui attribue des numéros de série aux lignes, vérifie l'intégrité des informations soumises au système d'entreprise et modifie les hiérarchies d'agrégation et le traitement des expéditions. Traditionnellement fournis par les fournisseurs de LMS pour travailler avec leur équipement spécifique, mais des serveurs de site indépendants de LMS qui peuvent fonctionner avec différents systèmes de ligne commencent à émerger [16].

### **3.4 Niveau 4 – Entreprise :**

Un système commercial mondial gère toutes les données de sérialisation, les données réglementaires et les processus commerciaux. Fourni par un fournisseur de solution de sérialisation, un L4 est nécessaire pour gérer et vérifier les données qui doivent accompagner chaque numéro de série. Lors du démarrage de la sérialisation sur la ligne de conditionnement (L1-L3), il doit à la fois déterminer comment il va utiliser et intégrer les lignes dans l'architecture d'entreprise (L4) [16].

### 3.5 Niveau 5 - Réseau :

Un réseau mondial permet la gestion de toutes les données de sérialisation et de réglementation avec les partenaires, les clients et les autorités réglementaires. Fourni par un fournisseur de solutions de sérialisation avec un réseau global de chaîne d'approvisionnement [16].

L'image ci-dessous illustre les différents niveaux de suivi et de trace :

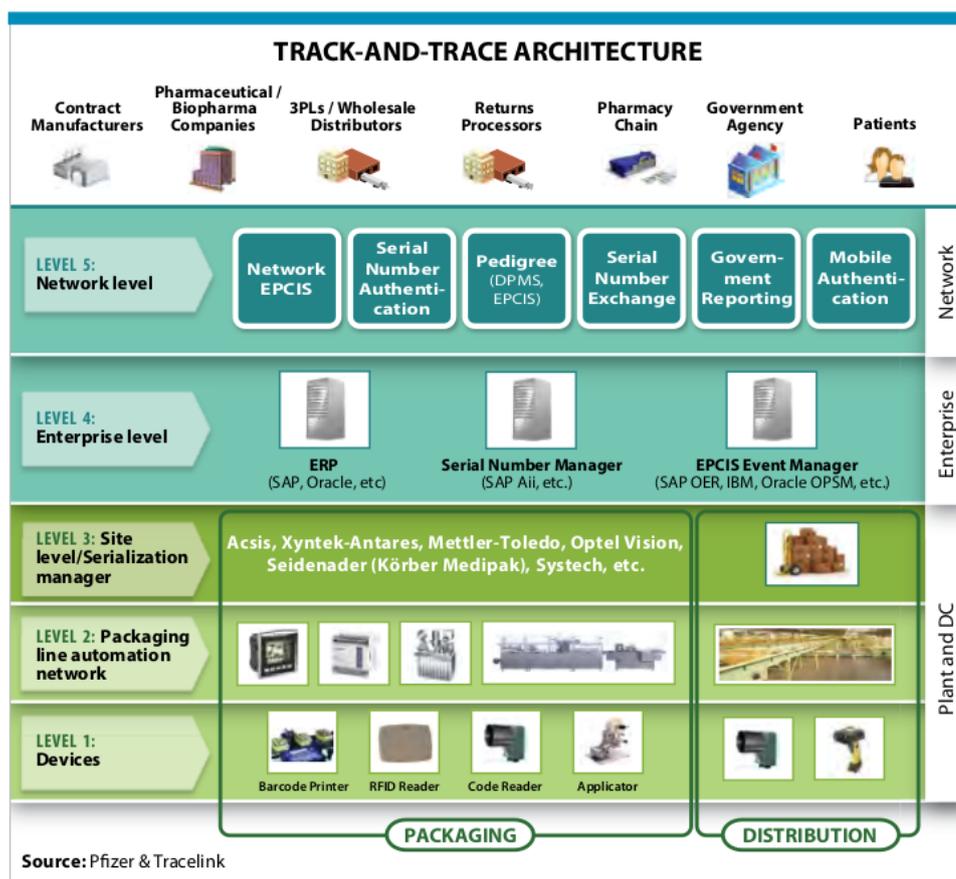


Illustration 2.2: Niveaux de la traçabilité

## 4 Les exigences de sérialisation pharmaceutique dans le monde :

Une étude de l'Organisation mondiale de la santé menée en 2009 estimait que 10% des médicaments vendus dans le monde étaient des contrefaçons. Ce nombre est sur un terrain instable en raison de la sous-déclaration et d'un manque général d'infrastructure pour la détection de ce problème dans de nombreux pays, mais il est probable que le nombre n'a fait que devenir plus grand. L'essor des pharmacies en ligne, les pénuries de médicaments et la taille croissante du marché des médicaments génériques font de la vente de médicaments contrefaits une entreprise rentable et attrayante pour les criminels [13].

Dans les régions en développement comme l'Amérique du Sud et l'Afrique de l'Ouest, on estime que 40% et 70% respectivement de tous les médicaments sont des contrefaçons. En raison de ces taux

extrêmement élevés, les pays s'empresent de mettre en œuvre une législation qui permettra le traçage des produits pharmaceutiques du point d'origine au consommateur. Ces exigences toucheront tous les niveaux du processus de production et de distribution pharmaceutique, y compris les fabricants de produits pharmaceutiques, les grossistes en médicaments, les pharmaciens et les distributeurs régionaux et locaux. Cela est particulièrement vrai pour les marchés européens, où certaines des législations les plus strictes ont été rédigées et sont en cours de mise en œuvre [13].

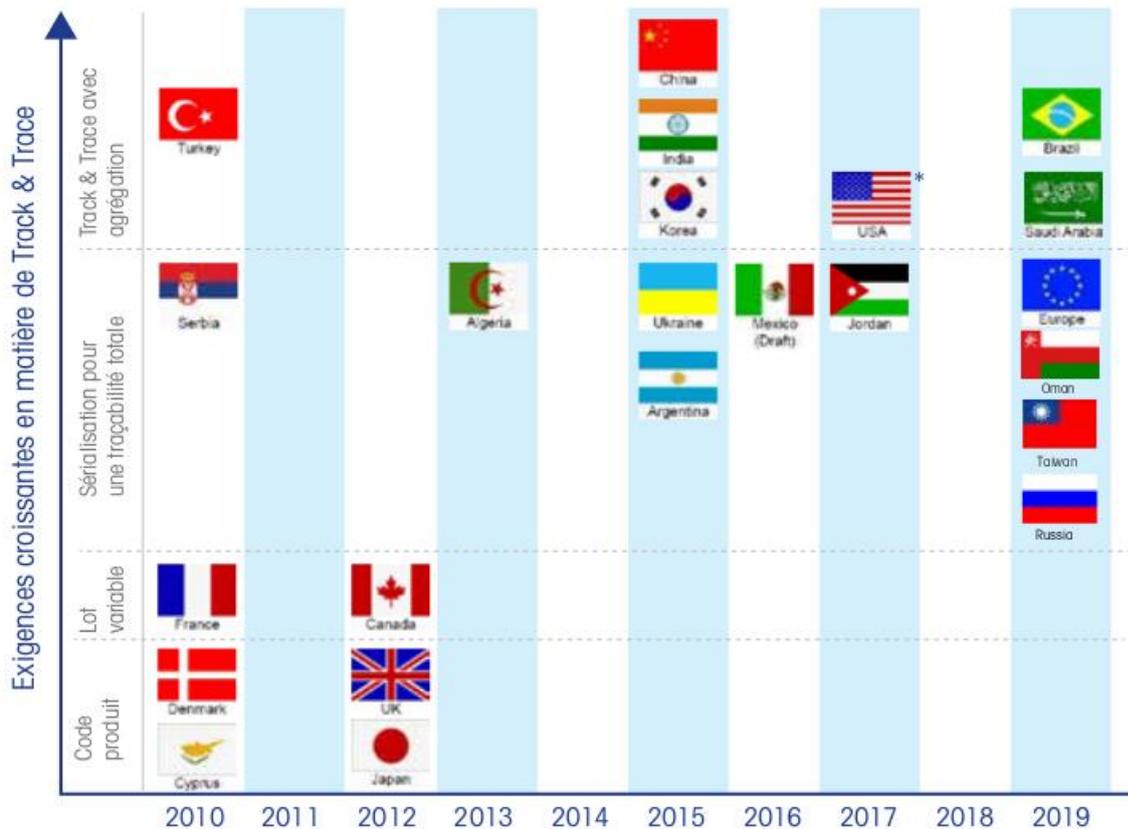


Illustration 2.3: Vue d'ensemble sur les exigences de la traçabilité dans le monde

#### 4.1 Programmes législatifs européens :

Il existe plusieurs organes législatifs en Europe qui élaborent et mettent en œuvre des réglementations pharmaceutiques européennes. Ces organisations comprennent la Fédération européenne des associations et industries pharmaceutiques (EFPIA), le Groupe international de la répartition pharmaceutique (GIRP), la Direction européenne de la qualité du médicament (EDQM) et le Groupe pharmaceutique de l'Union européenne (PGEU).

La directive sur les médicaments falsifiés (FMD), qui doit être appliquée d'ici février 2019, exige : la sérialisation des produits pharmaceutiques, la déclaration des données de base du produit et des données de sérialisation, et la vérification des produits pharmaceutiques au point de dispensation.

Cette directive pose des défis considérables aux fabricants exerçant des activités en Europe. La raison en est que les médicaments européens sont généralement emballés et vendus au niveau unitaire, de sorte que le volume de produit à sérialiser et le volume de transactions seront de deux à cinq fois plus importants qu'aux États-Unis ou sur d'autres marchés - en fait, l'univers des données à être produit et géré sera massif [13].

**4.1.1 Exigences de sérialisation :** Le FMD ne requiert qu'une sérialisation au niveau de l'unité, le fabricant émettant et imprimant un numéro de série standard GS1 unique avec le GTIN, un numéro de lot et une date d'expiration. Un numéro d'article commercial national (NTIN) peut également être ajouté, le tout en code de matrice de données et en format lisible par l'homme [13].

**4.1.2 Exigences en matière de rapports :** Une fois qu'un produit a été sérialisé, le fabricant doit soumettre les données de base à un hub d'Europe centrale. Si les fabricants ont des mises à jour de statut ultérieures sur le produit, ces mises à jour doivent également être téléchargées sur le hub [13].

## 5 Data Matrix (Matrice de données) :

Le DataMatrix est un code à barre matriciel (2D ou bi-dimensionnel) qui se présente sous la forme d'un symbole carré ou rectangulaire constitué par des points (dots en anglais) ou des carrés juxtaposés. Cette représentation constitue un quadrillage ordonné de « points » noirs et de « points » blancs délimité par des motifs (finder pattern, également appelé dans ce guide motifs de repérage), qui permet de spécifier l'orientation et la structure du symbole. Ce quadrillage a pour base une surface élémentaire, appelée module élémentaire (X dimension).

### 5.1 Structure de matrice de données

Data Matrix est un code 2D développé par International Data Matrix, Inc. (ID Matrix) des États-Unis en 1987. Il a été enregistré aux normes internationales AIM en 1996 et aux normes ISO/IEC en 2000.

Data Matrix comprend les anciennes versions ECC000, ECC050, ECC080, ECC100 et ECC140, ainsi qu'une version plus récente ECC200, introduite en 1995, dont la méthode de correction d'erreur a été remplacée par le code Reed-Solomon et une fonction de correction de distorsion ajoutée.

Spécifications du contour de la matrice de données :

*Tableau 2.2 Structure de matrice de données*

<b>Taille du symbole</b>	<b>ECC000 à ECC140</b>
--------------------------	------------------------

	9 cellules × 9 cellules (le plus petit) à 49 cellules × 49 cellules (le plus grand) <b>ECC200</b> 10 cellules × 10 cellules (le plus petit) à 144 cellules × 144 cellules (le plus grand)	
<b>Capacité de données maximale</b>	<b>Numérique</b>	3116 caractères
	<b>Alphanumérique (US-ASCII)</b>	2335 caractères

## 5.2 ECC000, ECC050, ECC080, ECC100 et ECC140 :

Ce sont des symboles toujours composés d'un nombre impair de cellules, d'une taille de cellule de 9×9 à 49×49. Ils utilisent la correction de convolution pour la correction d'erreur, et ne sont presque jamais utilisés car une légère distorsion affecte considérablement la précision de lecture lorsque les données la taille est grande.

## 5.3 ECC200 DataMatrix :

Cette version améliore la fonction de correction d'erreur pour la distorsion qui était problématique dans les versions antérieures décrites ci-dessus des codes Data Matrix. C'est un symbole toujours composé d'un nombre pair de cellules, avec des tailles de cellules allant de 10×10 à 144×144.

Il utilise le code Reed-Solomon pour la correction des erreurs, ce qui permet de récupérer les données même lorsqu'une partie du code est endommagée, résiste à la distorsion et peut être rendu compact. Lors de l'utilisation de Data Matrix, ECC200 est normalement utilisé car c'est celui normalisé au niveau international.

## 5.4 Structure de matrice de données (ECC200)

### 5.4.1 Modèle d'alignement et modèle de synchronisation :

La structure Data Matrix est telle que la zone de données réelle est entourée d'un motif d'alignement en forme de L et d'un motif de synchronisation en pointillés. Le motif d'alignement en forme de L permet au lecteur de code de déterminer l'orientation du symbole, tandis que le motif de synchronisation facilite la reconnaissance des cellules de données.

De cette manière, le symbole peut être lu dans n'importe quelle direction en utilisant les modèles d'alignement et de synchronisation traités par image pour détecter sa position.

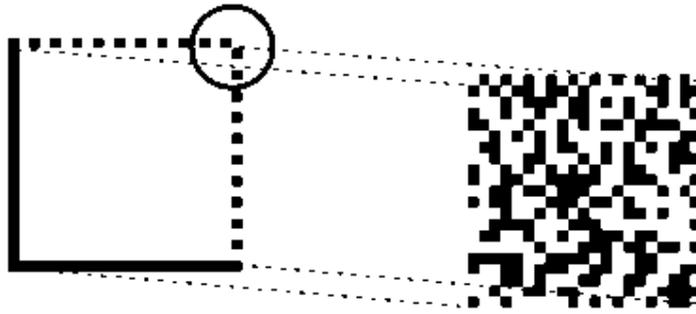


Illustration 2.4: Motifs de repérage + Matrice des données

De plus, Data Matrix peut être rendu extrêmement résistant à la distorsion des symboles en divisant les symboles de  $24 \times 24$  cellules de données ou plus en blocs de  $24 \times 24$  cellules ou moins.

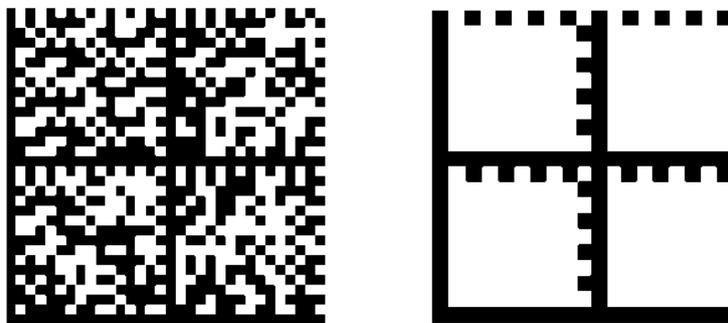


Illustration 2.5: Modèle de synchronisation pour une matrice des données

#### 5.4.2 Zone de silence :

La partie vide autour du symbole 2D, Elle se matérialise par une zone blanche tout autour du DataMatrix qui ne doit contenir aucun élément graphique susceptible de perturber la lecture du code à barres. Sa largeur correspond à un module élémentaire sur chacun des 4 côtés du DataMatrix.

Il doit avoir au moins 1 cellule de large.

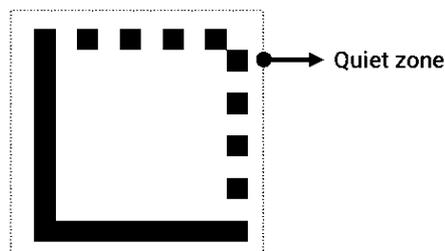


Illustration 2.6: Quiet zone

### 5.4.3 Taille de la matrice de données et capacité des données :

Le DataMatrix est une technologie d'encodage de données à longueur variable. Par conséquent, sa taille varie selon les données contenues. L'objet de ce paragraphe est d'évaluer la taille du DataMatrix en fonction de ce paramètre.

Les données qui font l'objet du tableau ci-après sont extraites du tableau général Symbol attributes de la norme ISO/IEC 16022.

Tableau 2.3 Taille et capacité de la matrice de données

Taille du symbole	Capacité		
	Numérique	Alphanumérique	Symbole alphanumérique
10 × 10	6	3	3
12 × 12	10	6	5
14 × 14	16	10	9
16 × 16	24	16	14
18 × 18	36	25	22
20 × 20	44	31	28
22 × 22	60	43	38
24 × 24	72	52	46
26 × 26	88	64	57
32 × 32	124	91	81
36 × 36	172	127	113
40 × 40	228	169	150
44 × 44	288	214	190
48 × 48	348	259	230
52 × 52	408	304	270
64 × 64	560	418	372

Concernant la capacité (volume maximum d'informations pouvant être transportées), un même code 2D peut véhiculer des volumes d'informations différents en fonction de la taille de leurs symboles. En d'autres termes, plus le volume d'informations nécessaires est important, plus la taille du symbole doit être importante.

De plus, le volume maximum d'informations qu'un code peut contenir varie en fonction du type de caractère utilisé. Avec le code QR et le Data Matrix, le nombre maximum de caractères pour la même taille de symbole augmente dans l'ordre 'numérique' > 'alphanumérique' > 'kanji'. De plus, le nombre maximum de caractères pouvant être transportés varie également en fonction de l'ordre dans lequel les types de caractères sont alignés ou combinés [14].

#### **5.4.4 Le code de Reed Solomon :**

Le code DataMatrix ECC200 est le seul muni d'un code complémentaire (Reed Solomon) qui permet de savoir, dans une certaine mesure, où sont situées les erreurs et donc, puisque le code est binaire de les corriger en commutant le bit en erreur.

Ce code de Reed Solomon consiste à :

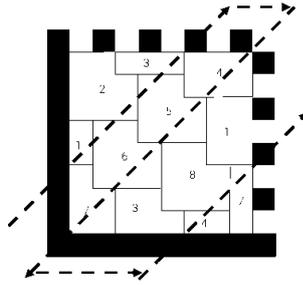
- Calculer des codes complémentaires et les ajouter dans le symbole lors de la création du symbole.
- Reconstituer le message des données d'origine par son re-calcul à partir de l'ensemble des données lues lors de la lecture du code. Ce re-calcul régénère les données d'origine en situant d'éventuelles erreurs et en permutant les bits trouvés en erreur dont l'origine peut provenir de problèmes d'impression ou de dégradations de la surface imprimée.

Le niveau de correction d'erreurs dépend du nombre relatif d'octets de données (Codewords) par rapport au nombre total d'octets de données du code.

#### **5.4.5 Emplacements des codes de données et de correction d'erreurs :**

La figure suivante montre l'ordre dans lequel les données et le code de correction d'erreur sont organisés.

Par exemple, lors de la création d'un Data Matrix, le Data Matrix est créé en concaténant le code de correction d'erreur calculé à l'aide de l'algorithme Reed-Solomon à la partie donnée.



*Illustration 2.7:  
Emplacement du code de  
correction d'erreur.*

## **6. L'encodage des données :**

### **6.1 Les structures d'encodage :**

Le DataMatrix ECC200 supporte différentes structures d'encodage qui peuvent être utilisées dans le même symbole simultanément : ASCII, ASCII étendu, C40, Text, X12, EDIFACT, Base 256.

Ces différentes structures d'encodage offrent la possibilité d'optimiser le nombre de mots de données en utilisant les schémas les plus performants en fonction des informations.

La solution la plus simple est d'encoder en utilisant la table ASCII 256 pour l'ensemble des informations à transcrire. C'est d'ailleurs la méthode d'encodage retenue par GS1 pour le DataMatrix. Les logiciels du marché usuels ne proposent pas les différentes variantes et encodent systématiquement en utilisant la base ASCII 256.

La norme ASCII (American Standard Code for Information Interchange) établit une correspondance entre une représentation binaire des caractères de l'alphabet latin et les symboles, les signes, qui constituent cet alphabet. Par exemple, le caractère "a" est associé à "001100001" et "A" à "001000001" en ASCII256. La norme ASCII permet ainsi à toutes sortes de machines de stocker, analyser et communiquer de l'information textuelle. En particulier, la quasi-totalité des ordinateurs personnels et des stations de travail utilisent l'encodage ASCII.

Le codage ASCII est souvent complété par des correspondances supplémentaires afin de permettre l'encodage informatique d'autres caractères, comme les caractères accentués.

Les données sont encodées en octets. Les bits de chacun des octets sont positionnés dans la matrice selon une organisation normalisée, dépendant de la dimension de la matrice.

Pour encoder les données selon le système GS1 des identifiants de données, le code doit impérativement commencer par le caractère FNC1 en première position qui indique à la lecture qu'on se trouve face à un DataMatrix ECC200 encodé selon la norme GS1 des identifiants de données (ou « AI » pour Application Identifier, voir partie 2.2). Ce caractère spécial, non imprimable doit être transcrit sous forme d'un code ASCII 232 sur un seul octet à l'exclusion de toute autre transcription.

On trouve en effet souvent des transcriptions sous forme de deux octets « Latch to extended ASCII », 'e8'. Cette transcription erronée crée un décalage dans les octets, rédhibitoire pour la lecture [14].

## **6.2 GS1 DataMatrix**

GS1 DataMatrix est un symbole 2D basé sur l'ECC200 et normalisé pour la distribution par Global Standard 1 (GS1). Ces dernières années, GS1 DataMatrix a également attiré l'attention en dehors des applications industrielles, car il permet de décrire de grands volumes d'informations sur une petite zone.

GS1 DataMatrix est utilisé dans les produits pharmaceutiques (Europe) et dans les instruments chirurgicaux tels que les scalpels et les ciseaux (Japon), et est en passe de devenir la norme dans les secteurs de la santé et de la médecine. GS1 DataMatrix a la même structure que GS1-128.

### **6.2.1 Structure des données de GS1 DataMatrix**

Les données codées (toutes les informations décrites dans DataMatrix) de GS1 DataMatrix se composent d'un caractère de début, d'identifiants d'application, de données et de caractères de séparation. Une seule donnée codée peut inclure plusieurs éléments de données.

#### **6.2.1.1 Caractère de départ et caractère de séparation :**

Le système GS1 se caractérise par l'utilisation en première position de la chaîne de caractères Alphanumériques d'un caractère spécial, également appelé FNC1. Il sert de balise au lecteur pour traiter l'information lors du décodage du symbole.

Le FNC1 dans le DataMatrix a deux transcriptions selon qu'il est utilisé en :

- Caractère de début (ASCII 232)
- Séparateur de champs (ASCII 29 : <GS>)

Dans GS1 DataMatrix, les données transportées peuvent être des données de longueur fixe telles que la date de fabrication, ou des données de longueur variable telles que le numéro de série. Lors du transport de données de longueur variable, FNC1 doit être inséré comme caractère de séparation à la fin des données.

Cependant, un caractère de séparation n'est pas nécessaire si les données de longueur variable se trouvent à la fin des données codées.

#### **6.2.1.2 Identifiant d'application (IA) :**

Un identifiant d'application définit le type d'informations contenues dans les données associées à l'identifiant d'application. Il se compose de deux à quatre chiffres numériques, et ses attributs de données tels que numérique ou alphanumérique, et le nombre de chiffres sont définis par GS1.

Tableau 2.4 Identifiant d'application

Identifiant D'application	Définition des données	Attribut	Nombre de chiffres
01	GTIN	Numérique	14
10	Numéro de Lot	Alphanumérique	Variable (jusqu'à 20)
11	Date de production	Numérique	6
15	Date de péremption	Numérique	6
17	Date d'expiration	Numérique	6
21	Numéro de séries	Alphanumérique	Variable (jusqu'à 20)

### 6.2.1.3 Caractère de séparation :

Dans GS1 DataMatrix, les données transportées peuvent être des données de longueur fixe telles que la date de fabrication, ou des données de longueur variable telles que le numéro de série. Lors du transport de données de longueur variable, FNC1 doit être inséré comme caractère de séparation à la fin des données.

Cependant, un caractère de séparation n'est pas nécessaire si les données de longueur variable se trouvent à la fin des données codées.

### 6.2.1.2 Concaténation des données codées :

Plusieurs identifiants et leur champ de données peuvent être juxtaposés (concaténés) dans un seul symbole. Quand la donnée est à longueur fixe, aucun séparateur de champs n'est nécessaire après elle. L'identifiant suivant vient immédiatement après le dernier caractère de la donnée précédente. En revanche, un champ à longueur variable doit être immédiatement suivi par un séparateur de champs, à moins qu'il ne s'agisse du dernier champ du symbole. C'est le caractère FNC1 (FNC1) qui joue ce rôle de séparateur de champs. Le FNC1 est le caractère alphanumérique correspondant à la valeur ASCII 29 (ou <GS> pour group separator) de la table ASCII 256 [14].

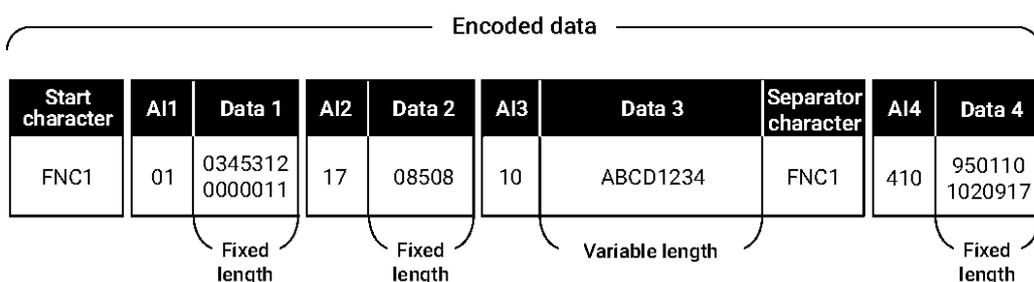


Illustration 2.8: Exemple de concaténation de plusieurs champ de données.

### 6.2.2 Interprétation lisible par l'homme :

Human readable interpretation, c'est-à-dire en chiffres et/ou en lettres, des informations encodées dans le code à barres a pour objectif d'être comprise par l'homme. Plus que des recommandations très strictes, c'est donc le bon sens qui prévaut dans la mise en œuvre du DataMatrix.

La traduction en clair des données du code à barres bidimensionnel (au minimum les données elles-mêmes) est fortement recommandée et doit être indiquée à proximité immédiate du symbole.

Les AI (Application Identifier) quand ils sont imprimés, doivent figurer entre parenthèses, celles-ci ne devant en aucun cas être encodées, dans la transcription en clair des informations contrairement au FNC1 qui, lui, ne doit pas apparaître.

L'emplacement précis des caractères en clair et la police utilisée pour les représenter ne sont pas spécifiés pour le symbole DataMatrix ECC200. Les caractères doivent cependant être clairement lisibles et doivent être associés au symbole de manière évidente [14].



GTIN: 03453120000011  
Peremption: 25 Nov. 2009  
Lot: ABCD1234

*Illustration 2.9: GSI datamatrix avec l'interprétation lisible par homme.*

## 7 Le marquage de symbole :

Le marquage du DataMatrix peut être réalisé avec les technologies usuelles :

- Transfert thermique
- Jet d'encre
- Laser
- Marquage direct, micro percussion, gravure, érosion.

Le choix se fera principalement en fonction du matériau support.

### 7.1 Dot Matrix :

L'impression matricielle existe depuis quelques années et produit l'image du code-barres en imprimant des centaines de points dans une matrice. Cela crée la série de lignes et d'espaces qui composent le code-barres.

Les imprimantes matricielles sont économiques, facilement disponibles et peuvent imprimer sur diverses surfaces. De plus, les rubans multi passes peuvent réduire les coûts des rubans individuels et des matériaux d'étiquettes. Compte tenu de ces avantages, les codes à barres n'ont qu'une densité faible à moyenne et peuvent ne pas produire des résultats de qualité suffisante pour certains utilisateurs. De plus, les rubans réutilisables peuvent entraîner l'impression de codes-barres illisibles, de sorte que la capacité de les lire est altérée.

D'autres problèmes techniques peuvent inclure la saturation de l'encre, où l'encre déborde sur le papier, de manière à déformer l'image - et bien que l'impression matricielle puisse imprimer sur de nombreux types de matériaux différents, un certain nombre de ces matériaux peuvent ne pas durer longtemps, plus ils peuvent ne pas être résistants à l'eau ou aux produits chimiques. De plus, les imprimantes matricielles n'ont aucune capacité graphique, et des vitesses d'impression lentes peuvent être nécessaires pour obtenir la meilleure couverture d'encre et les résultats d'impression les plus précis.

Les caractères alphanumériques imprimés par matrice de points sont, malheureusement, souvent difficiles à lire pour les machines, ce qui rend difficile l'inspection automatisée. Cela est particulièrement vrai pour les personnages où les points constituant les caractères individuels sont particulièrement éloignés les uns des autres ; plus la distance entre les points est grande, plus il est difficile pour un ordinateur de les connecter et de former une forme de caractère reconnaissable. Un autre problème est qu'un œil humain peut être capable de déterminer ce qu'un personnage utilise le contexte, alors que cette capacité a été historiquement au-delà des capacités de la plupart des logiciels d'inspection visuelle, bien que les progrès récents aient amélioré ce problème dans une certaine mesure.

## **7.2 Jet d'encre :**

L'impression à jet d'encre est généralement utilisée pour l'impression rapide de codes-barres et de polices lisibles par l'homme dans des environnements de production sophistiqués à haut volume et à grande vitesse. Les avantages de l'impression à jet d'encre incluent la possibilité d'imprimer directement sur un carton ou une boîte, par rapport à d'autres formes d'impression, qui peuvent nécessiter un processus en deux étapes, c'est-à-dire qu'une étiquette adhésive vierge doit d'abord être imprimée avec le code-barres, puis attaché au carton ou à la boîte.

Les normes Track & Trace ont des exigences de classement strictes, faisant de l'impression à jet d'encre la solution d'impression la moins chère. Ce coût inférieur a cependant ses propres inconvénients - afin de maintenir des niveaux élevés de qualité d'impression, l'impression à jet d'encre nécessite une surveillance constante afin d'éviter le colmatage des jets d'encre qui aurait un effet négatif sur la qualité d'impression. De plus, la gamme de matériaux utilisables sur lesquels il est

possible d'imprimer peut-être restreinte en raison d'un éventuel ressuage sur certains matériaux. Les matériaux peuvent également être limités en raison de la difficulté à voir clairement les imprimés sur un fond sombre - ce qui signifie qu'il est important de prendre des dispositions lors de l'impression des codes afin d'assurer la lisibilité en utilisant une étiquette séparée au lieu d'imprimer directement sur la surface d'un emballage, par exemple.

Une considération importante lors de l'examen de l'impression à jet d'encre est la détermination de la méthodologie - en d'autres termes, la nature du jet transportant l'encre sur le papier. Il existe deux méthodes utilisées dans les situations industrielles : continue et thermique. Chaque méthode a ses propres avantages et inconvénients à prendre en compte lors du choix d'une imprimante.

### **7.2.1 Impression à jet d'encre continu (CIJ Continuous inkjet)**

Une imprimante à jet d'encre continu fait constamment circuler de l'encre en son sein. Au fur et à mesure que l'encre circule, elle est redirigée hors de la buse lorsqu'un pixel d'encre est nécessaire sur le papier. En faisant circuler l'encre en continu, il est possible d'utiliser des encres qui pourraient sinon coaguler rapidement. Cela rend une imprimante à jet d'encre continu idéale pour imprimer sur des surfaces qui pourraient autrement être difficiles à imprimer - il y a aussi l'avantage d'une distance de projection accrue, ce qui la rend idéale pour les applications où les informations doivent être imprimées sur une cible en mouvement rapide.

C'est loin d'être une méthodologie parfaite cependant. Avoir un flux d'encre continu nécessite un système assez complexe, qui nécessite un entretien supplémentaire et peut être sujet à des pannes. Le processus a également tendance à être assez désordonné - en détournant essentiellement un flux d'encre continu à chaque fois, il y a souvent un spray ou une vapeur supplémentaire qui sort de la buse avec l'encre prévue. Les imprimantes continues modernes sont généralement capables de minimiser la quantité de pulvérisation, mais cette pulvérisation constante nécessite un nettoyage plus régulier des buses et des autres composants de l'imprimante.

De plus, une imprimante à jet d'encre continu doit utiliser certains additifs dans l'encre afin de maintenir son écoulement, ce qui ajoute un autre élément de coût à l'entretien régulier du système. Par rapport à d'autres imprimantes à jet d'encre, une imprimante à jet d'encre continu a également tendance à être plus chère au départ, ce qui signifie qu'il ne vaut souvent pas la peine d'investir dans une à moins que ses capacités spécialisées (en particulier sa capacité à imprimer sur des surfaces inégales ou irrégulières à des vitesses élevées) est requis.

### **7.2.2 La goutte à la demande (Imprimante à jet d'encre thermique) :**

Les imprimantes à jet d'encre thermique comportent beaucoup moins de pièces mobiles, car elles n'ont pas besoin de maintenir l'encre dans un flux continu. La cartouche d'encre dans une imprimante thermique, contrairement à une imprimante continue, comprend la buse. Lorsque de l'encre est

requis, un petit élément thermique est rapidement chauffé. Cela provoque la vaporisation de l'encre autour de l'élément, provoquant une bulle qui à son tour force une goutte d'encre à sortir de la buse et sur la surface d'impression. Il s'agit d'un appareil beaucoup plus simple que celui d'une imprimante continue, ce qui rend les imprimantes thermiques à jet d'encre beaucoup moins chères. Cela facilite également l'entretien, car les buses sont moins susceptibles de se boucher et ont tendance à fournir une impression plus nette - il n'y a pas de pulvérisation, car l'encre n'est pas détournée.

Cette qualité d'impression accrue n'est cependant pas sans inconvénients. Les imprimantes thermiques ont une distance de projection beaucoup plus courte que les imprimantes continues, ce qui signifie que des surfaces inégales ou irrégulières peuvent entraîner des résultats insatisfaisants. Certaines compositions de surface peuvent également nécessiter des compositions d'encre spécialisées qui peuvent ne pas fonctionner dans une imprimante à jet d'encre thermique - une imprimante à jet d'encre continu serait nécessaire pour faire circuler l'encre et l'empêcher de coaguler. La composition de l'encre est un autre facteur à prendre en compte lors d'examen d'une solution d'impression à jet d'encre, en particulier son temps de séchage et sa durabilité. La plupart des encres sèchent relativement rapidement, mais dans certaines applications, par exemple l'application d'un scellé inviolable sur un emballage, l'encre doit avoir suffisamment de temps pour prendre afin d'éviter le maculage de l'impression. De même, l'encre doit durer longtemps, car une perte de données importantes et de codes-barres à tout moment va à l'encontre de l'intérêt d'avoir un programme Track & Trace en premier lieu.



*Illustration 2.10: Exemple d'une impression en technologie jet encre*

### **7.3 Impression laser**

Les principes d'une imprimante laser ressemblent beaucoup à ceux d'une photocopieuse traditionnelle, en ce sens qu'elle utilise un toner en poudre à la place de l'encre. Les particules de papier sont chargées de manière à attirer les ions de charge opposée du toner. Les deux particules (papier et toner) sont ensuite liées ensemble par la chaleur générée par l'imprimante laser et par la pression du tambour dans l'imprimante laser. Le principal avantage d'une imprimante laser est qu'elle

peut imprimer du texte et des graphiques de haute qualité sur des documents papier, mais elle peut également servir d'imprimante de documents lorsqu'elle n'est pas utilisée comme imprimante de codes-barres. La densité et la résolution de l'impression laser sont relativement élevées, ce qui signifie que les codes-barres peuvent être scannés à n'importe quelle longueur d'onde lorsqu'ils sont lus avec un scanner infrarouge.

Il y a un certain nombre de choses à garder à l'esprit lors de l'utilisation d'imprimantes laser. Une imprimante laser repose sur une chaleur et une pression élevées pour produire des documents imprimés, il est donc important lors de l'impression d'étiquettes que l'adhésif n'affecte pas négativement sa fiabilité. De plus, les imprimantes laser ne peuvent pas produire d'étiquettes résistantes à l'eau ou aux produits chimiques, et les coûts de toner des imprimantes laser peuvent être exceptionnellement élevés, car les imprimantes laser ont besoin d'environ cinq fois plus de toner que les photocopieurs à texte normaux. Ces coûts plus élevés doivent être mis en balance avec les résultats de meilleure qualité.



*Illustration 2.11: Exemple d'impression en technologie laser*

#### **7.4 Impression thermique**

L'impression par transfert thermique est l'une des technologies les plus utilisées pour l'impression d'étiquettes de codes-barres à la demande. La technologie fonctionne grâce à la transmission de chaleur sur un ruban (un ruban enduit d'une encre spécialement conçue) qui transfère ensuite l'image sur l'étiquette. Des codes-barres de très bonne qualité peuvent être obtenus lorsque le matériau d'étiquetage et le ruban d'impression sont entièrement compatibles.

Le choix du ruban à utiliser est donc normalement déterminé par :

- Substrat - sa capacité à absorber l'encre et sa douceur,
- Système de marquage - configuration de la tête d'impression et vitesse d'impression

La résolution d'impression normale pour les imprimantes à transfert thermique est comprise entre 4 et 24 dpmm (points par millimètre), environ 100 et 600 dpi (points par pouce).

Une grande variété de rubans de transfert thermique est disponible et il est très important de faire correspondre votre sélection de ruban à l'imprimante. La qualité d'impression sera également influencée par l'énergie de chauffage, la vitesse d'impression et la pression.

La qualité des symboles imprimés doit être vérifiée à intervalles réguliers. L'un des principaux problèmes liés à l'impression par transfert thermique est le risque de « grillage de la tête d'impression » où l'un des éléments chauffants cesse de fonctionner, créant ainsi des espaces.

## 8 La vérification de l'encodage et du marquage :

### 8.1 La norme ISO/IEC 15415 pour la qualité d'impression :

La norme ISO/IEC 15415 définit les méthodes de mesure dans lesquelles la vérification doit être menée pour évaluer la qualité du symbole en fonction de critères objectifs. Le résultat (grade) de la vérification est exprimé de la manière suivante :

**Grade** : Note du symbole qui peut s'exprimer par un chiffre ou une lettre selon le tableau de correspondance ci-dessous :

Tableau 2.5 La norme iso/iec 15415

	<b>Good</b>				<b>Bad</b>
<b>Numérique</b>	4	3	2	1	0
<b>Lettre</b>	A	B	C	D	F

**Ouverture** : Ouverture optique égale à 0,8 X (80% de la taille du module élémentaire), sauf spécifié différemment dans le standard d'application. Elle est exprimée en mil (1/1000 de inch, ce qui correspond à 0,0254 mm).

**Illumination** : Longueur d'onde en nanomètres de la lumière utilisée pour illuminer le symbole lors de la vérification (dépend de l'environnement de lecture). Dans le cas particulier de l'emploi de la lumière blanche, on utilise la lettre W à la place de la longueur d'onde.

**Angle** : Incidence de la lumière par rapport au symbole (par défaut 45° sinon 30° ou 90° en lumière diffuse).

#### 8.1.1 Signification des paramètres ISO :

Tableau 2.6 Paramètres d'iso 15416

Paramètre	La description	Exemple
-----------	----------------	---------

<p><b>Décoder</b></p>	<p>Il s'agit de la première étape de la vérification et applique l'algorithme de décodage de référence- l'ensemble des règles/étapes de décodage du symbole défini dans l'ISO/IEC 16022 - aux éléments vus par le vérificateur. Si un décodage valide est obtenu, le paramètre de décodage réussit et reçoit la note 4, sinon il échoue (note 0).</p>	
<p><b>Contraste des symboles</b></p>	<p>Le contraste des symboles est la différence entre les valeurs de réflectance les plus élevées et les plus faibles du profil - en termes simples, la différence entre les zones sombres et claires (y compris les zones silencieuses) vues par le scanner. Le contraste des symboles est gradué sur une échelle de 4 à 0.</p>	
<p><b>Non-uniformité axiale</b></p>	<p>La non-uniformité axiale mesure et note (sur une échelle de 4 à 0) l'espacement des centres de mappage et teste la mise à l'échelle inégale du symbole le long de l'axe X ou Y.</p>	
<p><b>Modulation</b></p>	<p>La modulation est liée au contraste des symboles dans le sens où elle mesure la cohérence de la réflectance des zones sombres à claires dans tout le symbole.</p>	

<p><b>Non-uniformité de la grille</b></p>	<p>La non-uniformité de la grille mesure et note (sur une échelle de 4 à 0) la plus grande déviation vectorielle des intersections de la grille, déterminée par la position théorique prescrite par l'algorithme de décodage de référence et le résultat réel mesuré.</p>	
<p><b>Correction d'erreur inutilisée</b></p>	<p>Mesure et note (sur l'échelle de 4 à 0) la marge de sécurité de lecture fournie par la correction d'erreur. La correction d'erreur inutilisée indique la quantité de correction d'erreur disponible dans un symbole. La correction d'erreur est une méthode de reconstruction des données perdues suite à des dommages ou à l'effacement du symbole. La correction d'erreur peut devoir être utilisée pour décoder le symbole et peut avoir été causée par des dommages au symbole ou une mauvaise impression. La correction d'erreur à 100 % inutilisée est le cas idéal.</p>	
<p><b>Dégâts de motif fixes</b></p>	<p>Mesure et note (sur l'échelle de 4 à 0) tout dommage au motif du Finder, à la zone calme et à la piste d'horloge dans le symbole.</p>	
<p><b>Croissance d'impression</b></p>	<p>La croissance de l'impression n'est pas un paramètre gradué mais une mesure très informative aux fins du contrôle du processus. C'est une mesure de la façon dont les</p>	

	<p>symboles peuvent avoir augmenté ou diminué par rapport à la taille cible. Si la croissance ou le rétrécissement est trop important, les performances de numérisation seront affectées. La croissance de l'impression peut être mesurée et évaluée indépendamment sur les axes X et Y pour évaluer à la fois la croissance horizontale et verticale.</p>	
--	--	---

## 8.2 Le processus de vérification :

La vérification d'un symbole marqué a pour objet de s'assurer que le code est conforme aux spécifications de la norme choisie et d'indiquer quel est le niveau de conformité par rapport à la norme.

Pour être fiable, le processus de vérification s'apprécie au regard de deux facteurs :

- L'utilisation d'un vérificateur certifié selon la norme ISO15426-2,
- La formation à la vérification de l'opérateur.

La norme définit pour chaque critère, le niveau A, B, C, D, ou F en fonction des valeurs de mesure obtenues. Le niveau de qualité global est le niveau le plus bas obtenu par l'un quelconque des critères. Il s'agit d'une mesure de laboratoire effectuée dans des conditions très précises de lumière (longueur d'onde, orientation) qui qualifie l'impression par rapport à la norme choisie.

Les résultats obtenus peuvent être différents selon la norme retenue. Une norme est souvent liée à une méthode d'impression donnée.

Pour un contrôle en cours de production, l'industriel, selon le contexte et les exigences de qualité, peut avoir recours à différentes méthodes après validation de la ligne :

- Procéder à un contrôle de qualité par prélèvement en utilisant le vérificateur certifié
- Effectuer une lecture en ligne,
- Effectuer une lecture sur prélèvement pour s'assurer de la lisibilité.

Ces 3 approches sont complémentaires et doivent être mises en œuvre suivant un plan de qualité déterminé.



## 9.2 Principe de décodage :

Lorsqu'une caméra lit un code à barres GS1 DataMatrix, elle peut, grâce à son système de décodage et aux balises (Fixed pattern et FNC1), interpréter les données. Le lecteur reconnaît la structure d'encodage et sait donc qu'il s'agit d'un DataMatrix version ECC 200. Il lit également le FNC1 en première position et sait donc que la structure des données encodées respecte le système GS1.

A partir de là, il envoie un message au décodeur (Jd2) pour lui indiquer comment interpréter les données. Il retourne une chaîne de données utilisables dans le système informatique.

Le lecteur renvoie la chaîne des caractères lus, soit de manière brute soit traitée.

L'équivalent du FNC1 en première position peut être par programmation du lecteur renvoyé sous forme (Jd2) comme ci-dessous. La programmation consiste à demander que le lecteur renvoie le code d'identification AIM (Association for Automatic Identification and Mobility). Ce code permet à un ordinateur de comprendre que le message est encodé avec AI selon la norme GS1.

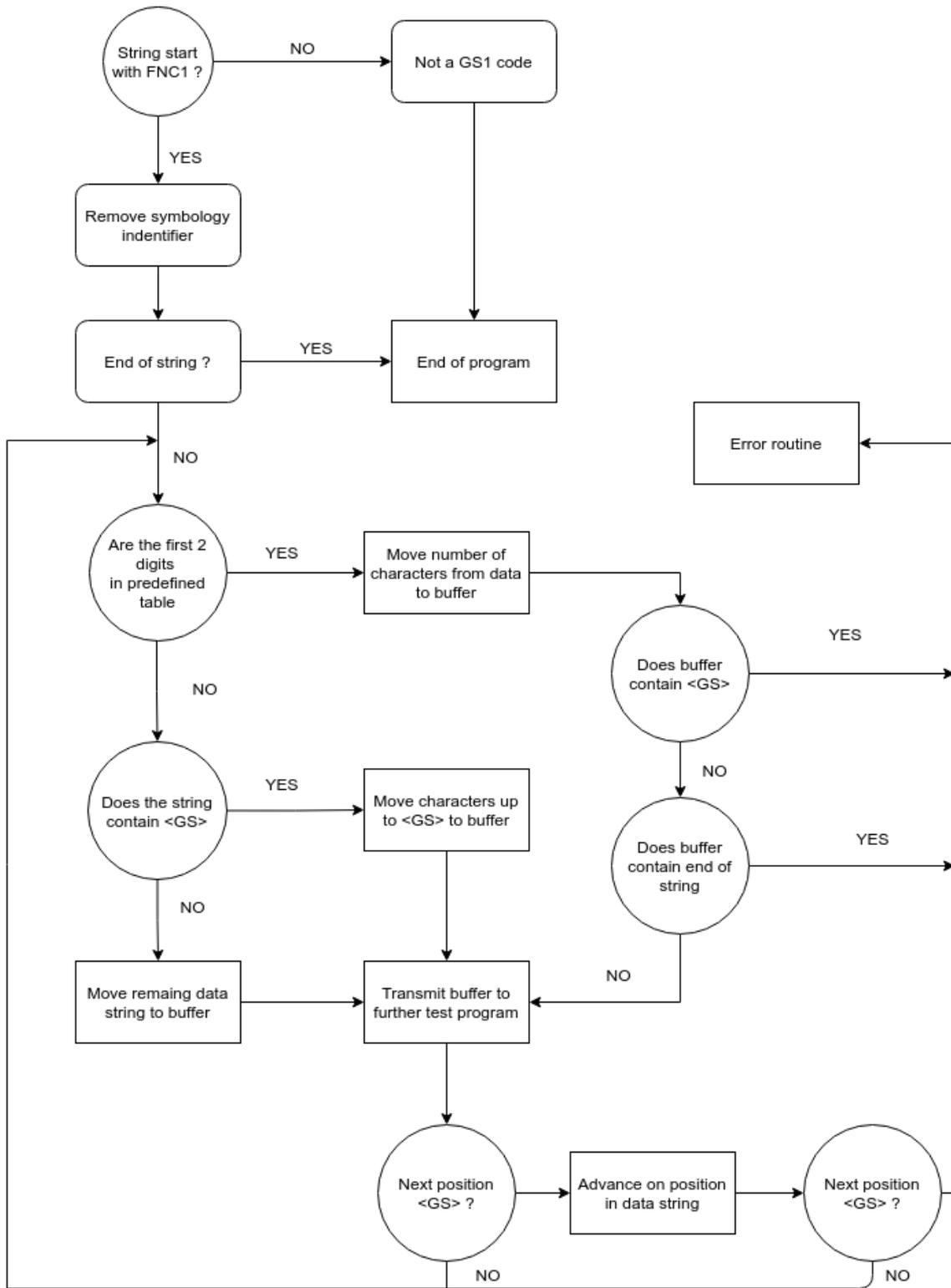


Illustration 2.13: Traitement des données d'un symbole GS1 DataMatrix scanné.

***Chapitre III :***  
*Considérations au*  
*développement d'un system de*  
*sérialisation*

## **1 Introduction :**

Ce chapitre contiendra une approche de base d'une consultation électronique du matériel choisi. Autrement dit intégrant le premier niveau de la traçabilité, le niveau matériel.

Le point de départ pour ajouter la sérialisation à une ligne de conditionnement doit être la spécification des besoins des utilisateurs. Cela fournit la base de la validation du système en fournissant les critères par rapport auxquels le système sera évalué. Comme pour tout URS, une activité initiale importante consiste à déterminer les limites du système défini. Lorsque l'on envisage la mise en œuvre de la fonctionnalité de sérialisation sur une ligne d'emballage, il est demandé de limiter la portée au développement des informations à capturer et à la fonction d'étiquetage pour documenter les niveaux d'emballage unité / caisse. /palette. Niveau d'étiquetage - du niveau de l'unité au niveau de la palette est l'une des considérations pour déterminer la portée du système en cours de développement.

## **2 Considérations de codage et de marquage :**

Quatre questions à poser :

- Existe-t-il des pilotes ou protocoles appropriés pour communiquer entre le codeur et la plateforme de sérialisation ?
- Le codeur peut-il traiter les données sérialisées assez rapidement pour l'application ?
- Le système de codage permet-il au système hôte de surveiller l'état / l'intégrité du codeur ?
- Existe-t-il un dépannage à distance ?

### **2.1 Support de données :**

Afin d'établir une traçabilité à l'unité des produits médicaux, il devient essentiel d'identifier les produits de manière univoque pour qu'ils puissent être distingués individuellement.

À cette fin, la base sur laquelle les produits de données seront définies être définies en premier lieu. Il est donc indispensable d'utiliser une série ou un code série, conforme à la norme utilisée. Ledit code peut être numérique, consécutif ou aléatoire, voire alphanumérique, dans les deux cas avec une extension fixe ou variable.

Il est recommandé que ce code de série soit associé à un code produit spécifique qui identifie sa forme commerciale. Cela permettra d'obtenir des données statistiques de séries de séries pour un même produit. Dans tous les cas, l'association du code produit et du code de série doit être unique et ne doit être utilisé qu'une seule fois [15].

En outre, les systèmes peuvent exiger le codage facultatif ou obligatoire d'autres données pertinentes sur le produit, telles que le numéro de lot, la date de fabrication, la date d'expiration, le numéro d'enregistrement du produit, l'identification du produit à des fins de sécurité sociale ou de régimes de santé, etc. Cependant, les données pour chaque unité unique qui n'est pas incluse dans l'identification du produit peut être entrée dans la base de données [15].

Les données concernant le lot et la date de péremption sont généralement signalées comme les plus pertinentes. L'inclusion des données de lot dans la base de données (qu'elles soient disponibles ou non sur le support de données) permettra un suivi plus efficace des produits à des fins de rappel sur le marché. De plus, l'identification de la péremption améliore la prévention de la livraison des produits périmés aux patients et la gestion des stocks, évitant ainsi les pertes dues à la péremption.

Indépendamment des données minimales établies comme obligatoires, il est conseillé d'accepter l'inclusion de données supplémentaires qui peuvent être utiles pour le modèle de gestion des parties prenantes [15].

Les données produit définies doivent être encodées sur un support de données permettant une lecture automatisée des données. Il existe différentes technologies disponibles à cette fin. La NRRA peut déterminer que le support de données utilise une technologie spécifique prédéfinie, ou bien, peut permettre aux agents responsables de l'encodage des données de décider de la technologie à utiliser. Cette option a l'avantage de permettre l'utilisation de technologies préalablement convenues par les parties prenantes, et qui leur sont neutres en termes de coûts. Cependant, cela peut signifier que différentes technologies sont nécessaires pour une lecture automatisée des données tout au long de la chaîne d'approvisionnement légale [15].

Les technologies connues à ce jour sont le codage à barres linéaire, le codage à barres bidimensionnel ou matrice de données et les étiquettes d'identification par radiofréquence (RFID). Ces technologies servent d'options pour les supports de données où des informations spécifiques peuvent être stockées ou codées [15].

Le codage à barres linéaire est largement utilisé par les industries en général, et les lecteurs sont généralement utilisés dans la chaîne de valeur pour ce type de technologie. Son principal inconvénient est que des supports de données plus grands sont nécessaires pour saisir plus d'informations et qu'il est difficile de placer un tel support de données sur de petits récipients pharmaceutiques [15].

D'autre part, le support de données de code à barres bidimensionnel permet de coder davantage d'informations ou de données dans un espace relativement petit, avec une meilleure capacité de lecture par rapport au code à barres linéaire. Cependant, l'équipement de lecture automatique de données pour cette technologie peut ne pas encore être disponible dans la chaîne d'approvisionnement [15].

Contrairement aux technologies mentionnées ci-dessus, les dispositifs RFID ne sont pas une technologie optique, mais contiennent plutôt des informations qui sont envoyées au lecteur par la transmission d'un signal à une certaine fréquence radio. Dans le passé, un certain manque de fiabilité a été soulevé concernant l'utilisation des dispositifs RFID et l'utilisation n'est pas répandue. Pourtant, leur grand avantage réside dans la possibilité de captures massives de données à partir de plusieurs étiquettes RFID en quelques secondes sans avoir besoin d'une capture individuelle de chaque étiquette. Cela réduit le temps de capture des séries, tant pour la réception des produits que pour l'expédition. Par conséquent, leur avantage comparatif impacte la gestion de la logistique de gros volumes. Habituellement, le coût de pose des étiquettes RFID sur les produits est considéré comme supérieur à celui des autres technologies, même s'il peut entraîner des réductions de coûts globales lors de l'évaluation des coûts logistiques de la lecture individuelle des supports de données lorsqu'il y a un grand nombre de produits. Malheureusement, comme les étiquettes RFID sont des dispositifs, elles ne peuvent pas être imprimées en série et il est recommandé de les placer à l'intérieur de l'emballage secondaire/extérieur des produits afin de réduire l'incidence des problèmes causés par des coups involontaires sur l'étiquette [15].

Quelle que soit la technologie choisie, dans tous les cas, il peut être exigé que toutes les informations encodées sur le support de données soient également dans un langage lisible par l'œil humain. À leur tour, les supports de données peuvent être imprimé directement sur l'emballage du produit médical (pas pour RFID) ou, sinon, des étiquettes peuvent être apposées (généralement, le coût individuel par support de données peut probablement être plus élevé par rapport à la possibilité d'imprimer sur la ligne). Dans les deux cas, il faut s'assurer que le support de données parvienne inchangé au patient, que sa capacité de lecture est maintenue pendant toute sa durée de conservation et qu'il ne peut être retiré sans que l'emballage ait été laissé ou déposé sur un autre appareil. En outre, il est conseillé d'adopter des mesures d'emballage inviolables [15].

D'un autre côté, plusieurs technologies pourraient être utilisées en même temps. L'utilisation de codes à double technologie, RFID et Data Matrix peut apporter des avantages en prenant en compte les avantages qu'ils offrent tous les deux. Si les informations contenues dans le dispositif RFID doivent être imprimées dans un langage lisible par l'homme sur le produit, l'impression supplémentaire d'un code Data Matrix a un coût supplémentaire négligeable [15].

Il est important de souligner que des exigences supplémentaires liées au support de données, telles que des étiquettes spécifiques, la génération de numéros de série par l'autorité de réglementation, les tailles d'étiquettes ou la définition de la couleur ou du type de matériau, rendront la mise en œuvre plus complexe [15].

A titre d'exemple de ces définitions, on pourrait affirmer que le système de traçabilité turc nécessite l'utilisation de la technologie Data Matrix avec un codage des informations conforme à la norme internationale GS1 pour le GTIN, et le code de série, le numéro de lot et la date d'expiration. Date.

Au contraire, l'Argentine a mis en place un système flexible en vertu duquel le titulaire de l'enregistrement du produit est autorisé à choisir librement la technologie, afin de faciliter la mise en œuvre en tirant parti des ressources privées existantes avec diverses technologies. Les informations à inclure dans le support de données doivent être adaptées à la norme mondiale GS1 et les détenteurs d'enregistrements de produits doivent vérifier la qualité du codage et la cohérence de la lecture avant de libérer les produits sérialisés, afin d'éviter des erreurs ultérieures dans la chaîne d'approvisionnement. Le support de données peut être placé sur des étiquettes ou imprimé sur la ligne de production [15].

Les données obligatoires à inclure sont le GTIN et le code de série (les autres données sont facultatives) et, quelle que soit la technologie utilisée, les informations doivent toujours être lisibles à l'œil nu. Les numéros de série sont générés par les titulaires d'enregistrement de produit.

Tableau 3.1 Types des supports des données

<b>Identification</b>	<b>Avantages</b>	<b>Désavantages</b>
<b><i>Numéro de série uniquement</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Incontournable.</li> <li>– Des données supplémentaires associées au produit peuvent être enregistrées dans des bases de données.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Il faut s'assurer qu'aucune répétition de numéros de série ne se produise entre les différents intervenants.</li> <li>– Les informations ne peuvent pas être triées par type de produit et/ou forme commerciale ; il n'est pas non plus possible de procéder à des évaluations statistiques.</li> </ul>
<b><i>Code produit et numéro série</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Permet de trier les informations par type de produit et/ou forme commerciale et des évaluations statistiques peuvent être faites.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Les codes produits doivent être définis ou les codes utilisés dans les normes internationales doivent être adoptés.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Des données supplémentaires associées au produit peuvent être enregistrées dans les bases de données.</li> </ul>	
<b><i>Des données supplémentaires (par exemple, numéro de lot, date de péremption, etc.)</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Peut être facultatif ou obligatoire.</li> <li>– Permettre le suivi des produits ayant des caractéristiques spécifiques communes.</li> <li>– Utilité possible pour les modèles de gestion des parties prenantes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Besoin possible d'un plus grand espace sur l'emballage car plus d'informations sont incluses.</li> <li>– Elle peut conduire à l'utilisation d'une technologie donnée.</li> </ul>
<b><i>Technologie libre</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Permet l'utilisation de technologies déjà détenues par les parties prenantes.</li> <li>– Mise en œuvre sans coût pour les parties prenantes.</li> <li>– Facilite la mise en œuvre à court terme.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Besoin de différentes technologies pour la lecture automatisée des données.</li> </ul>
<b><i>Codage à barres linéaire</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Largement utilisé.</li> <li>– La chaîne utilise généralement du matériel de lecture.</li> <li>– Possibilité d'imprimer sur la ligne de production.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– La taille du support de données augmente au fur et à mesure de l'ajout d'informations.</li> <li>– Difficulté de placer le support de données sur de petits contenants pharmaceutiques.</li> <li>– Lecture individuelle et directe par voie optique.</li> </ul>
<b><i>Data Matrix</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Permet le stockage d'une grande quantité d'informations dans un petit espace.</li> <li>– Capacité de lecture améliorée.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– La chaîne n'a peut-être pas encore d'équipement de lecture automatique de données disponible.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Possibilité d'imprimer sur la ligne de production.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Lecture individuelle et directe par voie optique.</li> </ul>
<b><i>RFID</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Permet des captures massives de données en quelques secondes sans avoir besoin de capture individuelle à partir de chaque support de données.</li> <li>– Temps de lecture réduit.</li> <li>– Avantage comparatif pour la gestion de gros volumes logistiques.</li> <li>– Réduction des coûts logistiques à l'échelle mondiale.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– L'utilisation n'est pas généralisée.</li> <li>– Coût individuel par support de données, probablement plus élevé par rapport à la possibilité d'imprimer sur la ligne offerte par d'autres technologies.</li> <li>– Des facteurs peuvent nuire à la lisibilité. La chaîne ne dispose peut-être toujours pas d'équipements de lecture automatique de données.</li> <li>– L'impression sur la ligne de production n'est pas disponible (c'est un périphérique).</li> <li>– Il est recommandé de le placer dans l'emballage secondaire.</li> </ul>
<b><i>Double technologie (Data Matrix + RFID)</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Tirer parti des avantages des deux technologies selon les étapes de la chaîne.</li> <li>– Si les informations contenues dans le dispositif RFID doivent être imprimées dans un langage lisible par l'homme sur le produit, l'impression supplémentaire d'un code Data Matrix a un coût supplémentaire négligeable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Coût individuel par support de données, probablement plus élevé par rapport à la possibilité d'imprimer sur la ligne de production offerte par d'autres technologies.</li> </ul>



Illustration 3.1: Barcodes Linéaires



Illustration 3.2: DataMatrix



Illustration 3.3: Vignette RFID

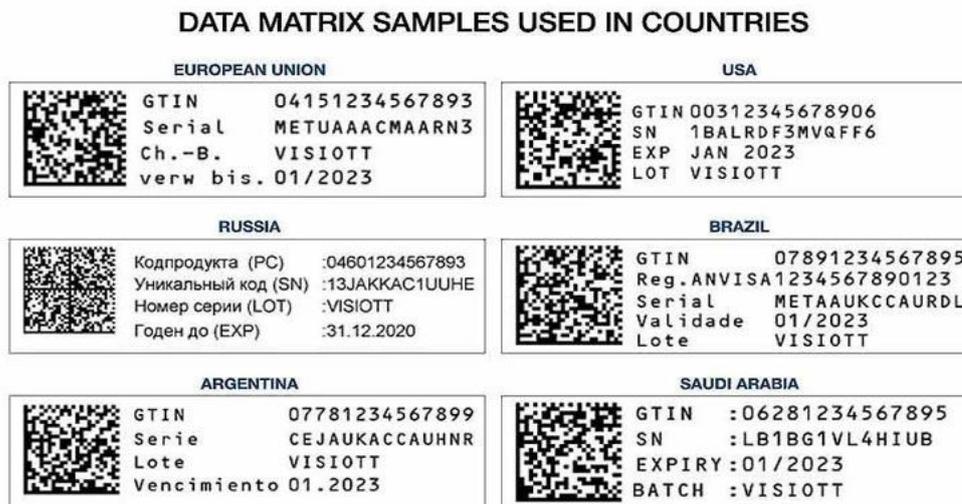
## 2.2 Contenu de l'impression:

Qu'un support de données GS1 code une clé d'identification GS1, des attributs de clé GS1 ou une combinaison des deux, le HRI doit être placé sous le code-barres et regroupé chaque fois que cela est physiquement possible tout en maintenant l'interprétation lisible par l'homme, la lisibilité du HRI et la hauteur minimale du code-barres.

### Interprétation lisible par l'homme

- Le HRI montre à un humain exactement ce qu'il y a dans un code-barres.
- Il est là au cas où le code-barres ne serait pas lu.

- Certaines règles HRI sont spécifiques à la Santé et elles ont été mises à jour.



*Illustration 3.4: Différentes étiquettes de sérialisation du monde entier*

### 2.3 L'emplacement d'impression :

Que ce soit sur un rabat supérieur, un rabat d'extrémité ou les deux rabats d'extrémité, l'emplacement physique du code fera une énorme différence de coût, qu'il s'agisse de la nécessité de changer l'étiquette et même de la nécessité de changer la taille de la caisse d'expédition. Cela peut également avoir d'énormes implications pour l'agrégation.

Le positionnement est libre et à l'appréciation du fabricant en fonction :

- De la place dont il dispose sur l'emballage,
- De la nature et de la forme du produit,
- De l'usage que veut en faire le fabricant (lecture dans un rayonnage ou passage du produit sous un lecteur fixe par exemple).

Il convient d'apporter une attention particulière à l'aménagement d'une zone de silence (Quiet Zone) autour du symbole. Cette zone ne doit contenir aucun élément imprimé et la largeur doit être supérieure ou égale à un module élémentaire du symbole (X-dimension).

Les pliures et les emballages, mêmes transparents (exemple blister), peuvent également impacter fortement la lecture du code à barres imprimé. Cela est d'autant plus vrai que la résolution d'impression du code est souvent très petite.

En revanche, grâce à ses propriétés intrinsèques, l'orientation du symbole n'a pas d'incidence sur sa lecture.



*Illustration 3.5: Exemple de marquage sur un rabat d'extrémité d'un produit*

L'exemple ci-dessus illustre l'encodage typique d'un carton blister et d'un emballage en carton de bouteille sur des unités vendables. Les informations codées dans le symbole DataMatrix sont également affichées dans un format interprétable par l'homme où l'étiquette de chaque valeur peut être comprise sans comprendre les identificateurs d'application GS1 (AI). Une alternative consiste à remplacer les étiquettes par GS1 AI entre crochets, comme « S/N » remplacé par (21) et «EXP» remplacé par (17).

#### **2.4 L'impression sur des bouteilles rondes :**

L'impression sur une surface plane et vraie est toujours meilleure que l'impression sur une surface incurvée. Une surface plane, comme celle que l'on trouve sur les conteneurs carrés, fournit une distance de projection constante pour les systèmes de codage à jet d'encre. Étant donné que les bouteilles rondes sont moins courantes que carrées en Algérie, la plupart des entreprises évitent complètement cela en imprimant le code de sérialisation directement sur l'étiquette alors qu'elle est encore sur la bande d'étiquettes, plutôt que sur la bouteille elle-même. Cela permet généralement un contrôle et une cohérence de la bande excellente, conduisant à un code plus fiable et cohérent, que la technologie de codage soit l'ablation par jet d'encre ou laser. D'autres options sont l'impression sur le haut ou le bas des bouteilles, bien que l'immobilier puisse être plus délicat ici.



*Illustration 3.6: Exemple d'impression sur une bouteille ronde*

## **2.5 La technologie de codage :**

La technologie choisie pour une application donnée doit prendre en compte l'environnement interne, y compris des facteurs tels que le substrat.

Le choix va généralement être le jet d'encre thermique (TIJ), le codage par ablation laser ou une forme d'impression et d'application. Les considérations incluront le substrat, la vitesse de ligne, la manipulation du matériau et le montage de l'imprimante. Pour TIJ, les différences de temps de séchage entre les stocks de carton similaires peuvent être significatives. Les contraintes de vitesse de ligne pour TIJ dépendent largement de la résolution choisie. Par exemple, les codes 600x600 peuvent limiter les vitesses de ligne à 0.5m/s; Les codes 300x600 peuvent autoriser une vitesse de ligne de 1m/s. Enfin, Prendre toujours en compte de la maintenance du système de codage dans la décision, car cela pourrait avoir un impact sur les temps d'arrêt.

## **2.6 Évaluation d'équipement de codage existant :**

L'astuce ici n'est pas dans l'impression de l'ancien peut faire cela. Pour être vraiment prête pour la sérialisation, une imprimante doit avoir des communications bidirectionnelles intégrées, afin de pouvoir recevoir et transmettre des informations, le tout sans affecter les vitesses de ligne existantes. En règle générale, les imprimantes de cinq ans ou plus sont plus susceptibles d'être prêtes pour la sérialisation. Certains systèmes laser plus récents sont également prêts pour la sérialisation.

Remarque : la technologie à jet d'encre continu (CIJ) n'est généralement pas compatible avec la sérialisation en raison des limitations de qualité d'impression.

## **2.7 Les vibrations sur la ligne :**

Lors du choix des composants du convoyeur pour le transport des bouteilles vers les zones de la ligne de production où le codage a lieu, être à l'affût des vibrations potentielles.

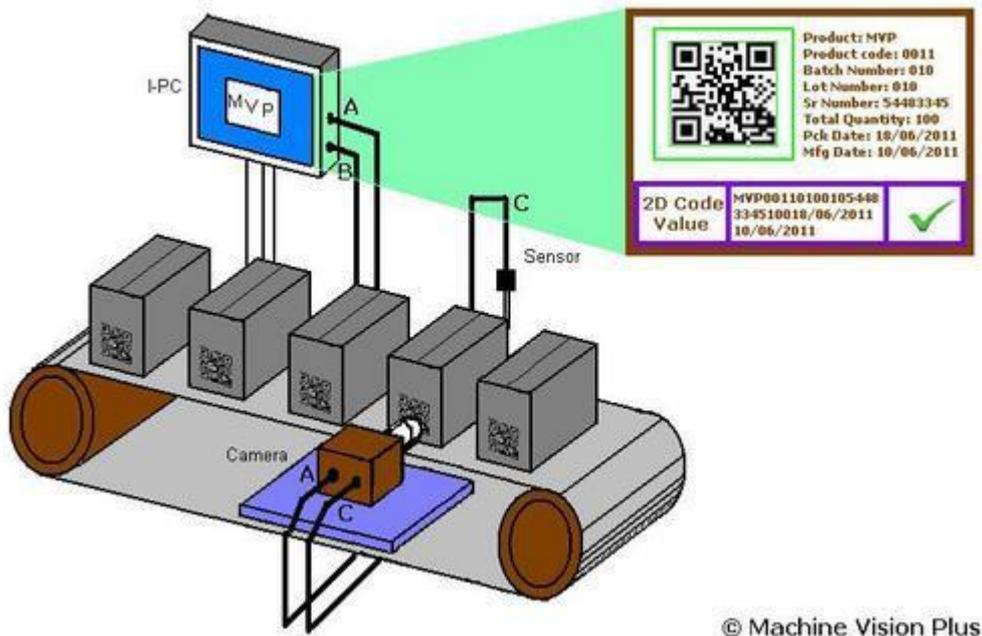
## **2.8 Les coûts et de la maintenance :**

Connaître les systèmes qui empêchent le colmatage des buses, le nettoyage des têtes, etc.

## **3 Considérations relatives au système de vision :**

L'une des principales considérations relatives aux systèmes de vision concerne l'utilisation prédominante dans l'industrie des bouteilles rondes. Étant ronds, bien sûr, ils ont tendance à tourner sur un convoyeur. Cela signifie qu'au moins deux et probablement trois caméras doivent être montées sur un convoyeur afin de capturer le symbole DataMatrix sous n'importe quel angle possible. Les

experts estiment que ce besoin de couverture de caméra supplémentaire peut augmenter votre budget de sérialisation total de 5% ou 10%, selon le nombre de lignes qui utilisent des bouteilles rondes.



Un deuxième problème concerne la façon dont les codes sont imprimés sur des cartons pliants. Certains ont trouvé que la zone d'impression n'est pas toujours présentée uniformément à la tête d'impression lorsque le panneau d'impression est situé sur un rabat de fermeture du carton. Il peut y avoir divers degrés de courbure après la fermeture. Cette courbure a un impact sur le processus d'inspection en ligne, qui est sensible aux changements de lumière nécessaires pour évaluer complètement le symbole DataMatrix. Le résultat peut être de faux rejets de cartons autrement acceptables. Des ajustements peuvent être nécessaires pour améliorer la manutention des colis afin de résoudre le problème au stade du codage ou de l'éclairage.

### 3.1 Spécification des systèmes de vision :

#### 3.1.1 Le capteur d'image de la caméra :

Il existe quatre types de capteurs d'images : les capteurs CCD, les capteurs CMOS, les microbolomètres et les capteurs FPA (Focal Plane Array). Pour trouver le bon capteur, il est important de définir d'abord le spectre d'inspection nécessaire. Par exemple, un capteur CCD ne pourra pas utiliser la vision infrarouge. Enfin, le choix sera aussi déterminé par la qualité recherchée et le budget.

### **3.1.2 L'interface de communication :**

Après avoir déterminé le type de capteur qu'on recherche, On doit choisir l'interface de communication qu'on va utiliser. Voici les principales interfaces de communication disponibles chez les fabricants de caméras. Chacune possède des avantages et des inconvénients :

- USB 2.0 : ce système peu coûteux nécessite d'être relié à la caméra par un câble (pouvant atteindre 5 mètres). Avec un débit théorique allant jusqu'à 480 Mbits/s, ce système peut néanmoins manquer de fiabilité dans la transmission de données. Il est maintenant détrôné par l'USB 3.0.
- USB 3.0 : cette interface présente des caractéristiques similaires à l'USB 2.0, mais elle possède néanmoins un meilleur débit et une transmission plus fiable.
- CameraLink : avec un débit très élevé (jusqu'à 6 Gbits/s), cette interface de communication très onéreuse est parfaite pour des résolutions élevées. La longueur du câble peut atteindre 10 mètres.
- GigE (ou Giga Ethernet) : avec un débit pouvant aller jusqu'à 1 Gbit/s, cette interface de communication très bon marché est avantageuse si on a besoin de grandes longueurs de câble (en effet, il peut atteindre les 100 mètres).
- PoE (ou Power Over Ethernet) : son débit peut aller jusqu'à 1 Gbit/s, et son principal avantage est de pouvoir alimenter la caméra en courant en même temps que la communication de données se fait.
- VGA (Video Graphic Array) : les cartes VGA prennent en compte des résolutions de l'ordre de 640×480. Elles peuvent transmettre jusqu'à 256 couleurs. Cette interface tend à disparaître.

### **3.1.3 Nombre de mégapixels nécessaire :**

Plus une camera est sensible, plus elle obtiendra des images lisibles, même en basse lumière. La qualité de l'image dépend donc de la sensibilité de la caméra et de la résolution des images. Plus le nombre de mégapixels est élevé, plus l'image sera nette et précise. Si l'observation de détails précis est recherchée, il est donc conseillé d'utiliser un appareil photo avec une résolution supérieure à 1 mégapixel. A noter également que le format H.264 est extrêmement puissant.

Notez également que les appareils photo mégapixels sont devenus très courants et abordables de nos jours.

### **3.1.4 Les applications principales de la caméra :**

Les caméras pour la vision industrielle peuvent avoir des applications très variées. Elles peuvent être utilisées pour le contrôle de la production, la gestion de flux d'objets, l'inspection de surface (pour cela, la caméra doit être montée sur microscope), la fabrication de composants électroniques, ou encore le guidage de robots. Pour chaque application correspond la caméra adéquate.

Pour le contrôle du flux de production d'une ligne d'emballage par exemple, il suffira d'une caméra CCD qui représente un investissement peu onéreux. Dans ce cas ce qu'il faut privilégier est la rapidité

de scan de la camera (fps) et la résolution (caméra mégapixel) Notez que les applications des caméras CCD peuvent également être gérées par les caméras CMOS mais elles sont plus onéreuses.

La très grande précision des caméras FPA leur permet d'être utilisées tant dans le guidage que dans l'imagerie médicale.

Si on a besoin d'une caméra pour identifier et mesurer les flux thermiques, les caméras micro bolomètres sont conseillées.

### **3.1.5 Le niveau de performance de la caméra**

Dans une caméra, l'électronique de la camera joue moins sur les performances que le capteur par lui-même.

Certaines caméras peuvent avoir une bonne résolution d'image avec une sensibilité faible, presque sans bruit thermique du fait d'une faible sensibilité du capteur.

D'autres caméras auront, à l'inverse, besoin d'une grande sensibilité pour produire une image visible dans des conditions de lumière faible, sans pour autant que la résolution soit exceptionnelle, mais avec un risque de bruit thermique important comme conséquence d'une grande sensibilité du capteur.

Enfin, l'importance des objectifs fixées sur la caméra ne peut pas être ignorée. Leur qualité optique, leur ouverture maximale et leur longueur focale jouent directement sur la qualité des images formées sur le capteur.

Les performances d'une caméra dépendent fortement de son prix.

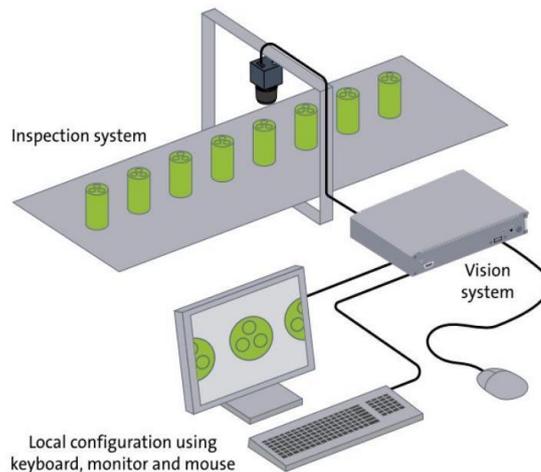
## **3.2 les caméras sur PC Vs les caméras intelligentes :**

Lors de la spécification d'un système de vision, il est important de prendre en compte des facteurs tels que la précision du logiciel, la fiabilité et l'assistance de l'usine locale.

En règle générale, les systèmes de vision d'aujourd'hui sont divisés en deux groupes : les caméras sur PC et les caméras intelligentes. Les facteurs de différenciation clés entre les deux incluent l'architecture, le coût, la capacité et l'environnement de développement. La principale différence architecturale entre la vision sur PC et les caméras intelligentes réside dans le traitement d'image centralisé et distribué.

Les systèmes basés sur PC multiplexent généralement des caméras industrielles sur une ligne de production vers un seul processeur pour traiter les images. Ces systèmes sont souvent vendus dans des ordinateurs et offrent une redondance limitée pour les disques durs, ne prennent pas en charge la protection contre les virus / programmes malveillants (un problème en réseau) et utilisent des systèmes d'exploitation intégrés qui ne sont pas facilement mis à jour. Certains incluent des disques interchangeables, qui présentent un risque pour les systèmes validés si chaque disque n'a pas été

validé pour confirmer sa configuration. Les caméras intelligentes (parfois appelées caméras distribuées, intégrées ou IP) sont autonomes et comprennent un processeur, un capteur d'image, des communications et une connectivité réseau, et ne nécessitent pas de PC. Ils associent un traitement distribué à une mise en réseau à haut débit pour fournir des systèmes hautement évolutifs.



*Illustration 3.7: Exemple d'une caméra intelligente dans une ligne de production*

Les deux approches présentent des avantages. Les systèmes de vision industrielle sur PC offrent une grande flexibilité dans le nombre d'options que les utilisateurs peuvent sélectionner (par exemple, une caméra à balayage linéaire ou une caméra à balayage de zone). Ils sont faciles à utiliser avec des logiciels tiers et ont tendance à offrir plus de puissance et de vitesse grâce à des processeurs sophistiqués. Les performances du PC augmentent avec chaque augmentation de la vitesse du processeur, ce qui rend les nouveaux systèmes de vision sur PC bien adaptés aux applications les plus complexes ou les plus intensives en mathématiques. Cependant, comme la technologie PC évolue si rapidement, elle n'est pas aussi facile à reproduire que les caméras intelligentes standard. Les systèmes de caméras intelligentes coûtent moins cher à l'achat et à la mise en œuvre que leurs homologues sur PC. Ils sont plus simples à utiliser, à entretenir et à intégrer dans l'environnement de fabrication. Comme ils sont moins complexes que les ordinateurs, ils sont également plus fiables, avec moins de composants présentant un risque opérationnel. La technologie PC offre une interface homme-machine (IHM) centrale pour centraliser l'installation et la configuration. En revanche, les caméras intelligentes discrètes peuvent nécessiter plus de temps pour configurer chaque système. En outre, les anciennes technologies de PC, en particulier les systèmes dans des boîtiers de machines industrielles propriétaires, peuvent imposer des limitations technologiques et des systèmes d'exploitation embarqués plus anciens et risqués, et peuvent ne pas tirer parti des progrès technologiques.

### **3.2.1 Avantages des caméras intelligentes :**

Les caméras intelligentes peuvent offrir ces avantages :

- Les systèmes de vision par caméra intelligente peuvent être moins coûteux à installer, moins complexes à valider et moins coûteux à entretenir.
- Grâce aux progrès de la miniaturisation et à la puissance des processeurs de signaux numériques, les applications de traçabilité telles que la lecture de code, la vérification de texte, l'évaluation de la qualité des marques et l'inspection des étiquettes peuvent être réalisées de manière économique. Parce qu'elles sont à semi-conducteurs, les caméras intelligentes peuvent fournir une plate-forme plus stable que les alternatives basées sur PC.
- Les systèmes de vision par caméra intelligents configurables, plutôt que programmables, peuvent faciliter l'adaptation aux changements de réglementations et de normes.
- La plupart des systèmes de vision avancés offrent désormais des capacités avancées de mise en réseau et de communication et de puissants outils d'intégration en usine.
- Les caméras sont désormais disponibles avec des transferts Gigabit Ethernet 2.0 à des vitesses allant jusqu'à 125Mo/s. Ces caméras offrent une bande passante élevée avec de très longues longueurs de câble à faible coût sans l'utilisation de répéteurs. La connectivité est limitée uniquement par le nombre de ports disponibles sur votre commutateur Ethernet.

***Chapitre IV:***  
***Solution Proposée***

## **1 Introduction:**

Implémenter une solution de sérialisation complète adaptée aux besoins de l'entreprise peut prendre de nombreuses années, en fonction des plans de croissance et de la prévision du marché, donc le choix de la bonne solution ne compte pas seulement sur les considérations relatives du système lui-même et de ses applications mais aussi sur jusqu'où peut investir pour l'instant.

Le développement de toute solution industrielle commence généralement par développer un prototype en fonction précisément des exigences du problème, en d'autres termes, aucune fonctionnalité supplémentaire ne doit être prise en considération sinon l'opération peut devenir rentable et prend beaucoup plus de temps. Les principales fonctionnalités et exigences que le système de sérialisation doit respecter sont les suivantes :

- Interagir avec l'ERP afin de recevoir l'ordre de fabrication et les informations nécessaires à chaque commande.
- Attribuer à chaque commande la ligne de fabrication correspondante.
- La création des codes GS1.
- Assurer les différents types d'authentification, les autorisations pour les utilisateurs.
- Assurer la transmission et la sauvegarde des données.
- Assurer la validité et la qualité du marquage du code.

La figure 4.1 explique simplement le processus que le système de sérialisation doit assurer son fonctionnement :

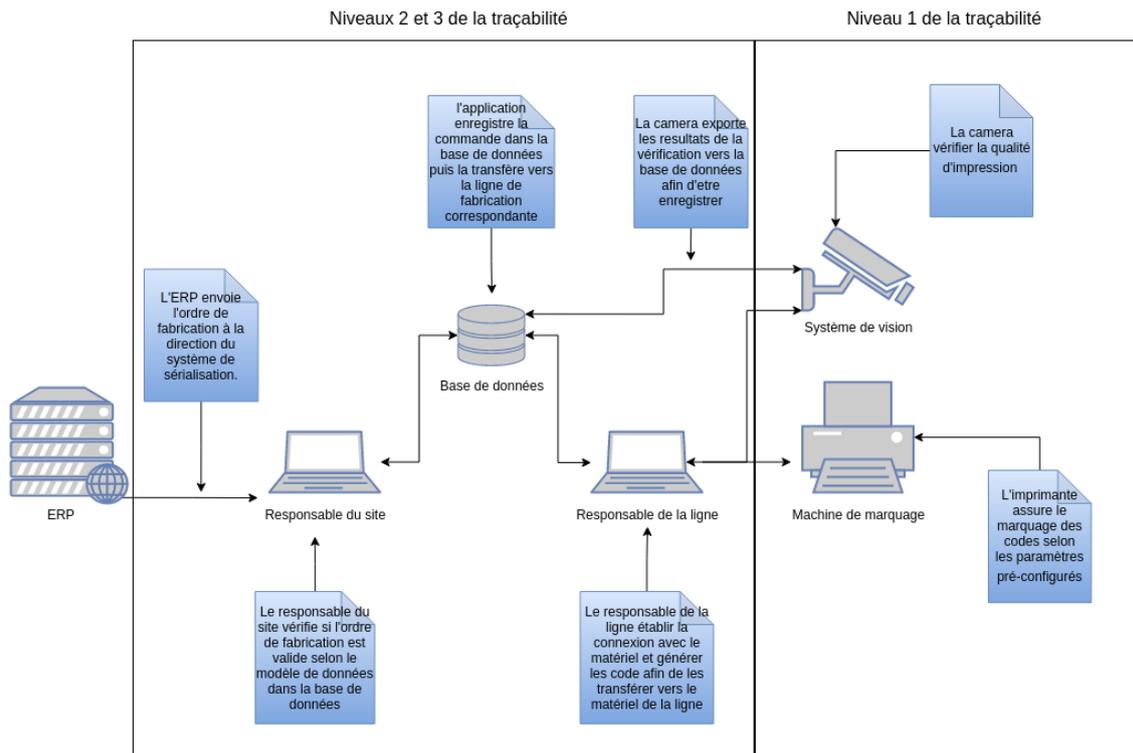


Illustration 4.1: Description haut niveau de système de sérialisation proposé

Les entreprises les plus reconnues dans le monde qui fournissent des solutions de sérialisation comme **Mettler Toledo, Softgroup & Laetus** utilisent ce qu'on appelle un système de sérialisation tout-en-un, cela signifie que l'ensemble du système est contrôlé avec un seul logiciel avec différentes couches (selon le niveau de sérialisation), de la ligne de fabrication à l'interface avec l'ERP. Au premier niveau de sérialisation, la sérialisation de la gestion de la ligne doit pouvoir interagir avec les appareils (Machine de marquage, système de vision, système de rejet, etc.) afin de contrôler et de vérifier le processus, à ce niveau il y a deux choix illustrés :

Le développement d'un système tout-en-un peut prendre du temps et impliquer différents métiers, dans le cas du développement d'un pilote de projet, la meilleure solution est le deuxième choix qui utilise des logiciels indépendants, et la gestion de ligne sera détenue par un troisième -partie-logiciel. Le tiers sera chargé de la communication avec les pilotes des appareils en fournissant les informations de production et recevra également les résultats du processus.

La figure 4.2 explique l'idée décrite ci-dessus :

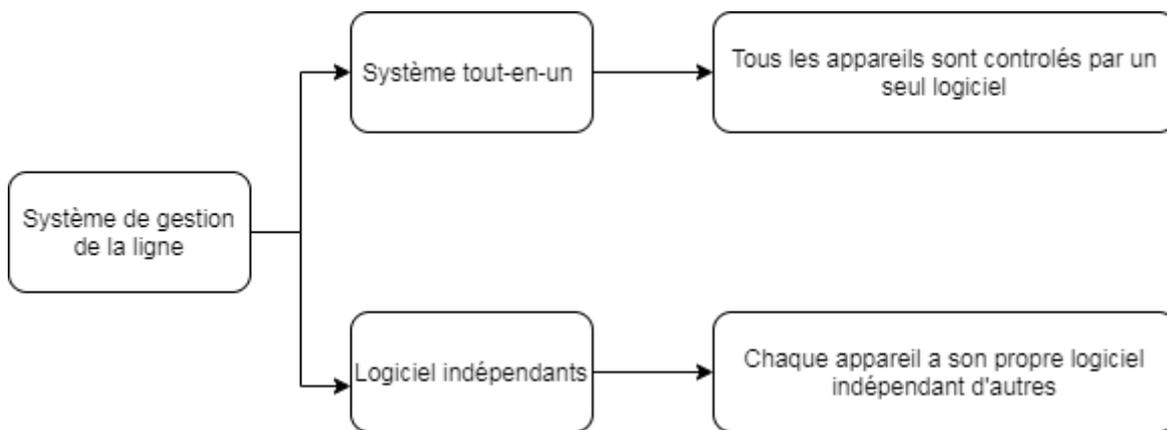


Illustration 4.2: Types des systèmes de gestion de ligne

Les informations de production se composent généralement du numéro de lot, de la date de production, de la date d'expiration et des numéros de série. De nos jours, de nombreuses machines de marquage offrent une fonctionnalité de génération de numéros de série, ce qui signifie qu'elles peuvent générer des numéros de série et vérifier à chaque fois s'ils sont uniques ou non selon les générations précédentes et une fonction de réinitialisation à la fin afin que la machine ait la capacité de réutiliser ces numéros dans une autre production.

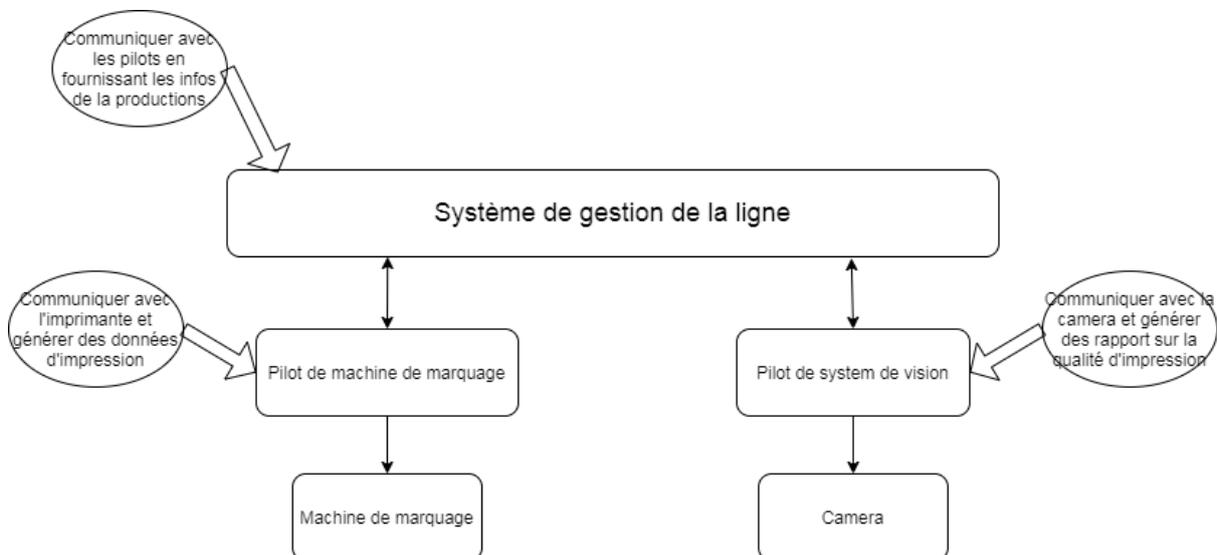
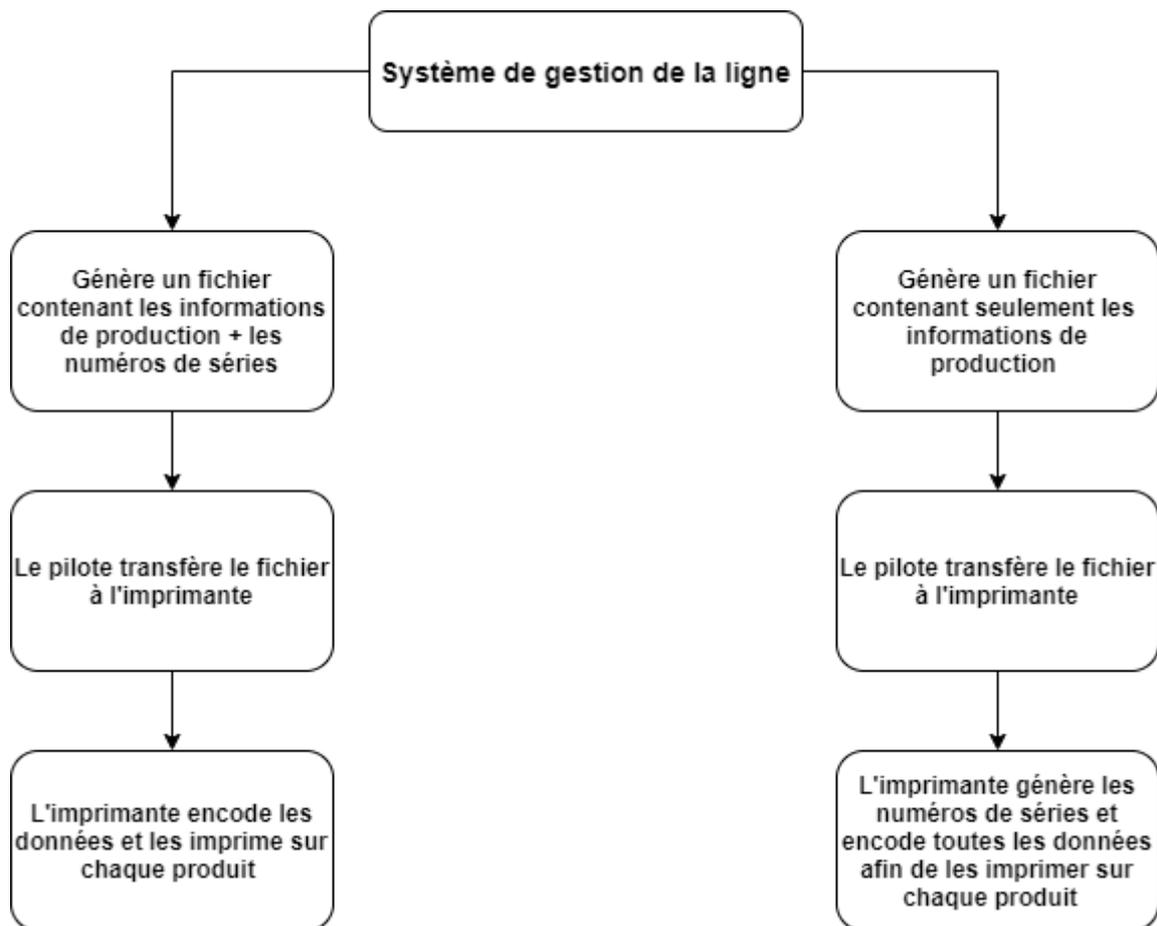


Illustration 4.3: Système de gestion de la ligne avec des pilotes indépendants

Selon cela, le développement du système de sérialisation peut se faire de deux manières différentes, soit le système de gestion de ligne est responsable de la génération et du transfert des numéros de série au pilote de la machine de marquage, soit la machine de marquage est responsable de la génération de Numéros de série.

La figure 4.4 illustre le processus selon les deux options précédentes.



*Illustration 4.4: Processus de marquage selon le type de système de gestion de la ligne*

Une fois le marquage des codes paramétré sur chaque produit, le système de vision doit vérifier la qualité d'impression selon la norme iso 15416 mentionnée précédemment. Étant donné que le marquage a deux options, le contrôle qualité doit donc être adapté aux deux options, que les numéros de série soient générés par le système de gestion de ligne ou par la machine de marquage. La figure 4.6 reprend le processus qualité.

Après l'introduction des différentes fonctionnalités pouvant être au niveau ligne (Niveaux 1 et 2), l'intégration du troisième niveau doit être paramétrée afin de s'interfacer avec l'ERP.

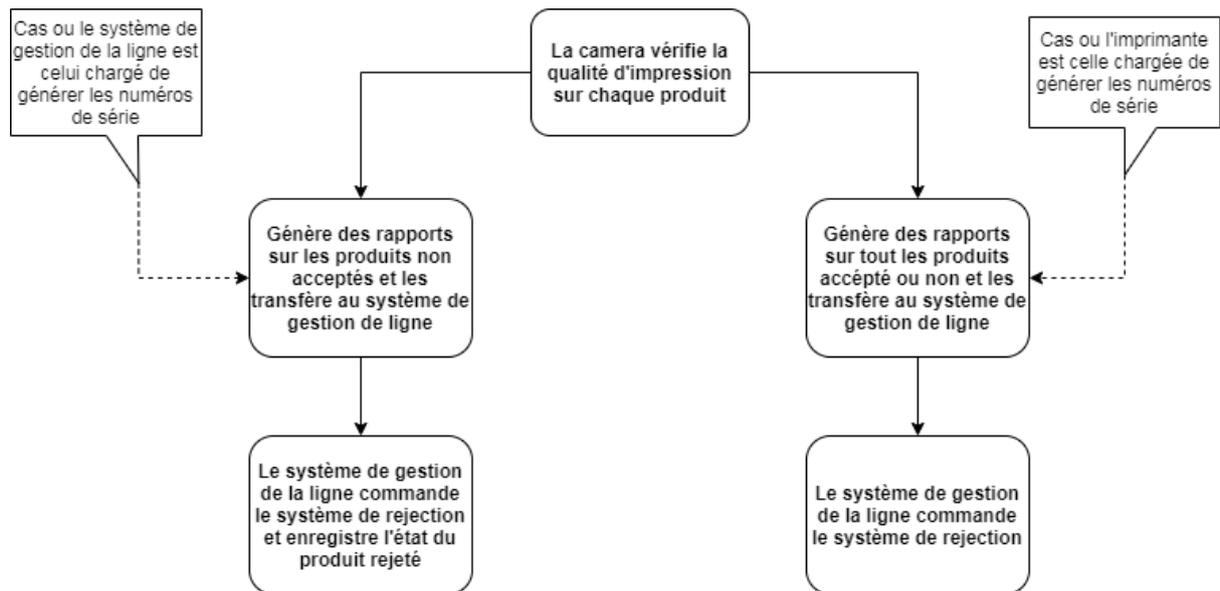


Illustration 4.5: Processus de vérification de marquage

L'ERP de Biopharm est un Adonix Sage X3, il n'a pas de service web, il est sur une base de données Oracle, donc pour établir une communication avec lui, des fichiers plats peuvent suffire, comme des fichiers txt & csv. Adonix génère sur un serveur local un fichier contenant l'ordre de fabrication et ses informations associées, le système de sérialisation, récupère le fichier, traite ses données et le vérifie avec les modèles de la base de données et s'il est validé, l'application l'attribuera à la ligne de fabrication correspondante.

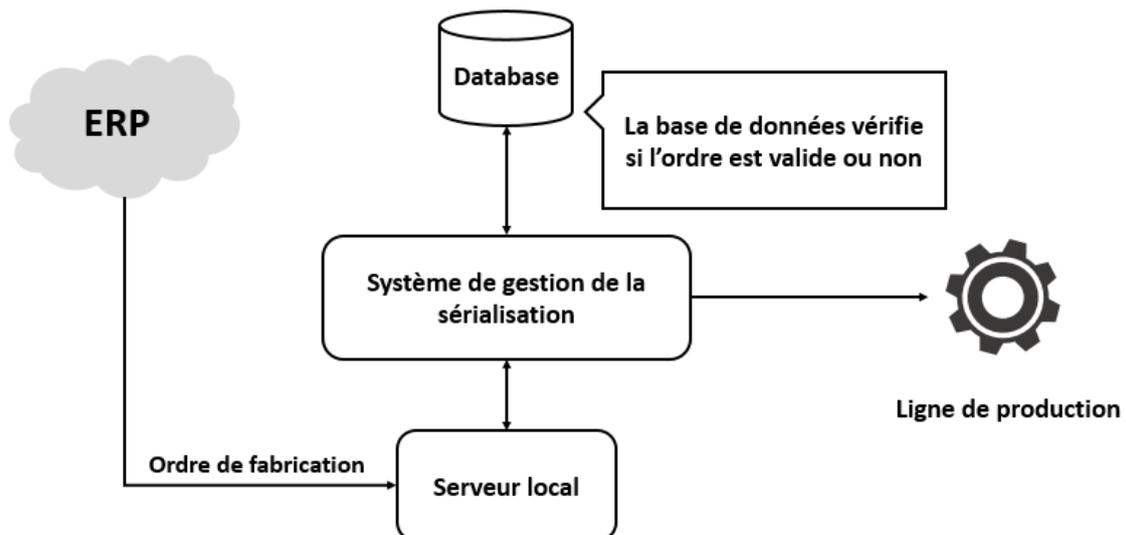


Illustration 4.6: Acquisition de l'ordre de fabrication auprès de l'ERP.

L'ordre de fabrication contient l'identifiant de la commande qui est une identification unique de l'ordre, le numéro de lot, qui est unique pour chaque commande, et l'identifiant du produit qui spécifie

quel produit il va être sérialisé. Si les informations de l'ordre de fabrication sont valides, le système de sérialisation approuvera l'ordre et le transmettra à la ligne de fabrication correspondante.

## 2 Machine de marquage de symbole :

La machine de marquage à jet d'encre TIJ haute vitesse KX1G/2G est l'une des meilleures machines de marquage TIJ au monde. Elle utilise une coque entièrement en alliage d'aluminium pour prendre en charge le niveau de protection IP4 et peut être appliqué dans de nombreux scénarios :

- Écran tactile couleur de 7 pouces grande expérience industrielle meilleure
- Impression de données de trace anti-contrefaçon
- Coutures sans couture réglables par logiciel
- Calculer le coût d'impression en temps réel
- Gestion centralisée à distance du réseau
- Contrôle de la lumière d'alarme de la ligne de production
- Contrôle du clavier et de la souris sans fil
- GS1 DataMatrix
- Vitesse d'impression jusqu'à 406 m/min



*Illustration 4.7: La machine de marquage KX1G*

Matériel professionnel plus fiable :

- Il adopte le processeur hautes performances de qualité industrielle AM3358 de la société American TI et le FPGA opérationnel haute vitesse industriel spartan6 de la société américaine Xilinx.
- Le moteur d'impression utilise un chipset ASIC pour les imprimantes à jet d'encre TIJ de qualité industrielle.

- PCB adopte un processus de fabrication SMT de composants électroniques à semi-conducteurs de qualité industrielle anti-interférence.

**Paramètres techniques :**

*Tableau 4.1 Paramètres techniques de KX1G*

<b>Paramètres de la tête d'impression</b>	
<b>Nom du produit</b>	Machine de marquage à jet d'encre automatique de ligne de production
<b>Modèle</b>	KX1G/KX2G
<b>Volume d'encre</b>	42ML (peut généralement imprimer entre 800 000 et 1 500 000 caractères)
<b>Type d'encre</b>	Aqueux / solvant
<b>Précision d'impression</b>	150DPI - 300DPI - 600dpi
<b>Vitesse d'impression</b>	1-406m/min(MAX) avec 150DPI de resolution
<b>Hauteur d'impression</b>	1 mm - 12,7 mm (tête simple) / 25,4 mm (tête double)
<b>Carte pilote</b>	Tête de moussage thermique TIJ2.5
<b>Imprimer depuis</b>	Meilleure impression de 2 à 5 mm
<b>Contenu à imprimer</b>	Caractère multilingue / dynamique / code bidimensionnel / code à barres / images / numéro de série / date / compteur / base de données dynamique variable / RS232 reçoit l'impression de données en temps réel
<b>Matériel d'impression</b>	Carton / plastique / métal / plaque / tuyau / pierre / câble / composants électroniques / pièces automobiles / emballages chimiques industriels / boîtes cadeaux alimentaires pharmaceutiques.
<b>Couleur d'encre</b>	Noir / blanc / rouge / jaune / bleu / vert / furtif / UV
<b>Paramètres de la machine</b>	
<b>Système d'exploitation</b>	Linux embarqué

<b>Hardware principale</b>	Processeur TI AM3358 de qualité industrielle / puce ASIC dédiée FPGA / TIJ américaine Xilinx Spant6 de qualité industrielle.
<b>Interface de communication</b>	Ethernet / USB / RS232
<b>Interface extèrne</b>	Cellule photoélectrique / Encodeur / Contrôle d'inversion / Sortie d'alarme / Sortie de séquence / Réinitialisation du numéro de séquence externe / Mise à jour du numéro de séquence externe / Sélection des informations d'impression par pulvérisation externe / Connexion de gicleurs 1-2 Installation de gicleurs / Installation de gicleurs séparés / Épissage de gicleurs doubles / Séparation de gicleurs doubles (1,8 m câble de liaison)
<b>Langue d'assistance</b>	Chinois / anglais / arabe / danois / allemand / russe / français
<b>Paramètres de puissance</b>	Entrée AC100-240V 50/60Hz / sortie 12,6V 3A DC
<b>Matériel de la machine</b>	Acier inoxydable standard industriel / alliage d'aluminium.
<b>Spécification de la machine</b>	Machine principale 202 mm*119 mm*61,2 mm / Tête 112 mm*79 mm*103 mm
<b>Environnement de travail</b>	Température 0-45 C° / humidité 30-70% Rh
<b>Attestation</b>	CE/CCC/ISO
<b>Service après-vente</b>	3 ans / En ligne

## Contenu d'impression :

Afin de réussir un marquage, la machine KX1G dispose d'un encodeur datamatrix GS1 intégré, la machine elle-même prend en charge l'encodage des données dans une matrice de données, fournit également deux options pour insérer les données d'impression, la première consiste à saisir les données manuellement dans l'écran du contrôleur où on peut spécifier le numéro GTIN, le numéro de lot, la date de production, les données d'expiration et on laisse le champ du numéro de série vide, dans ce cas la machine générera automatiquement des numéros de série uniques.



*Illustration 4.8: Exemple des GS1 codes imprimés par KX1G*

La deuxième option est la communication à distance, KX1G utilise une connexion matérielle basée sur l'une des interfaces de communication proposées. Si l'hôte distant est un PC, l'utilisation d'USB vers RS232 est recommandée. Pour une transmission et une réception réussies, l'émetteur et le récepteur doivent utiliser les mêmes paramètres de port série (débit en bauds, bits d'arrêt, parité et bits de données). Pour l'insertion de données variables à partir de l'ordinateur hôte, KX1G fournit sa propre API (interface de programmation d'application) pour Windows, l'API établit la connexion entre la machine et l'ordinateur hôte et transfère les données, les données variables doivent être au format csv txt, l'imprimante reçoit les données ligne par ligne et les encode dans la matrice de données correspondante.

### Débit en bauds

Cette option détermine la vitesse des données transférées. Il peut être réglé sur 1200,2400,4800,9600,19200,38400,57200 ou 115200. Plus il est élevé, plus la transmission sera rapide, mais plus la transmission sera également instable.

### Bits d'arrêt

Cette option détermine le nombre de bits d'arrêt utilisés. Il peut être réglé sur 1, 1,5 ou 2.

## Parité

Cette option détermine le type de bit de parité à utiliser. Il peut être défini sur Aucun, Impair ou Pair. Bits de données Cette option affiche le nombre de bits de données utilisés. Il est uniquement à des fins d'affichage et ne peut pas être modifié. Le figure 4.9 décrivent brièvement l'interface API :

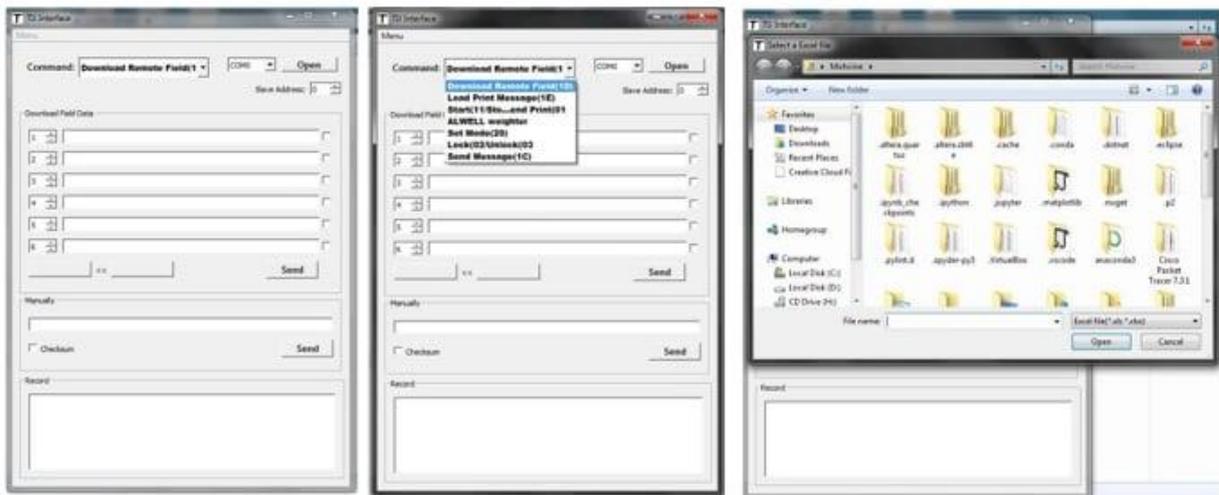


Illustration 4.9: l'interface graphique de l'API de KXIG

## 3 System de vision :

La vérification des codes-barres est le processus d'évaluation de la qualité des codes-barres selon les normes ISO mondialement acceptées. La technologie de vérification des codes-barres Cognex garantit la lisibilité et la conformité des codes-barres 1D et 2D. Aujourd'hui, la plupart des entreprises vérifient les codes un par un à l'aide d'un vérificateur hors ligne basé sur un opérateur qui peut être lent et sujet aux erreurs.

Le vérificateur de codes-barres en ligne de la série DataMan 475V peut évaluer jusqu'à 20 codes par seconde. Une vérification à 100 % et des rapports de qualité à grande vitesse peuvent être effectués directement sur votre ligne de production, évitant ainsi le gaspillage de produits et les rétro facturations coûteuses. Un retour d'information immédiat et des diagnostics visuels intuitifs permettent aux opérateurs d'identifier et de corriger les problèmes d'impression et de contrôle des processus au fur et à mesure qu'ils surviennent. Pour chaque code vérifié, des rapports détaillés peuvent être archivés pour assurer la traçabilité, le contrôle statistique des processus et la conformité.



Illustration 4.10: La caméra DataMan 475V

**Paramètres techniques :**

Tableau 4.2 Paramètres techniques de DataMan 475V

<b>Types d'éclairage</b>	660 nm, 45°, 4 quadrants
<b>Symbologie</b>	1D : UPC/EAN, Code 128, ITF-14, I25, Code 39, Code 93, Codabar 2D : Data Matrix (ECC 200), QR Code, Micro QR Code, PDF417
<b>Champ de vision</b>	80 x 60 mm
<b>Distance de travail</b>	60 mm
<b>Capteur d'image</b>	Sony IMX264LLR 5 MP (2448 x 2048 pixels) CMOS 2/3 pouces, obturateur global 8,8 mm x 6,6 mm (H x V) ; Pixels carrés de 3,45 µm
<b>Communication</b>	Ethernet
<b>Dimensions</b>	185 x 185 x 175 mm
<b>Conformité aux normes de l'industrie</b>	ISO/IEC 15415, ISO/IEC 15416, ISO/IEC TR 29158, ISO/IEC 15426-1, ISO/IEC 15426-2

<b>Normes d'application</b>	GS1, MIL-STD 130 UID, UDI, HIBCC, ISO 15434, Russian Crypto-Code, Custom Application Standards
<b>Codes maximum par seconde</b>	1D: 20 codes/second 2D: 10 codes/second

### **Vérifier sur les lignes à grande vitesse sans sacrifier l'analyse :**

Le DataMan 475V offre plusieurs avantages immédiats en matière d'assurance qualité :

- Définit des alertes lorsque la qualité du code commence à se dégrader.
- Évaluer jusqu'à 20 codes par seconde.
- Exporte les résultats de la vérification vers un automate, une base de données ou un serveur FTP, au format CSV, HTML, PDF ou personnalisé.
- Améliorer le processus avec une analyse détaillée et des informations de diagnostic pour chaque code.

Le logiciel de vérification de codes-barres DataMan 475V fournit des informations de diagnostic visuelles intuitives pour identifier les problèmes de qualité de code ponctuels ou tendance. Il attribue une note globale à un code sur la base de mesures de paramètres de qualité définis par l'ISO. Ces paramètres mesurent plusieurs facteurs qui affectent la capacité d'un lecteur de codes-barres à identifier et à décoder un code, maximisant ainsi le processus de baisse des taux de lecture.

Que ce soit pour des diagnostics en temps réel, l'archivage des résultats pour la traçabilité et la conformité, ou l'agrégation pour l'analyse statistique des processus, le Dataman 475V offre la flexibilité et la richesse des données pour répondre aux besoins d'assurance qualité de code.

En choisissant ces deux composants, le développement du système de gestion de la sérialisation peut avoir beaucoup plus de flexibilité et d'options, le choix du bon chemin dépend principalement des générations de numéros de série, si la machine de marquage est celle qui les génère, alors la caméra de vérification retourner tous les résultats qu'ils soient acceptés ou non, on peut y parvenir en on connecte à la base de données du système de gestion et chaque code sera mentionné s'il est validé ou rejeté. Dans l'autre cas où les numéros de série sont générés par le système de gestion, la caméra de vérification ne retournera que les résultats des refusés, afin qu'ils soient mentionnés dans la base de données.

## 4 Système de gestion de la sérialisation :

L'idée derrière notre application est dérivée du PCE Line Manager Direct de Mettler Toledo et aussi un MES, un logiciel qui se situe entre l'ERP et la ligne de production, sa fonction principale est de guider le processus de sérialisation de haut en bas, c'est-à-dire de l'ERP à la ligne de fabrication.

D'après la figure 2.1, le système ne peut être autre que d'une application de bureau ou d'une application Web. En termes simples, une application de bureau est un programme informatique qui s'exécute localement sur un périphérique informatique, tel qu'un ordinateur de bureau ou un ordinateur portable, contrairement à une application Web, qui est fournie à un périphérique local via Internet à partir d'un serveur distant. Différents environnements utilisateur peuvent avoir un impact sur le fait qu'un ordinateur de bureau ou une application Web soit la meilleure solution pour nos besoins. Afin de décrire le processus de conception et de développement d'un tel système, quelques définitions doivent d'abord être définies pour rendre la vision beaucoup plus claire :

### Section I : Définitions :

#### 1 Le MES, c'est quoi ?

Un logiciel MES (Manufacturing Execution System) est un système informatique dont l'objectif est d'abord de collecter en temps réel les données de production de tout ou partie d'une usine ou d'un atelier. Ces données collectées permettent ensuite de mieux piloter et gérer la production par un suivi de la production, une gestion de la traçabilité, un contrôle de la qualité, une gestion de la maintenance préventive.

En fait, le MES fournit l'information permettant d'optimiser les activités de production du lancement de la commande au produit fini. Il doit se concentrer sur l'information critique des activités de production et la distribuer à l'ensemble de l'entreprise et la Supply Chain, via des communications bidirectionnelles.

#### 2 Différences entre les applications de bureau et Web :

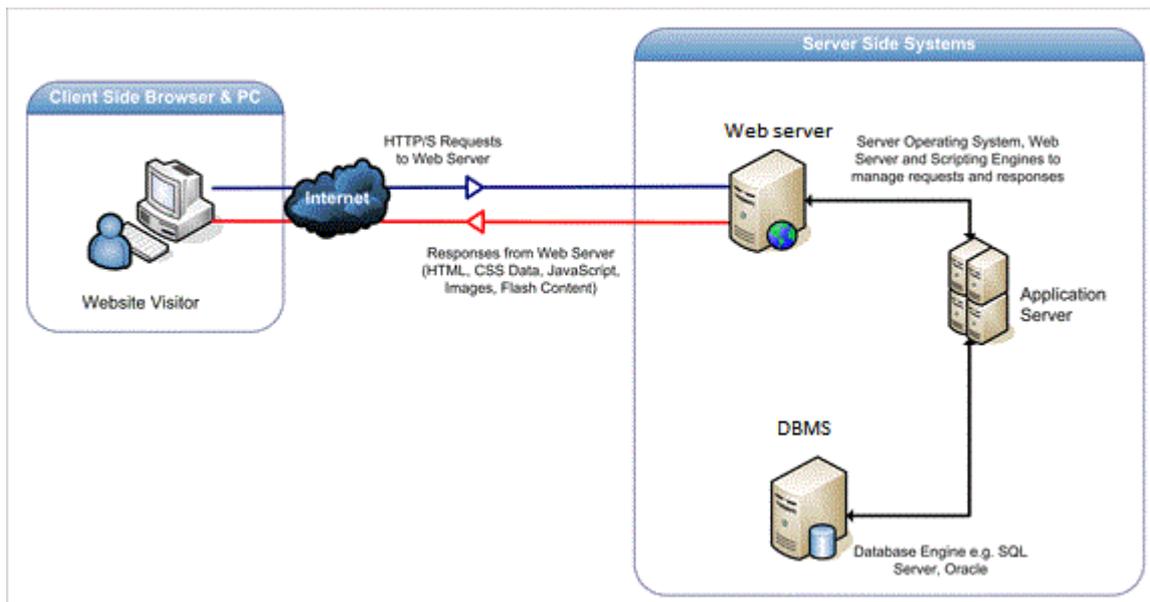
Tableau 4.3 Applications web Vs application desktop

Applications Web	Application de bureau
Le déploiement et la mise à niveau d'une application Web nécessitent un déploiement sur un seul ensemble de machines serveur.	Le déploiement et toute mise à niveau/correctif sont effectués séparément sur des machines clientes individuelles.

Les applications Web sont accessibles de n'importe où, il n'y a donc aucune contrainte d'emplacement.	Les postes de travail étant confinés à une machine autonome, ils ne sont donc accessibles qu'à partir des machines sur lesquelles ils sont déployés.
Les applications Web sont indépendantes de la plate-forme, elles peuvent fonctionner sur différents types de plates-formes avec la seule exigence d'un navigateur Web.	Les applications de bureau doivent être développées séparément pour différentes machines de plate-forme.
Les applications Web présentent des risques de sécurité plus élevés car elles sont intrinsèquement conçues pour augmenter l'accessibilité.	Les applications de bureau, en revanche, ont une meilleure autorisation et les administrateurs ont un meilleur contrôle, donc plus sécurisé.
Les applications Web dépendent fortement de la connectivité Internet pour leur fonctionnement.	Les applications de bureau ne nécessitent pas Internet pour leurs opérations. Certaines applications nécessitent simplement une connectivité Internet au moment des mises à jour.

## 2.1 Différence entre web serveur et serveur d'application :

Cette application ne peut pas être simplement un serveur Web car, puisqu'il n'est pas conçu uniquement pour le contenu HTTP, et que la plupart des serveurs d'applications intègrent un serveur Web, cela signifie qu'App Server peut faire tout ce dont le serveur Web est capable. De plus, App Server possède des composants et des fonctionnalités pour prendre en charge les services au niveau de l'application tels que le pool de connexions, le pool d'objets, la prise en charge des transactions, les services de messagerie, etc. La plupart des environnements de production ont un serveur Web agissant comme proxy inverse vers le serveur d'applications. Cela signifie que lors du traitement d'une demande de page, les contenus statiques (tels que les images/le HTML statique) sont servis par le serveur Web qui interprète la demande. En utilisant une sorte de technique de filtrage (principalement l'extension de la ressource demandée), le serveur Web identifie la demande de contenu dynamique et la transmet de manière transparente au serveur d'applications.



*Illustration 4.11: Schématisation d'une application web.*

### 3 Développement front-end :

Le front-end est une combinaison de deux éléments différents : la conception graphique (le look) et l'interface utilisateur (la sensation). Chacun d'eux est créé indépendamment, la plupart du travail technique étant effectué dans l'interface utilisateur à l'aide de langages Web tels que HTML, CSS et JavaScript.

**HTML** - Hyper Text Markup Language est, comme son nom l'indique, un langage de balisage utilisé pour présenter les données sur le Web. Un langage de balisage est un langage utilisé pour mettre en évidence le texte de base et lui fournir une structure. Ici, le balisage est utilisé pour spécifier l'hypertexte, c'est-à-dire le texte qui est un lien vers une autre ressource telle qu'une page ou un document. Ainsi, pour convertir un document texte en HTML, il est nécessaire de le marquer avec les balises appropriées pour spécifier sa structure.

**CSS** - Les feuilles de style en cascade sont, comme leur nom l'indique, des feuilles de style qui donnent un style à la structure HTML déjà structurée. Ils sont appelés en cascade car les styles spécifiés peuvent être hérités et remplacés en fonction de la structure du document HTML.

**JS - JavaScript** est un langage de script utilisé pour manipuler à la fois HTML et CSS à l'aide de conditions et d'événements. Considérer que HTML est le corps humain, CSS est le vêtement et JS est un ensemble de fonctions basé sur des événements ou une macro qui spécifie les changements dans le HTML et le CSS de temps en temps.

**Bootstrap** est un framework CSS gratuit et open source destiné au développement Web frontal réactif et mobile. Il contient des modèles de conception CSS et (éventuellement) JavaScript pour la typographie, les formulaires, les boutons, la navigation et d'autres composants d'interface.

**Chart.js** est une bibliothèque JavaScript open source gratuite pour la visualisation de données, qui prend en charge 8 types de graphiques : barre, ligne, zone, tarte (beignet), bulle, radar, polaire et nuage de points, il est rendu dans un canevas HTML5 et est largement couvert comme l'une des meilleures bibliothèques de visualisation de données.

#### **4 Développement back-end :**

Le développement backend est le processus de développement d'une base de données qui contient toutes les informations nécessaires, une interface de programmation d'application (API) qui communique les demandes des utilisateurs avec la base de données et les sorties vers le front comme dicté par la demande de l'utilisateur.

Certains des langages les plus populaires utilisés pour le développement back-end sont Ruby, Python (y compris Django Framework / Flask Framework), SQL, PHP et Java. Chacun a ses avantages et ses inconvénients, et lequel choisir dépendra en fin de compte des besoins spécifiques.

##### **4.1 Django Framework :**

Django est un Framework Web MVT utilisé pour créer des applications Web. Il se définit comme un Framework Web 'batteries incluses', avec une robustesse et une simplicité pour aider les développeurs Web à écrire un code propre, efficace et puissant. Il fait partie des Framework Web les plus célèbres au monde et c'est également l'un des Framework les plus utilisés. Il est utilisé par Instagram, YouTube, Google et même la NASA pour leur site Web.

##### **4.1.1 La structure de Django :**

Django suit une architecture MVT qui signifie Model-View-Template. MVT est une variante Django de la célèbre structure MVC, c'est pourquoi on aura l'impression que c'est assez similaire au fonctionnement des autres Framework. Lorsque le serveur Django reçoit une requête, le routeur d'URL mappe la requête vers la vue appropriée. La vue récupère ensuite les données à travers les modèles, remplit le modèle et le renvoie à l'utilisateur.

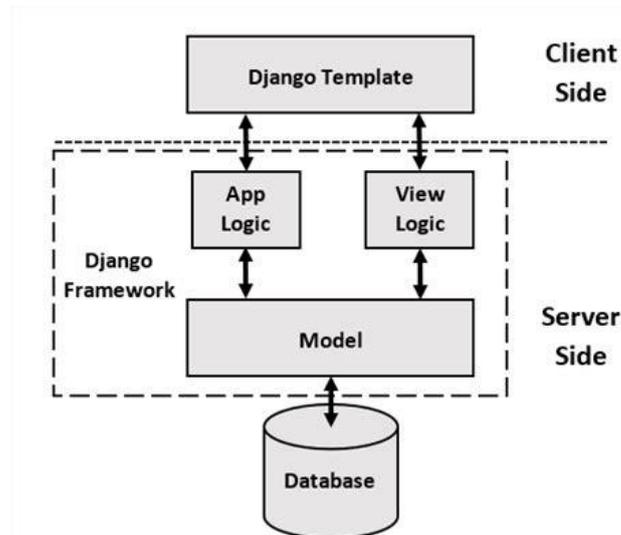


Illustration 4.12: L'architecture MVT

#### 4.1.2 Les modèles de Django :

Le modèle de Django utilise une puissante couche ORM qui simplifie le traitement de la base de données et des données et accélère le processus de développement.

Sans Object-Relational-Mapping, les développeurs devraient créer les tables eux-mêmes et définir les requêtes ou les procédures, ce qui se traduit parfois par une importante quantité de SQL susceptible d'être complexe et difficile à suivre.

La couche ORM permet d'écrire toutes les définitions de table en code python simple, et elle s'occupe de les traduire dans le langage de requête approprié choisi, et elle facilite également les opérations CRUD.

Django prend en charge de nombreux systèmes de bases de données. SQLite est vraiment bon pour les tests et le développement car il peut être utilisé dès la sortie de la boîte sans avoir à installer d'autres logiciels. Pour la production, on peut opter pour MySQL ou PostgreSQL, et si on recherche une base de données NoSQL, on peut utiliser MongoDB avec Django.

#### 4.1.3 Les principaux avantages de Django :

##### Piles incluses

Django se targue d'être un Framework avec batteries incluses. Cela signifie qu'il est livré avec de nombreux éléments prêts à l'emploi, qui peuvent ou non être utilisés en fonction de l'application. Les batteries Django couvrent un large éventail de sujets, notamment :

- Authentification avec le package auth
- Interface d'administration avec le package d'administration
- Gestion des sessions avec le pack Sessions
- Gestion des messages temporaires ou basés sur une session avec le package Messages

- Générer un plan de site Google XML avec le package Sitemaps
- Fonctionnalités spéciales de Postgres avec le package Postgres
- Accrochage à des « types » de contenu avec le framework de types de contenu.

### Administrateur intégré

L'équipe de Django a été très réfléchie lors de la création du framework et a gardé à l'esprit la satisfaction des utilisateurs et des clients. Il est tout à fait déraisonnable de créer votre propre interface d'administration au niveau du backend juste pour pouvoir gérer vos données avec des opérations CRUD (Create, Read, Update, Delete) de base. C'est pourquoi Django propose une interface d'administration prête à l'emploi, à la fois professionnelle et polyvalente, selon les documents que le développeur peut désormais développer avec la présentation en tête.

## 5 Système de gestion de base de données :

Un SGBD est un logiciel qui interagit avec une base de données. Il facilite plusieurs opérations sur les bases de données qu'il gère. Voici quelques-unes de ces opérations :

- Gestion des accès à une base de données
- Exécution de requêtes SQL
- Ecriture des données dans la base de données
- Mise à jour de la base de données
- Suppression des données de la base de données

Pour travailler sur un SGBD, il est recommandé d'utiliser SQL ou Structured Query Language. Chaque SGBD a un dialecte différent.

SQLite peut être un bon outil pour les tests de développement non pour le produit final pour de nombreuses raisons, la principale étant que la bibliothèque SQLite a une taille d'environ 250 Ko, ce qui peut être vraiment insuffisant pour les besoins du système.

### 5.1 Avantages et inconvénients - SQLite vs MySQL

Les différences essentielles entre les deux options :

Tableau 4.4 Différences entre SQLite Vs MySQL

	SQLite	MySQL
<b>Avantages</b>	- Basé sur des fichiers et facile à configurer et à utiliser	- Facile à utiliser - Fournit de nombreuses fonctionnalités liées à la base de données

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Convient pour le développement et les tests de base</li> <li>- Facilement transportable</li> <li>- Facile à utiliser</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bonnes fonctions de sécurité</li> <li>- Facilement évolutif et convient aux grandes bases de données</li> <li>- Fournit une bonne vitesse et de bonnes performances</li> <li>- Offre une bonne gestion des utilisateurs et de multiples contrôles d'accès</li> </ul>
<b>Inconvénients</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manque de fonctionnalités de gestion des utilisateurs et de sécurité</li> <li>- Pas facilement évolutif</li> <li>- Ne convient pas aux grandes bases de données</li> <li>- Ne peut pas être personnalisé</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nécessite une certaine expertise technique pour la configuration</li> <li>- Syntaxe légèrement différente par rapport au SQL conventionnel</li> </ul>

## 6 Environnement virtuel Python :

Python, comme la plupart des autres langages de programmation modernes, a sa propre façon unique de télécharger, de stocker et de résoudre les packages (ou modules). Bien que cela ait ses avantages, certaines décisions intéressantes ont été prises concernant le stockage et la résolution des packages, ce qui a entraîné certains problèmes, en particulier avec la manière et l'emplacement de stockage des packages.

L'objectif principal des environnements virtuels Python est de créer un environnement isolé pour les projets Python. Cela signifie que chaque projet peut avoir ses propres dépendances, quelles que soient les dépendances de chaque autre projet.

### Section II : Conception du système :

#### 1 Création de modèle de données :

La première tâche que l'application doit accomplir est d'obtenir l'ordre de fabrication de l'ERP et de vérifier s'il est validé.

L'application vérifiera la base de données ordre par ordre et lot par lot pour faire assurer que les informations envoyées par l'ERP sont valides, au cas où elles ne le seraient pas, le message d'erreur

devrait apparaître. Dans l'autre cas (Validation réussie) l'ordre sera enregistré dans la base de données et affecté à la ligne de fabrication correspondante selon les informations envoyées par l'ERP précédemment.

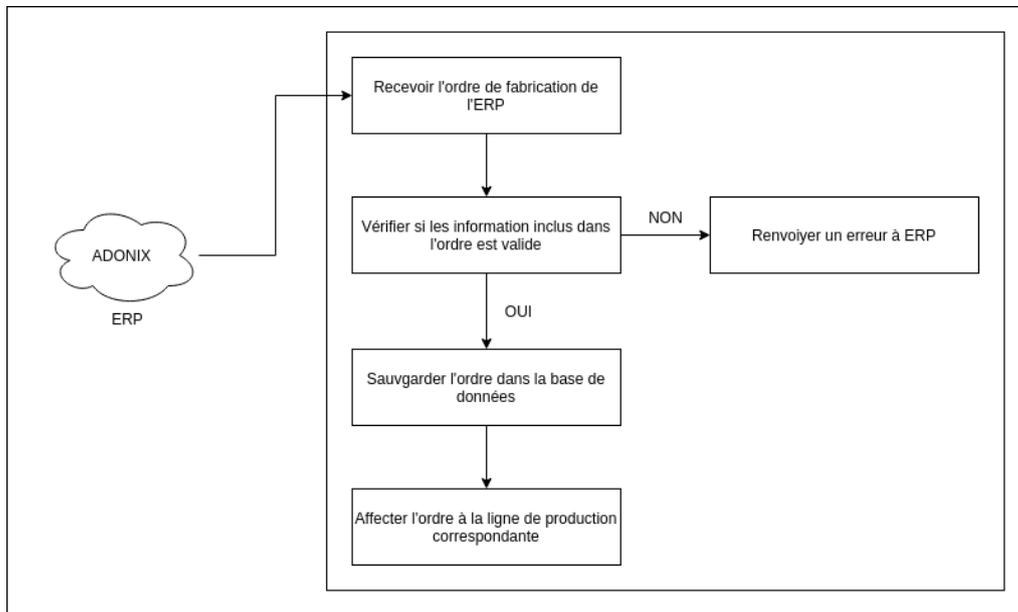


Illustration 4.13: Diagramme de cas d'utilisation d'obtenir l'ordre de fabrication de l'ERP

Les données transférées par l'ERP doivent contenir toutes les informations relatives à cet ordre de fabrication, afin d'éviter tout conflit dans la base de données & entre les commandes, une normalisation doit être effectuée. Dans la base de données, une table d'ordres doit être créée en fonction des informations nécessaires que chaque ordre de fabrication doit avoir, telles que l'identifiant de l'ordre, le numéro de lot, le code produit ...etc. l'illustration suivante explique :

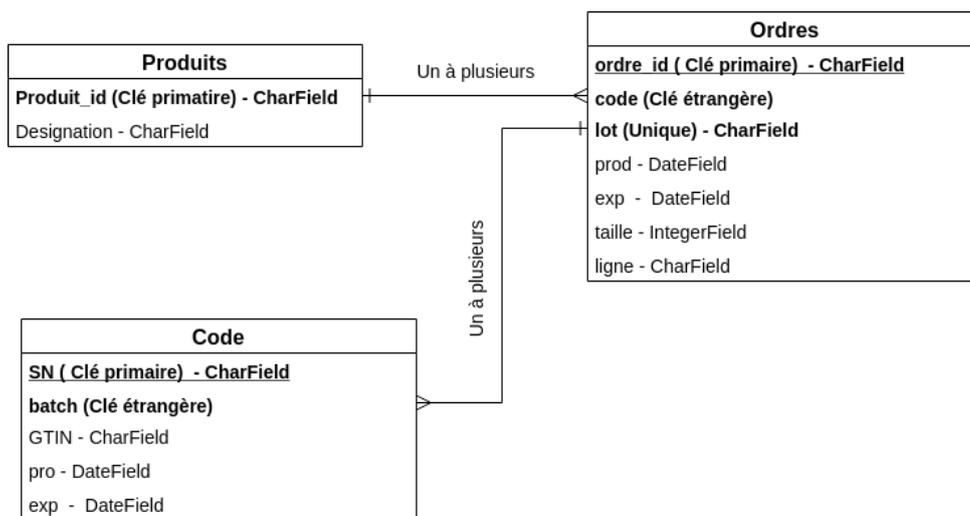


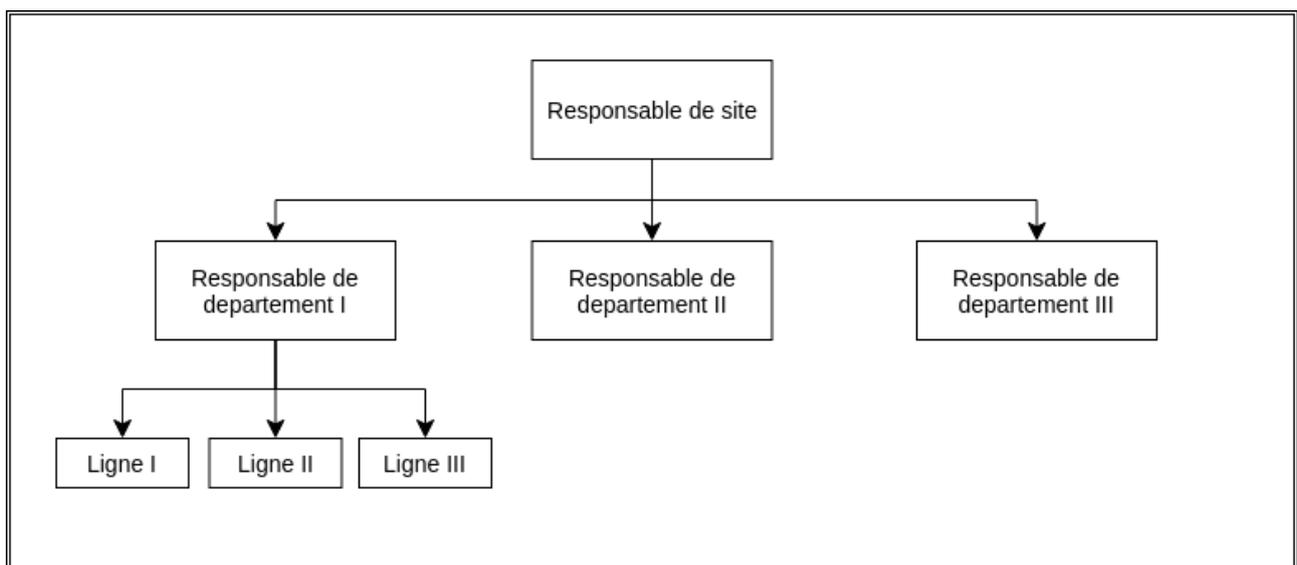
Illustration 4.14: Diagramme de relation d'entité des modèles de données

Ces trois tableaux illustrent les bases de la technologie traçabilité, chaque code (code GS1) est lié à un ordre de fabrication via une clé étrangère « numéro de lot », chaque numéro de lot est conçu

pour une seule commande, et chaque commande est effectuée pour un seul produit, donc avoir le code guidera facilement vers toutes les informations nécessaires de ce produit particulier.

### 1.1 Stratégies de mise en œuvre de plusieurs types d'utilisateurs :

Pour que le processus de sérialisation reste organisé il vaut mieux que chaque ligne de fabrication, chaque département ne soit notifié que par les commandes qui lui sont affectées, il est plus facile d'établir une hiérarchie en fonction de la même hiérarchie du site de production, le graphe suivant illustrera la hiérarchie de manière simple :



*Illustration 4.15: Hiérarchie d'utilisateurs du système*

Afin d'atteindre une telle hiérarchie, le moyen le plus simple est de créer plusieurs types d'utilisateurs et de groupes, chaque type ayant ses propres autorisations et permissions. Ainsi le responsable du site pourra interagir avec tout dans le site et vérifier l'état de chaque ligne, mais le chef de service sera responsable de ses lignes liées uniquement ... etc.

La mise en œuvre de plusieurs types d'utilisateurs dépend des exigences de l'application. Ci-dessous, quelques questions doivent être posées :

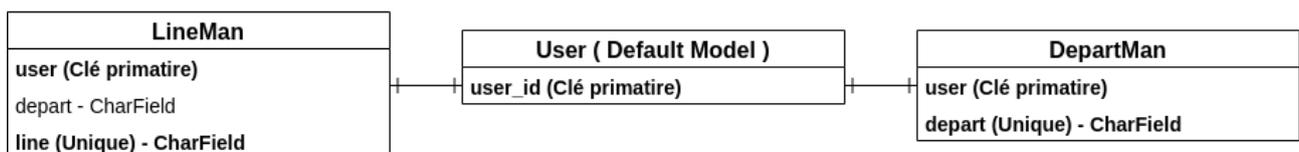
- Combien d'informations spécifiques à chaque type d'utilisateur doit maintenir ?
- L'utilisateur est-il à la fois responsable de ligne et responsable de département ?
- Combien de types d'utilisateurs différents l'application devra-t-elle gérer ?

Un cas très courant est d'avoir un utilisateur régulier et un utilisateur admin. Dans ce cas, on peut utiliser l'indicateur `is_staff` intégré pour différencier les utilisateurs normaux des utilisateurs administrateurs. En fait, le modèle `User` intégré a deux champs similaires, `is_staff` et `is_superuser`. Ces indicateurs sont utilisés dans l'application Django Admin, l'indicateur `is_staff` indique si

l'utilisateur peut se connecter aux pages d'administration Django. Désormais, ce que cet utilisateur peut ou ne peut pas faire est défini par le cadre des autorisations (où on peut ajouter des autorisations spécifiques à un utilisateur donné, par exemple, peut créer/mettre à jour des utilisateurs mais ne peut pas supprimer des utilisateurs). L'indicateur `is_superuser` est un indicateur supplémentaire pour attribuer toutes les autorisations sans avoir à en ajouter une par une. Donc ici comme on peut le voir, les permissions sont gérées à deux niveaux différents.

Si on doit conserver des informations supplémentaires relatives aux utilisateurs, on doit demander si ces informations particulières sont pertinentes pour tous les utilisateurs ou si elles ne concernent que certains types d'utilisateurs. Par exemple, un 'numéro de ligne' peut n'être pertinent que pour les utilisateurs de 'ligne'. Dans de tels cas, il vaut mieux ajouter un modèle de profil via une relation un-à-un. Maintenant, si les informations supplémentaires sont pertinentes pour tous les utilisateurs (par exemple, une image d'avatar), la meilleure chose à faire est d'ajouter un champ supplémentaire directement au modèle `User`. La figure 4.17 illustre l'organigramme de la stratégie.

Dans notre cas, il existe trois types d'utilisateurs, un responsable de site avec peut être un super utilisateur ou un membre du personnel dans ce cas le modèle d'utilisateur par défaut de django s'en chargera, donc seuls le chef de service et le responsable hiérarchique seront ceux qui seront Concernant la mise en œuvre, l'utilisation des indicateurs booléens pour différencier les utilisateurs sera la solution optimale.



*Illustration 4.16: Diagramme de relation d'entité des multiples types d'utilisateurs*

Le script de création des modèles de données en annexe 1.

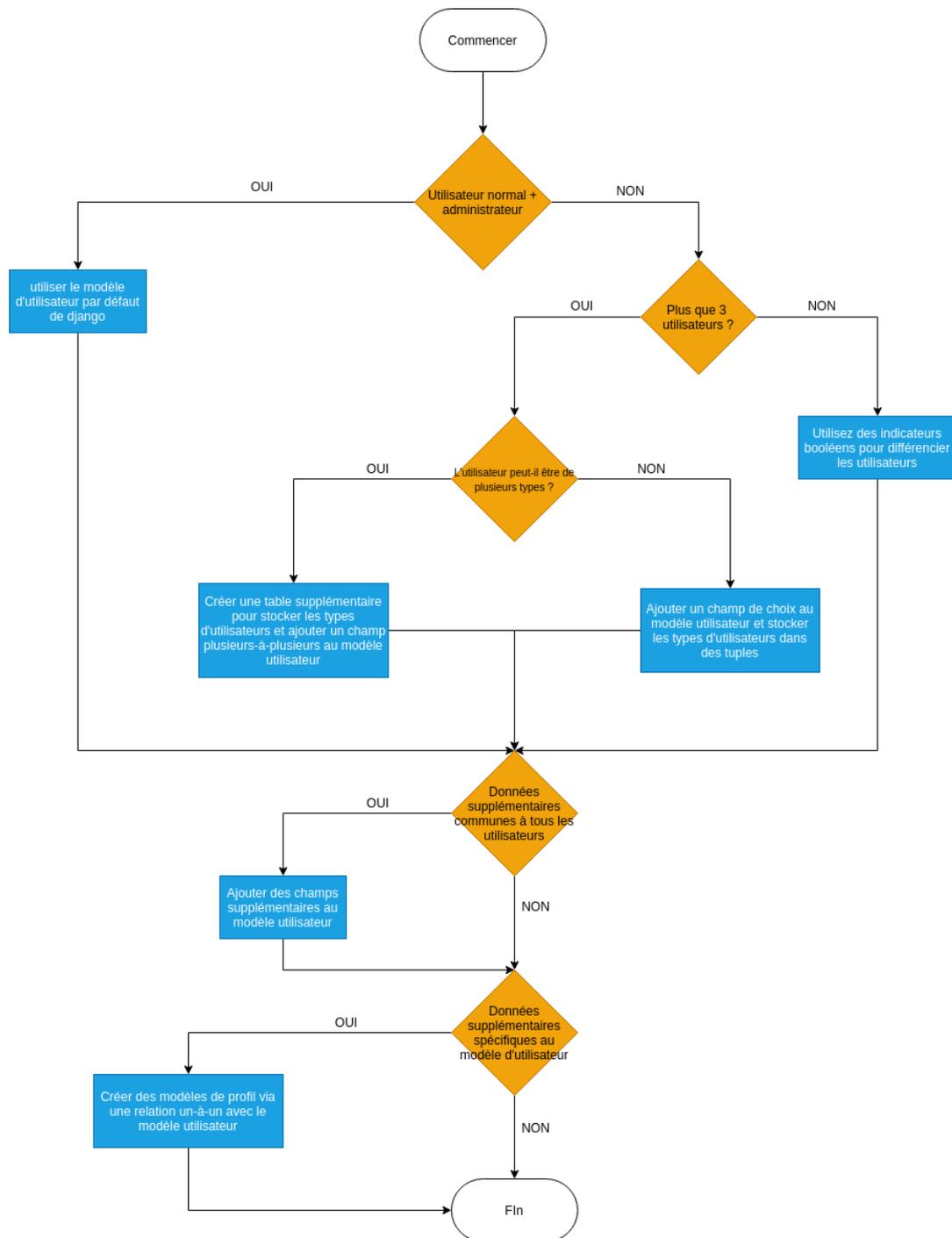


Illustration 4.17: Organigramme de la stratégie d'implémentation de plusieurs types d'utilisateurs

## 1.2 Intégration des modèles dans l'interface d'administrateur :

Étant donné que Django a sa propre interface d'administration au niveau du backend pour pouvoir gérer les données avec des opérations CRUD de base, l'affichage des modèles de données dans l'interface d'administration doit être le premier pour s'assurer que les données sont correctement créées et gérées, mais avant de pouvoir accéder au panneau d'administration de django, on doit d'abord créer un utilisateur administrateur, cela peut être réalisé par une simple commande dans l'invite de django :

python manage.py createsuperuser.

L'invite demandera de saisir les informations de base de l'utilisateur (nom d'utilisateur et mot de passe) afin qu'elles soient enregistrées dans le modèle de données utilisateur. Après la création de l'utilisateur 'superuser', on accède au django en rootant l'url "*admin/*", la vue de connexion suivante apparaîtra, après le processus d'authentification en utilisant les informations de compte de superutilisateur créées auparavant. On accède à l'interface d'administration où on peut vérifier les modèles de données mis en œuvre.

Sur la figure 4.18 on peut voir l'interface d'administration et comment sont listés les modèles de données, produits, ordres, utilisateurs, tandis que la figure 4.19 montre les données détaillées du modèle de commandes (par exemple)

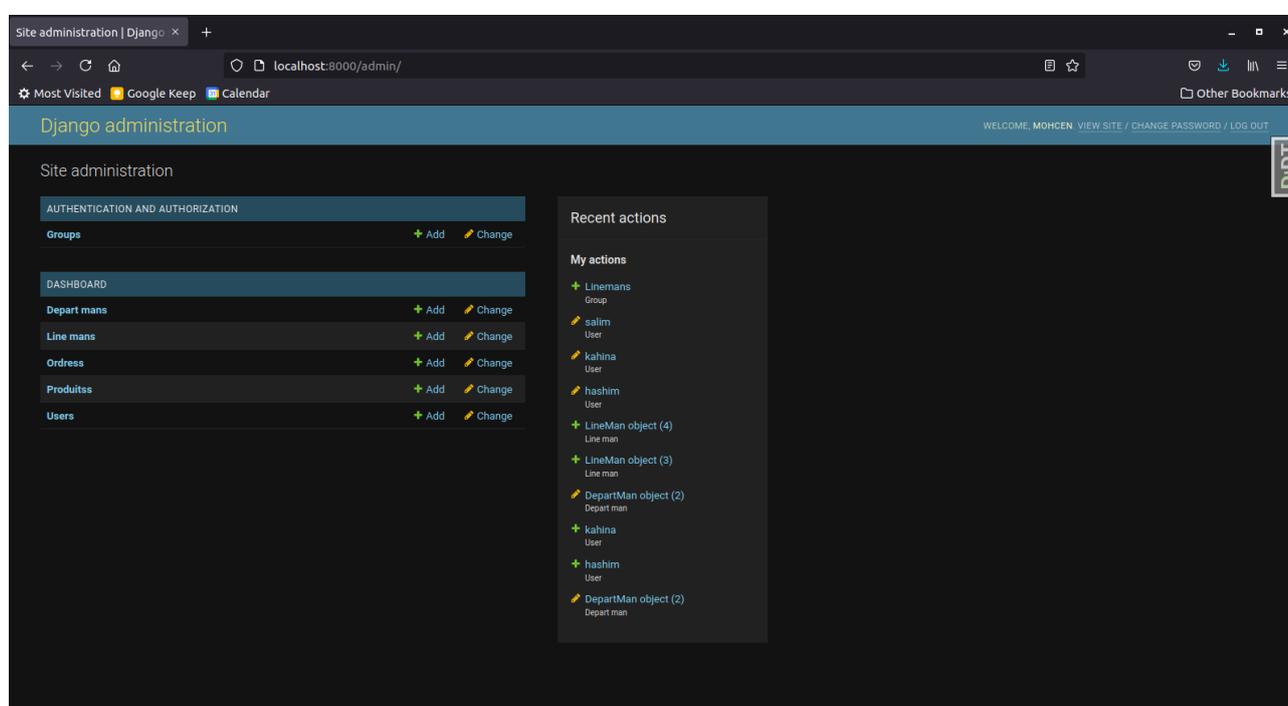


Illustration 4.18: L'interface d'administrateur du Django

ORDRID	LOT	CODE	PROD	EXPI	TAILL	LIGNE
OF0016/21	1290DSSFNS	AP162	Jan. 1, 2021	Jan. 1, 2024	1000	Creme et gel
OF0015/21	1204JC923C	CD250	Jan. 5, 2021	Jan. 5, 2024	10992	Pilulier
OF0014/21	C92CJ39C19	IB020	Jan. 5, 2021	Jan. 5, 2024	50992	BEC 300
OF0013/21	DSKLCN2494	ZY163	Jan. 5, 2021	Jan. 5, 2024	39104	BEC 300(2)
OF0012/21	FKSNC942N	IB020	Jan. 4, 2021	Jan. 4, 2024	12931	BEC 300
OF0011/21	032JC94NCQ	MX248	Jan. 4, 2021	Jan. 4, 2024	19391	BEC 300(2)
OF0010/21	FDS49C3239	EG244	Jan. 4, 2021	Jan. 4, 2024	32939	Suppo I
OF0009/21	D942F923CK	DP005	Jan. 3, 2021	Jan. 3, 2024	19392	Suppo II
OF0008/21	SKJNS4930V	CB090	Jan. 3, 2021	Jan. 3, 2024	39492	Creme et gel
OF0007/21	FDKNC0429I	CD250	Jan. 3, 2021	Jan. 3, 2024	39139	Pilulier
OF0006/21	NFD94NC925	MZ306	Jan. 2, 2021	Jan. 2, 2024	12941	BEC 300(2)
OF0005/21	FDJ492NKC	AG129	Jan. 2, 2021	Jan. 2, 2024	30123	Creme et gel
OF0004/21	DSK49CN193	BF146	Jan. 2, 2021	Jan. 2, 2024	1234	BEC 300
OF0003/21	FD2NC93213	BF001	Jan. 1, 2021	Jan. 1, 2024	21423	Suppo I
OF0002/21	12908DSFNS	AP162	Jan. 1, 2021	Jan. 1, 2024	20491	Creme et gel

Illustration 4.19: Tableau des ordres de fabrication tel qu'il apparaît dans l'interface d'administration.

Le script d'intégration des modèles de données est dans l'interface d'administrateur est dans l'annexe 2.

## 2 Création de la logique et des vues :

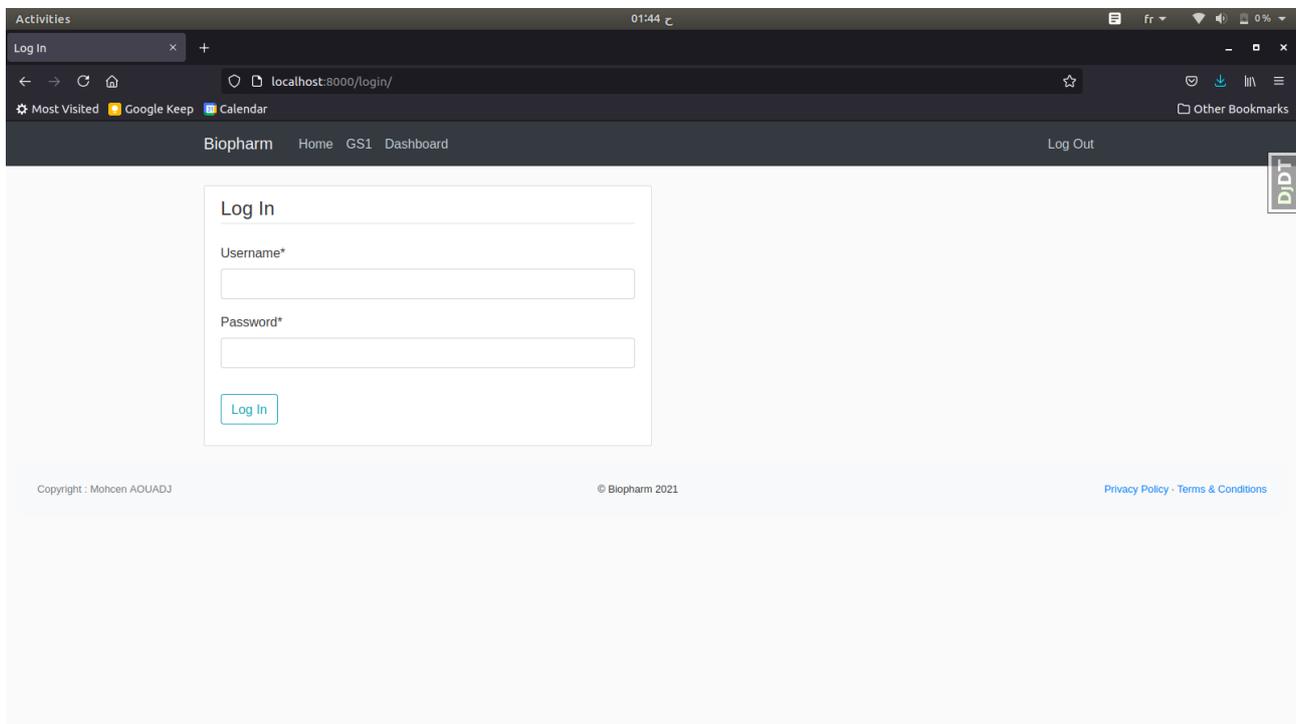
### 2.1 L'inscription des utilisateurs :

L'inscription des utilisateurs se fera par le responsable du site, après la création des modèles d'utilisateurs déférents et son intégration dans l'interface d'administration, le responsable du site pourra utiliser la fonction d'ajout de données intégrée pour ajouter de nouveaux utilisateurs et préciser leurs types. La procédure d'ajout d'un nouvel utilisateur est aussi simple que possible, en ajoutant d'abord un nouvel utilisateur dans le modèle d'utilisateur de base en spécifiant son nom d'utilisateur, son mot de passe et son type d'utilisateur puis en allant au modèle du type d'utilisateur qu'il doit créer l'utilisateur a déjà enregistré là, il suffit d'ajouter le reste des informations (ligne, département).

### 2.2 Authentification des utilisateurs :

Django est livré avec un système d'authentification des utilisateurs, pour l'interface d'administration, le processus d'authentification est déjà intégré et nécessite d'y apporter des modifications, mais pour le reste des utilisateurs qui peuvent accéder à l'interface d'administration, tels que les responsables de lignes et de départements, on va utiliser la bibliothèque Django.contrib.auth qui contient une fonction de connexion entièrement développée qu'il suffit de configurer dans le modèle. Pour le créer, on crée un template de connexion à l'aide du framework HTML et Bootstrap, puis dans le fichier urls python, on lit le modèle avec la fonction de connexion, aussi simple que cela. On doit également ajouter un

message d'échec au modèle au cas où l'utilisateur aurait manqué les informations d'authentification. Pour ce faire, on utilise la bibliothèque `django.contrib.messages`. Le résultat est montré dans la figure suivante :



*Illustration 4.20: Le processus d'authentification*

Le script du template et de l'url est mentionné dans l'annexe 3.

### **2.3 Acquérir l'ordre de fabrication de l'ERP :**

Donner l'ordre pour démarrer la fabrication d'un produit spécifique est une opération sensible et elle doit passer par quelques étapes législatives au sein de l'entreprise avant que la fabrication ne démarre, une fois la commande validée par l'administration, l'ERP et le responsable du site de l'application reçoivent une fiche administrative pour démarrer la production, l'erp génère toutes les informations nécessaires à la commande dans un fichier et mis en place dans le serveur et le responsable de site doit l'acquérir.

Sage Adonix (ERP de Biopharm) est sur une base de données Oracle, il n'a pas de web service, il peut communiquer via des fichiers plats comme des fichiers txt et csv, donc l'application ne sera pas responsable d'en extraire l'ordre de fabrication, L'ERP génère le fichier puis le place dans un emplacement bien défini, l'application doit télécharger le fichier pour cet emplacement puis le traiter, décoder le fichier, le lire ligne par ligne et colonne par colonne, et vérifier chaque donnée à l'aide de la base de données.

Puisque le site responsable est celui qui va s'occuper de cette tâche, la solution la plus simple est de faire une modification dans l'interface d'administration. Comme mentionné précédemment, l'interface d'administration donne à l'utilisateur la possibilité d'ajouter des données dans le modèle manuellement champ par champ, la figure 4.21 en illustre un exemple. La modification devrait donc consister à ajouter des données au modèle en téléchargeant un fichier et une fonction développée s'occupera du reste du processus, la figure 4.22 montre la simple modification effectuée dans l'interface.

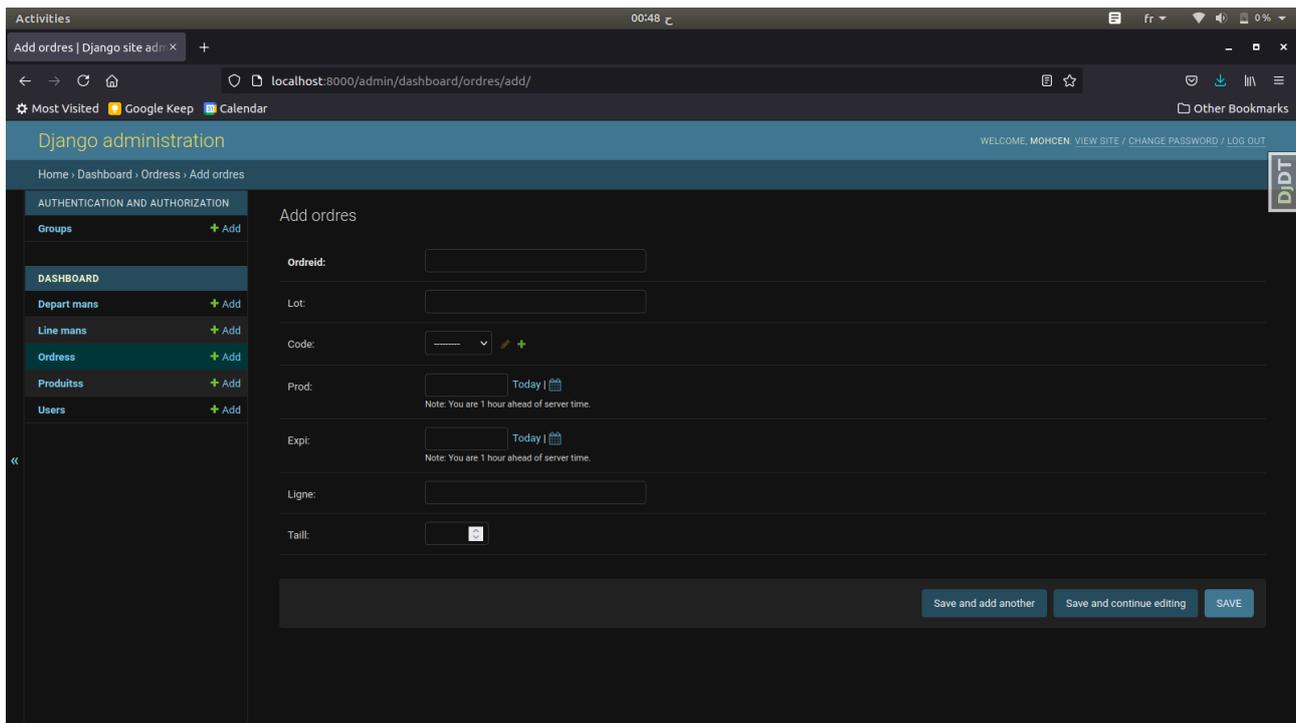
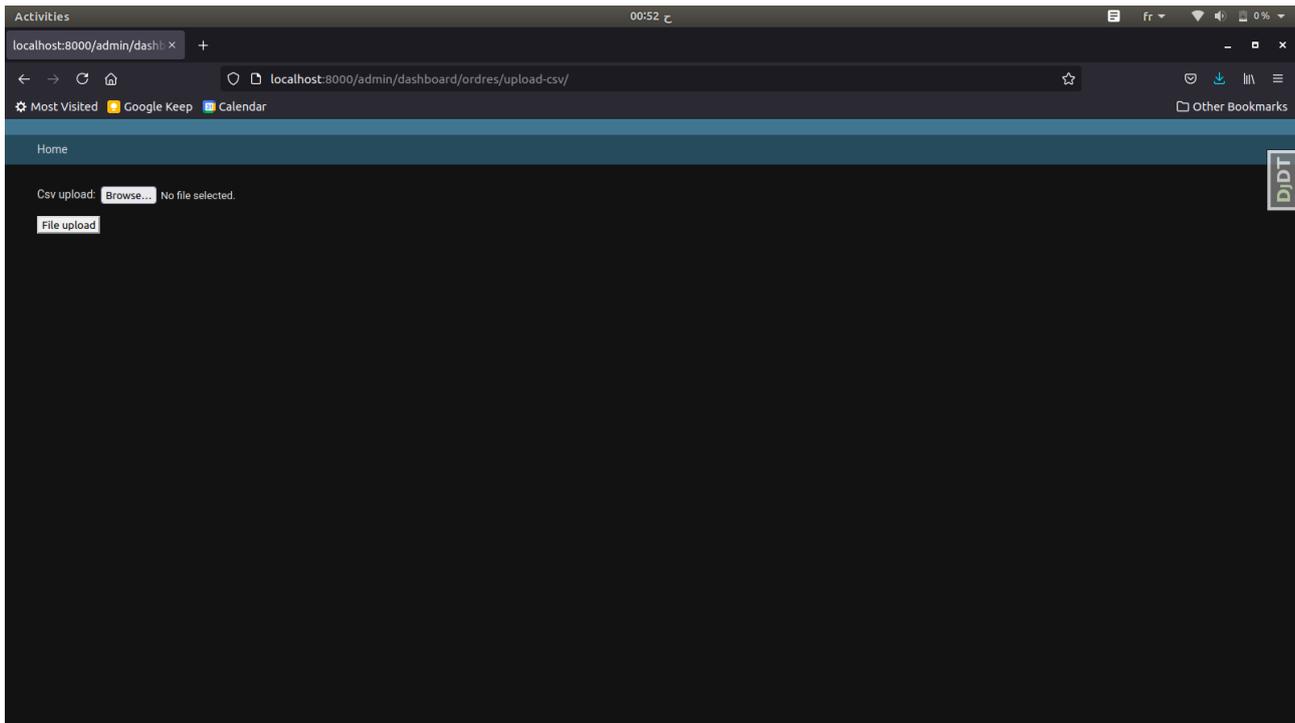


Illustration 4.21: Ajout manuel d'un nouvel ordre de fabrication dans la base de données à l'aide de la fonction d'ajout intégrée de Django.

Si la commande est validée par la base de données, elle apparaîtra dans le tableau des commandes. Le code de la modification apportée ainsi que la fonction de téléchargement et de lecture du fichier csv sont mentionnés en annexes 2 et 3.



*Illustration 4.22: Ajout d'un nouvel ordre de fabrication dans la base de données à l'aide d'un fichier CSV.*

## **2.4 Génération des numéros de séries et les codes GS1 :**

Avant de commencer à générer quoi que ce soit, on doit d'abord créer une vue où l'utilisateur (par exemple le responsable de ligne) peut demander à l'application de générer les codes d'un ordre spécifique. Pour ce faire, on crée simplement un template d'une page où toutes les ordres de fabrication non effectuées apparaîtront ordonnés dans des blocs séparés, chaque bloc contiendra toutes les informations sur l'ordre correspondant, chaque bloc contiendra également un simple bouton qui une fois l'utilisateur appuyer nous dessus, il enverra une demande à la partie backend pour le gérer. Cette requête activera la fonction des codes GS1 pour commencer à les générer.

Les codes GS1 doivent commencer par le mot de passe FNC1 et contiendront essentiellement le code GTIN qui est constant pour l'ensemble du lot, un numéro de lot, une date de production et de péremption qui sera mentionnée dans l'ordre de fabrication du produit spécifié, et enfin le numéro de série. Le numéro de série doit être unique au moins dans chaque lot, pour cela on a créé un algorithme simple à gérer, la procédure de créer les numéros de séries est décrit dans la figure 4.23. Ce processus sera répété n fois (la taille du lot) afin de créer des codes pour tous les articles du lot.

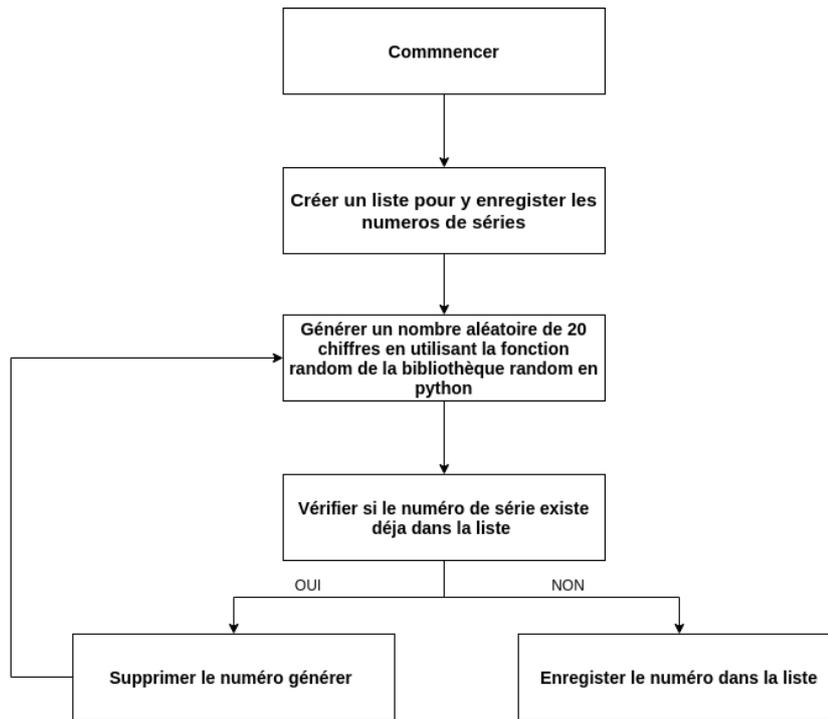


Illustration 4.23: Procédure de génération des numéros de séries uniques

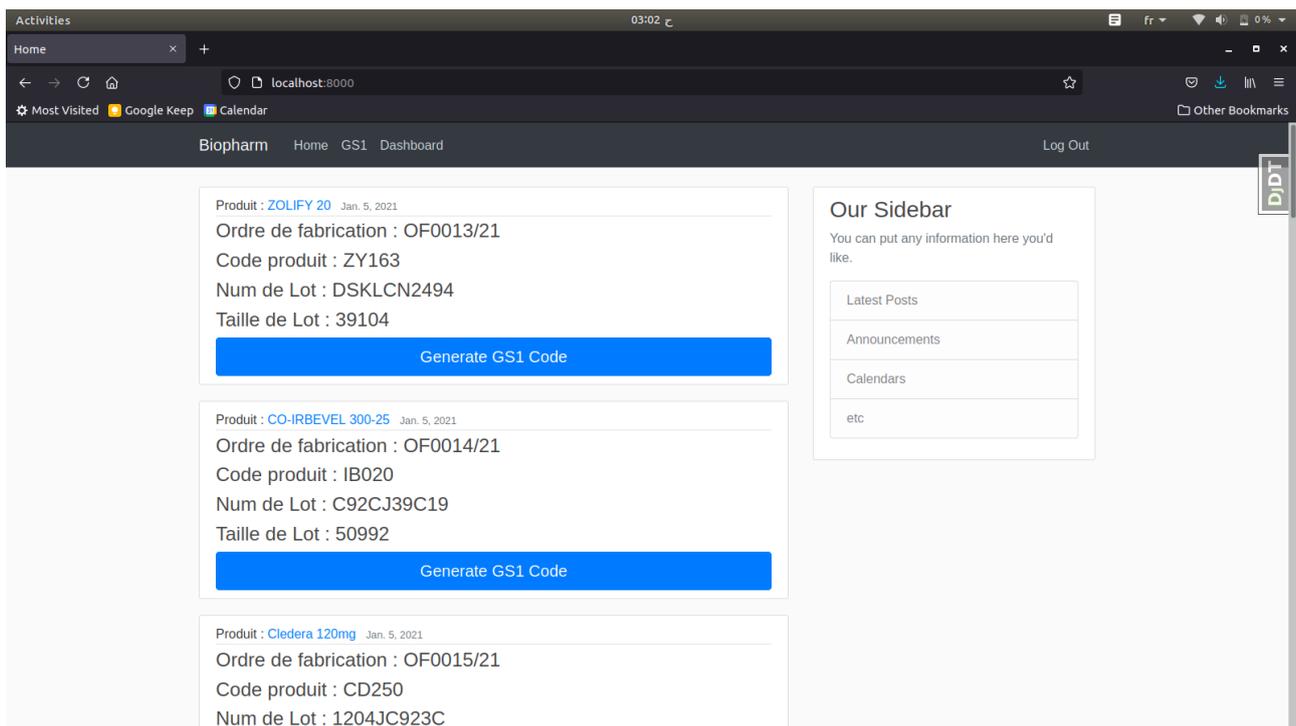


Illustration 4.24: Ordres de fabrication affichés dans des blocs séparés dans la page principale

Après la création des numéros de série, l'application créera une liste de données concaténées qui ont déjà été définies par la demande de l'utilisateur, cette liste sera recréée n lignes égales à la taille du lot, chaque fois qu'elle sera enregistrée en ligne dans un csv qui à la fin sera téléchargé. Un exemple du fichier csv généré est montré dans la figure 4.25.

```

03453120000126,210102,240102,NFD94NC925,37815490703953642930
03453120000126,210102,240102,NFD94NC925,16657699199721199014
03453120000126,210102,240102,NFD94NC925,31497238454018759761
03453120000126,210102,240102,NFD94NC925,23694058878160478559
03453120000126,210102,240102,NFD94NC925,29928865494992230631
03453120000126,210102,240102,NFD94NC925,32507252708126435851
03453120000126,210102,240102,NFD94NC925,91188558274782796565
03453120000126,210102,240102,NFD94NC925,66054661078780313899
03453120000126,210102,240102,NFD94NC925,73762009932653028912
03453120000126,210102,240102,NFD94NC925,30697433235041828437
03453120000126,210102,240102,NFD94NC925,78727358378512119579
03453120000126,210102,240102,NFD94NC925,87220358171345327755

```

Illustration 4.25: Un exemple de données générées dans le fichier csv téléchargé

Le script de la génération des codes ainsi le téléchargement du fichier csv est mentionné dans l'annexe 4.

## 2.5 Intégration de chart.Js :

L'ajout de chartes graphiques peut rendre la gestion du processus de sérialisation beaucoup plus flexible, par exemple l'ajout d'une représentation graphique du nombre de commandes par produits (figure 4.26), ou du nombre de commandes effectuées par ligne de fabrication...etc.

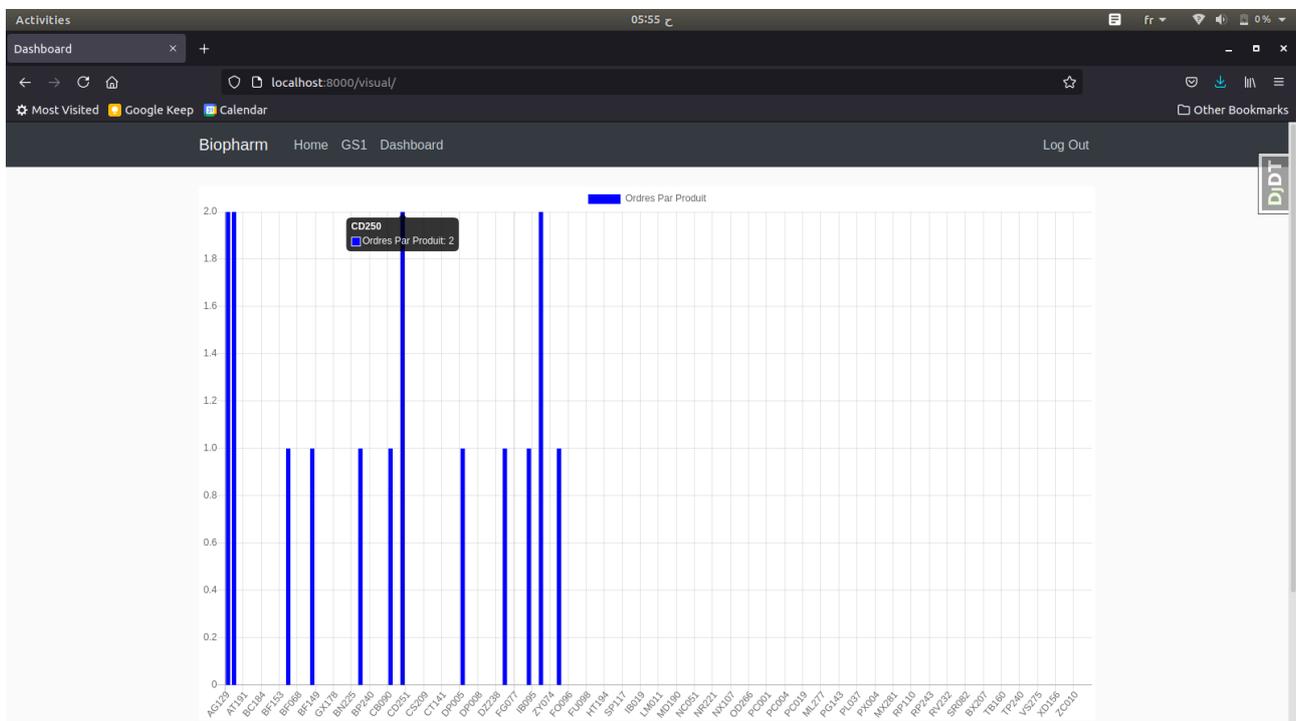


Illustration 4.26: Représentation graphique de nombre d'ordres par produit.

Le script est mentionné dans l'annexe 5.

A ce niveau, le prototype de l'application est configuré et prêt à démarrer les tests avec le matériel choisi déjà. L'application peut gérer données de la base de données en tant que système CRUD, elle peut fournir de nombreux types d'autorisations et permissions et enfin elle génère des codes GS1 unique selon les normes mondiales.

## **Conclusion générale :**

Dans ce travail, je me suis intéressé à l'une des problématiques les plus récentes et les plus critiques de l'industrie pharmaceutique. Mon objectif était de créer un guide compact pour Biopharm afin d'intégrer la technologie de traçabilité. J'ai développé un prototype d'un système de sérialisation basé sur les exigences globales.

Dans ce contexte, j'ai présenté tous les outils nécessaires en général, puis j'ai essayé d'approfondir sans devenir excessif en présentant une approche pratique de développement d'un système de sérialisation.

Enfin, j'ai créé un prototype de système basé sur le développement d'une application web. Même si je n'ai pas terminé les tests, mais en disant avec confiance que mon prototype reste une étape critique dans le développement du système, et la plus grande partie du travail est faite.

## Références :

1. <https://www.biopharmdz.com/>
2. <https://www.leem.org>
3. Les entreprises du médicament en France, Bilan économique, Édition 2018, p 3. In : <https://www.leem.org>.
4. Biopharm, Rapport annuel de gestion 2018.
5. Pharmaceutical Serialization, a Global Effort to Combat Counterfeit Medicines: Georgiana Andreea Pascu, Gabriel Hancu, Aura Rusu.
6. Chiffre cite par Amir Attaran chercheur à l'Université d'Ottawa, et Roger Bate, chercheur à l'American Enterprise Institute. In New York Times, 20 novembre 2012, « Deadly Fake Medicines »
7. Poor-quality antimalarial drugs in southeast Asia and sub-Saharan Africa Gaurvika M L Nayyar, Joel G Breman, Paul N Newton, James Herrington. Lancet Infect Dis 2012; 12: 488–96
8. Liza Gibson, “Drug regulators study global treaty to tackle counterfeit drugs,” British Medical Journal Volume 328, Number 486 February 28, 2004.)
9. Shakoore et al, 1997.
10. <http://www.nafdac.gov.ng/welcome/item/147-nafdac-and-kano-state-government-jointly-destroys-n600m-fake-drugs>
11. Leem, Laboratoire de médicaments, Contrefaçon de médicaments, une atteinte à la santé publique, Juin 2017
12. [https://www.who.int/medicines/regulation/ssffc/mechanism/A69\\_41-en9-28.pdf?ua=1](https://www.who.int/medicines/regulation/ssffc/mechanism/A69_41-en9-28.pdf?ua=1)
13. <https://www.mt.com/us/en/home/library/know-how/product-inspection/PI-Guides/track-and-trace-guide.html>
14. <https://www.gs1.fr/Publications/Publications/Guide-GS1-DataMatrix>
15. Existing technologies and “track and trace” models in use and to be developed by member states, Annexe 69/41 Appendix 2.
16. <https://www.tracelink.com/agile-supply-chain/resources/serialization-where-to-begin>

## Annexe 1

```
from django.db import models
from datetime import date
from django.contrib.auth.models import AbstractUser

# Data Models #

class Produits(models.Model):
    produitid = models.CharField(db_column='Produit_ID',
primary_key=True, max_length=6)
    designation = models.CharField(db_column='Designation', max_length=
50, blank=True, null=True)

    def __str__(self):
        return self.produitid

    def itemcount(self):
        item = Ordres.objects.filter(code = self.produitid)
        return int(item.count())

    class Meta:
        db_table = "produits"

class Ordres(models.Model):
    ordreid = models.CharField(db_column='OrdreID', primary_key=True,
max_length=10)
    lot = models.CharField(db_column='Lot', unique=True,
max_length=20, blank=True, null=True)
    code = models.ForeignKey(Produits, on_delete=models.CASCADE,
db_column='Code', blank=True, null=True)
    prod = models.DateField(auto_now_add= False, auto_now=
False ,db_column='Production' ,blank= True, null=True)
    expi = models.DateField(auto_now_add= False, auto_now= False,
db_column='Expiration',blank= True, null=True)
    ligne = models.CharField(db_column='Ligne', max_length=20,
blank=True, null=True)
    taill = models.PositiveIntegerField(db_column= 'taille',
blank=True, null=True)

    class Meta:
        db_table = "ordres"

    def __str__(self):
        return self.ordreid

    def lot_validation(self):
        qs = Gscodes.objects.filter(batch = self.lot)
        if qs.count() == 0:
            return 1
        else:
            return 0

class Gscodes(models.Model):
    gtin = models.CharField(db_column='GTIN', max_length=14, blank=True,
null=True)
    pro = models.CharField(db_column='Pro', max_length=6, blank=True,
null=True)
```

```

    exp = models.CharField(db_column='Exp', max_length=6, blank=True,
null=True)
    batch = models.ForeignKey('Ordres',to_field='lot',
on_delete=models.CASCADE, db_column='Batch', blank=True, null=True)
    ssn = models.CharField(db_column='SSN', primary_key=True,
max_length=20)

    class Meta:
        db_table = "codes"

# Users Models #

class User(AbstractUser):
    is_departman = models.BooleanField(default=False)
    is_lineman = models.BooleanField(default=False)

    class Meta:
        db_table = "users"

class DepartMan(models.Model):
    user = models.OneToOneField(User,on_delete=models.CASCADE,
primary_key= True)
    depart = models.CharField(db_column='Departement', unique= True,
max_length=20, blank=False, null= False)
    class Meta:
        db_table = "departman"

class LineMan(models.Model):
    user = models.OneToOneField(User,on_delete=models.CASCADE,
primary_key= True)
    depart = models.CharField(db_column='Departement', max_length=20,
blank=True, null= True)
    line = models.CharField(db_column='Line', unique=True, max_length=20,
blank=False, null= False)

    class Meta:
        db_table = "lineman"

    def getlines(self):
        return Ordres.objects.filter(ligne = self.line)

```

## Annexe 2

```
from django.contrib import admin
from django.urls import path
from django.shortcuts import render
from django import forms
from django.contrib.admin.options import ModelAdmin
from .models import Produits, Ordres, User, DepartMan, LineMan
from .forms import UserForm
from django.contrib.auth.admin import UserAdmin
import csv

class ProduitsAdmin(admin.ModelAdmin):

    list_display = ['produitid', 'designation']

admin.site.register(Produits, ProduitsAdmin)

class CsvImportForm(forms.Form):
    csv_upload = forms.FileField()

class OrdresAdmin(admin.ModelAdmin):
    list_display = ['ordreid', 'lot', 'code', 'prod', 'expi', 'taill',
'ligne']

    def get_urls(self):
        urls = super().get_urls()
        new_urls = [path('upload-csv/', self.upload_csv),]
        return new_urls + urls

    def upload_csv(self, request):

        if request.method == "POST":
            csv_file = request.FILES["csv_upload"]
            file_data = csv_file.read().decode('UTF-8')
            csv_data = file_data.split('\n')
            dat = csv.reader(csv_data, delimiter = ",")

            for row in dat:
                print(row)

                item = Ordres(row[0], row[1], row[2], row[3], row[4],
row[5], row[6])
                item.save()

            form = CsvImportForm()
            data = {'form': form}
            return render(request, "admin/csv_upload.html", data)

admin.site.register(Ordres, OrdresAdmin )

class CustomUserAdmin(UserAdmin, admin.ModelAdmin):
    model = User
    add_form = UserForm

    fieldsets = (
```

```

    *UserAdmin.fieldsets,
    (
        'User Role',
        {
            'fields':(
                'is_departmentman',
                'is_lineman',
            )
        }
    )
)
list_display = ['username', 'is_superuser', 'is_departmentman',
'is_lineman']

admin.site.register(User, CustomUserAdmin)

class DepartManAdmin(admin.ModelAdmin):
    list_display = ['user', 'depart']

admin.site.register(DepartMan, DepartManAdmin)

class LineManAdmin(admin.ModelAdmin):
    list_display = ['user', 'depart', 'line']

admin.site.register(LineMan, LineManAdmin)

```

## Annexe 3

### L'url:

```
from django.contrib import admin
from django.conf import settings
from django.contrib.auth import views as auth_views
from django.urls import include, path
from dashboard import views as dash_views

urlpatterns = [
    path('admin/', admin.site.urls),
    path('', include('dashboard.urls')),
    path('linehome/', dash_views.LineHome, name = 'linehome'),
    path('visual/', dash_views.visual, name = 'visual'),
    path('gencode/', dash_views.gencode, name= 'gencode'),
    path('login/',
auth_views.LoginView.as_view(template_name='dashboard/login.html'),
name='login'),
    path('logout/',
auth_views.LogoutView.as_view(template_name='dashboard/logout.html'),
name='logout'),

]

if settings.DEBUG:
    import debug_toolbar
    urlpatterns += path('__debug__/', include(debug_toolbar.urls)),
```

### Template:

```
{% extends 'dashboard/base.html' %}
{% load crispy_forms_tags %}

{% block title %} Log In {% endblock %}

{% block content %}
<main role="main" class="container">
  <div class="content-section col-md-6">
    <form method="POST">
      {% csrf_token %}
      <fieldset class="form-group">
        <legend class="border-bottom mb-4">Log In</legend>
        {{ form|crispy }}
      </fieldset>
      <div class="form-group">
        <button class="btn btn-outline-info" type="submit ">Log
In</button>
      </div>
    </form>
  </div>
</main>
{% endblock %}
```

## Annexe 4

### Génération des données :

```
@login_required
def home(request):

    context = {
        'produits': Produits.objects.all(),
        'ordres' : Ordres.objects.all().order_by('-prod'),
        'codes' : Gscodes.objects.all(),
    }

    return render(request, 'dashboard/home.html', context)

def gencode(request):
    ordre = request.POST.get('ordre', None)
    ordres = Ordres.objects.filter(ordreid = ordre)
    response = HttpResponse(content_type = 'txt/csv')

    def make_serial(count):
        all_chars = string.digits
        chars_count = len(all_chars)
        serial_list = []
        while count > 0:
            random_number = random.randint(0, chars_count - 1)
            random_character = all_chars[random_number]
            serial_list.append(random_character)
            count -= 1
        serial = "".join(serial_list)
        return serial

    def populate(serializers):
        m = make_serial(20)
        if m in serializers or m is None:
            serializers.append(populate(1))
        else:
            serializers.append(m)

    def list_fill(piece):
        serializers = []
        for i in range(0,piece):
            populate(serializers)
        return serializers

    def genGTIN(ComPref, ItemRef):
        assert(len(ComPref)== 11)
        assert(len(ItemRef)==2)
        GTIN = ComPref+ItemRef+str(random.randint(0,9))

        return GTIN

    pro = Ordres.objects.filter(ordreid = ordre).values_list('prod',
flat=True)[0]
    ex = Ordres.objects.filter(ordreid = ordre).values_list('expi',
flat=True)[0]
    siz = Ordres.objects.filter(ordreid = ordre).values_list('taill',
flat=True)[0]
```

```

    lot = str(Ordres.objects.filter(ordreid = ordre).values_list('lot',
flat=True)[0])
    serials = list_fill(siz)
    GTIN = genGTIN("03453120000", "12")

    writer = csv.writer(response)

    for i in range(0, siz):
        ordr = chr(232) + GTIN + "11" + pro.strftime("%y%m%d") + "17" +
ex.strftime("%y%m%d") + "10" +lot + "21" + serials[i]
        writer.writerow([ordr])

    response['Content-Disposition'] = 'attachment; filename =
"ordre.csv"'

    return response

```

### Template:

```

{% extends 'dashboard/base.html' %}

{% block title %} Home {% endblock%}
{% block content %}
<main role="main" class="container">
    <div class="row">
        <div class="col-md-8">
            {% if messages %}
                {% for message in messages %}
                    <div class="alert alert-{{ message.tags }}">
                        {{ message }}
                    </div>
                {% endfor %}
            {% endif %}
            <div class="container-xl">
                {% for ordre in ordres %}
                    {% if ordre.lot_validation == 0 %}

                        {% else %}
                            <article class="content-section">
                                <form action="gencode/"
method="POST">

                                    {% csrf_token %}
                                    <div class="media-body">
                                        <div class="article-
metadata">Produit :

                                            <a class="mr-2"
href="#">{{ordre.code.designation}}</a>

                                            <small class="text-
muted">{{ordre.prod}}</small>

                                                </div>
                                                <h4>Ordre de fabrication : <a
class="article-title" href="#">{{ordre.ordreid}}</a></h4>
                                                <h4>Code produit : <a
class="article-title" href="#">{{ordre.code}}</a></h4>
                                                <h4>Num de Lot : <a class="article-
title" href="#">{{ordre.lot}}</a></h4>
                                                <h4>Taille de Lot : <a
class="article-title" href="#">{{ordre.taill}}</a></h4>

```

```

                                <button type="submit" class="btn
btn-primary btn-lg btn-block" name= "ordre" value=
{{ordre.ordreid}} >Generate GSI Code</button>
                                </div>
                                </form>
                                </article>
                                {% endif %}
                                {% endfor %}
                                </div>
                                </div>
                                <div class="col-md-4">
                                <div class="content-section">
                                <h3>Our Sidebar</h3>
                                <p class='text-muted'>You can put any information here
you'd like.
                                <ul class="list-group">
                                <li class="list-group-item list-group-item-
light">Latest Posts</li>
                                <li class="list-group-item list-group-item-
light">Announcements</li>
                                <li class="list-group-item list-group-item-
light">Calendars</li>
                                <li class="list-group-item list-group-item-
light">etc</li>
                                </ul>
                                </p>
                                </div>
                                </div>
                                </main>
                                {% endblock %}

```

## Annexe 5

```
{% extends 'dashboard/base.html' %}

{% block title %} Dashboard {% endblock%}
{% block content %}

    <div class="container">
        <div class="row my-8">
            <div class="col-md-12">
                <div class="bg-white">
                    <canvas id="myChart" width="500" height="300"></canvas>
                    <script src="https://code.jquery.com/jquery-
3.4.1.min.js"></script>
                    <script
src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/chart.js@2.9.3/dist/Chart.min.js"></scr
ipt>
                        <script>

                            var ctx =
document.getElementById('myChart').getContext('2d');
                            var myChart = new Chart(ctx, {
                                type: 'bar',
                                data: {
                                    labels: {{labels|safe}},
                                    datasets: [{
                                        label: 'Ordres Par Produit',
                                        data: [
                                            {% for dat in datas %}

                                                {{ dat|safe }}
                                            ,
                                            {% endfor %}
                                        ],
                                        backgroundColor: 'blue',
                                        borderWidth: 0.1
                                    }
                                ]
                            },
                                options: {
                                    scales: {
                                        yAxes: [{
                                            ticks: {
                                                beginAtZero: true
                                            }
                                        }
                                    ]
                                }
                            }
                        });
                    </script>
                </div>
            </div>
        </div>
    </div>

    <div class="container">
        <div class="row my-5">
            <table class="table table-bordered table-hover table-sm">
                <thead class="thead-dark">
                    <tr>
                        <th scope="col">LOT</th>
```

```

        <th scope="col">ORDRE ID</th>
        <th scope="col">PRODUIT ID</th>
        <th scope="col">DESIGNATION</th>
        <th scope="col">LIGNE</th>
        <th scope="col">Date De Production</th>
        <th scope="col">Date D'Expiration</th>
    </tr>
</thead>
<tbody>
    {%for ord in ordres %}
        {% if ord.lot_validation == 1 %}

            {% else %}
            <tr>
                <th scope="row">{{ord.lot}}</th>
                <td>{{ord.ordreid}}</td>
                <td>{{ord.code}}</td>
                <td>{{ord.code.designation}}</td>
                <td>{{ord.ligne}}</td>
                <td>{{ord.prod}}</td>
                <td>{{ord.expi}}</td>
            {% endif %}
        {% endfor %}
    </tr>

</tbody>
</table>
</div>
</div>
{% endblock %}

```