



Gestion de la production en petites séries

Application dans le domaine de l'aéronautique

Promoteur :

Mr. Jean-Sébastien Tancrez

Mémoire présenté par :

Gautier Bolle

En vue de l'obtention du
diplôme de Master 120 en
sciences de gestion

Résumé

La SONACA, société belge active dans la fabrication de pièces aéronautiques et aérospatiales suit, comme la plupart des sociétés du secteur, un plan directeur de production défini suivant le modèle MRP (Material Requirement Planning). Ce dernier repose sur le concept d'une production déclenchée à partir de prévisions de ventes ou de « flux poussé » ayant comme corollaire un encours de production important de pièces standardisées et un stockage important de celles-ci pour assurer leur mise à disposition.

La demande est de faible variabilité et de faible cadence, le mode de gestion de processus le mieux adapté pour une telle production est le « juste à temps » (JAT ou « Just in time » en anglais) ou « flux tiré » qui tient compte du besoin client.

Le but de ce travail est d'analyser et de proposer un schéma de mise en œuvre d'une méthodologie adaptée en particulier au secteur de la production en « juste à temps » de petites séries de l'atelier PPE tôlerie de la SONACA.

La première étape consiste à mettre en œuvre une gestion de type « Drum Buffer Roap » ou DBR de manière à « nettoyer » puis maîtriser l'encours, en mettant sous contrôle le processus actuel via un aménagement sur le terrain. Cette méthode de gestion permettra de réduire l'encours de pièces d'au moins 20% et surtout d'éliminer le système d'urgence utilisé actuellement qui désorganise plus encore le processus. Il permettra en plus, d'initier d'autres développements positifs, tels que l'amélioration de synergies entre pièces, l'ergonomie et le management des espaces de travail moins encombrés de pièces, l'aménagement de gares d'entrées et de sorties de pièces, le management à vue, etc.

La seconde étape ne sera entamée qu'après la mise en place du DBR sur tout les programmes de l'atelier tôlerie et la validation du fonctionnement du processus de produits de la tôlerie dans ces nouvelles conditions de travail. Cette seconde étape consistera à appliquer la philosophie du flux tiré. Les pièces non standardisées de petites séries seront ainsi mises en production par le critère de leur mise à disposition au moment requis sans générer de perturbation dans le processus de production. On introduit donc de la sorte beaucoup plus de flexibilité dans un processus qui est toujours cadencé en assurant une maîtrise bien meilleure du flux de production global (notion du flux tendu). L'encours des pièces devrait être réduit de la sorte de près de 65%.

Les enseignements tirés de ce projet pilote devraient être étendus à terme à d'autres processus de production de la SONACA.

Table des matières

1. Introduction générale.....	1
2. La problématique	2
2.1. Présentation de la SONACA et son business	2
2.2. Les difficultés structurelles du secteur	4
2.2.1. Prix de l'aluminium et sa volatilité.....	4
2.2.2. Le prix de l'énergie.....	5
2.2.3. Prix de la main d'œuvre en Belgique	6
2.2.4. Le cours de l'euro face au dollar	6
2.2.5. Conséquences des difficultés structurelles du secteur	7
2.3. Les difficultés structurelles de l'usine (PPE tôlerie)	7
2.3.1. Récapitulatif des difficultés structurelles de l'usine.....	8
2.3.2. Conséquences des difficultés structurelles de l'usine.....	9
2.4. Diagnostiques statique et dynamique	11
2.4.1. Cadre statique	11
2.4.2. Cadre dynamique : Hypothèses de base et thèmes abordés.....	14
2.5. Explications historiques de la configuration actuelle de la chaîne	16
2.6. Analyse et perspectives critiques de la problématique	17
3. Analyse générale des solutions possibles	18
3.1. La synthèse de la littérature : généralités.....	19
3.2. Amélioration individuelle des postes	20
3.3. Amélioration des flux physiques	20
3.3.1. Description du système actuel : le flux poussé via MRP	20
3.3.2. La méthode « Drum buffer Raop » ou flux cadencé	21
3.3.3. Le flux tiré ou flux tendu	22
3.3.4. Classification entre le flux poussé, le flux tiré	22

3.4.	Solutions retenues.....	24
3.5.	Méthodologie de travail.....	26
3.5.1.	Phase 1: Input, diagnostique chiffré	26
3.5.2.	Plan d'action mesurable avec indicateurs.....	26
3.5.3.	Classement des chantiers par priorités.....	31
3.5.4.	Choix des chantiers pilotes et accord de la direction.....	32
3.5.5.	Maîtrise des processus (Projet A) : chantier pilote FIFO et plan d'action A .	33
3.5.6.	Stabilisation des processus (Projet B&C) : chantier pilote « ORDO » et plan d'action B.....	33
3.5.7.	Contrôle des indicateurs globaux et conclusion	34
3.5.8.	Phase 1: Output, Apprentissage.....	35
3.5.9.	Phase 2: planning vers KANBAN, flux tiré et plan d'action C.....	35
4.	Analyse de la mise en œuvre des solutions retenues.....	36
4.1.	Maîtrise du processus	36
4.1.1.	Système de gommettes et tri de l'encours actuel :.....	37
4.1.2.	Projets FIFO : situation initiale	39
4.1.3.	FIFO CISAILLE.....	41
4.1.4.	FIFO GFM-FLADDER-BUFFER.....	45
4.1.5.	FIFO BUFFER GFM.....	51
4.1.6.	FIFO ASEA	54
4.1.7.	FIFO TREMPE.....	58
4.1.8.	FIFO FRIGO.....	62
4.1.9.	Projets FIFO : situation visée	65
4.2.	Stabilisation du processus.....	67
4.2.1.	Analyse des besoins réels du client	68
4.2.2.	Classement des produits par famille de processus compatibles	73
4.2.3.	Réflexion sur le nouvel ordonnancement de la ligne	75

4.2.4.	Projet B : flux cadencé via NESTING STANDARD	76
4.2.5.	Réflexion sur l'approvisionnement	84
4.2.6.	Compatibilité du projet NEST standard avec le flux tiré et le FIFO	86
4.2.7.	Compatibilité avec les projets sur le terrain	87
4.2.8.	Contrôle de la charge aux différents postes post-GFM	87
4.2.9.	Projet C : Régulation du nombre d'OF dans la zone comme outil de contrôle et de pilotage	88
4.2.10.	Raccrocher le MRP au cycle réel et diminuer l'encours	89
4.3.	Développement du flux tiré	93
4.3.1.	Besoin réel du client et définition des bornes du flux tiré	94
4.3.2.	Repérer les goulots et réduire les ruptures de flux	95
4.3.3.	Amélioration de l'outil aux points faibles	95
4.3.4.	Passage du flux cadencé vers le flux tiré	96
4.3.5.	KANBAN générique et « kitting »	96
4.3.6.	Mise en pratique	98
5.	Conclusion générale.....	101
6.	Bibliographie.....	103

Liste des abréviations utilisées

AC : Aircraft

ALU : Aluminium

ASEA : Nom commun donné à la machine de formage hydraulique des pièces tôlees

ASSY: Chaîne d'assemblage SONACA

BUF : Buffer, zone de stockage tampon

CN : Commande Numérique

DAD : Demande d'autorisation de dépense

DBR: Drum Buffer Rope

FIFO: First In First Out ("premier entré, premier sorti")

FLADDER : Nom commun donné à la machine d'ébavurage de pièces détournées (hors tôles)

GFM : Nom commun donné à la machine de détournage des tôles

JAT ou JIT : Juste-à-temps ou Just In Time

MIN : Minimum

MP : matières premières

MRP : Material Requirement Planning

OF: Ordre de fabrication

ORDO : Ordonnancement, service qui organise les tâches de production dans le temps

OST : Organisation Standard du Travail

P/N : part number (pièce marquée par un numéro de suivi)

PPE : Usines de fabrication des Petites Pièces Élémentaires

PPE M-O : ligne de PPE appelée MO, Machine Outil

PPE-PA : ligne de PPE appelée PA, Petits Assemblages de pièces

RRR: Required Rate of Return (retour sur investissement minimum exigé)

ROI : Return On investment (retour sur investissement)

SMART : Spécifique, Mesurable, Atteignable, Réaliste, Temporellement défini (traçable)

SMED: Single Minute Exchange of Die

SCI : Supply Chain Improvement (amélioration de la chaîne de valeur)

SONACA : Société Nationale de Construction Aéronautique (www.SONACA.com)

TRS : Taux de rendement synthétique

T/S : traitement de surface et ligne peinture

VA: Valeur Ajoutée

VSM : Value Stream Mapping (Analyse de la cartographie de la chaîne de valeur)

Liste des tableaux

Tableau 1: cadence 2013 des différents programmes (clients SONACA).....	3
Tableau 2: facteurs structurels influençant PPE tôlerie (partie 1).....	8
Tableau 3: facteurs structurels influençant PPE tôlerie (partie 2).....	9
Tableau 4: priorité relative des facteurs de difficultés structurelles de l'usine.....	10
Tableau 5: valeur ajoutée par famille de pièces	11
Tableau 6: répartition de l'encours des pièces sur chaque poste	16
Tableau 7: durée du cycle par famille de pièces	16
Tableau 8: objectifs SCI (supply Chain Improvement).....	28
Tableau 9: durée du cycle par famille de pièces	29
Tableau 10: répartition de l'encours et objectifs de gain	30
Tableau 11: planning macro du projet (lignes directrices).....	30
Tableau 12: répartition de l'encours total par zones et plans d'action associés	32
Tableau 13: planning micro de la phase de mise en service du FIFO au poste.....	36
Tableau 14: planning hebdomadaire de tri de l'encours via étiquettes.....	39
Tableau 15: nouvelle séquence de pilotage entre la GFM et la FLADDER	49
Tableau 16: planning micro de la phase de cadencement de l'usine.....	67
Tableau 17: répartition du volume produit par programme	69
Tableau 18: production mensuelle alternée.....	72
Tableau 19: répartition des processus tôlerie : récapitulatif.....	73
Tableau 20: répartition des gares de sortie des postes BUF.GFM-ASEA-TREMPE	74
Tableau 21: planning hebdomadaire de production des besoins répartis par cadence (appliqué au nesting standard).....	76
Tableau 22: comparaison théorique NEST spécifique et NEST STD	78
Tableau 23: principe de régulation des nest standard.....	80
Tableau 24: situation encours et stocks sur le programme A320.....	80
Tableau 25: planning hebdomadaire de production des besoins répartis par cadence (appliqué au nesting standard).....	82
Tableau 26: planning hebdomadaire de répartition des nest standards sur la semaine	83
Tableau 27: planning d'action par projet	84
Tableau 28: exemple de grandes pièces conditionnant la taille d'une tôle.....	85
Tableau 29: répartition des gares de sortie du poste TREMPE.....	86
Tableau 30: répartition des gares de sortie de poste ASEA	86

Tableau 31: répartition des gares de sortie du poste BUF.GFM	86
Tableau 32: étude des « queue time »et « safety time » sur pièce pilote	92

Listes des graphiques et illustrations

Figure 1: définition de la problématique	2
Figure 2: système production SONACA.....	3
Figure 3: historique du cours de l'aluminium en dollars (source : bourse)	4
Figure 4 : évolution prix de l'électricité et du gaz en Belgique pour les industries (2009=100%, source : Eurostat).....	5
Figure 5: prix du baril de pétrole (source : Bourse)	5
Figure 6: coût salarial unitaire en Belgique (source : fgov, eurostat)	6
Figure 7: évolution EUR/USD (source: bourse)	6
Figure 8: évolution du cout de l'encours (2012=100%)	7
Figure 9: principe simplifié de la chaîne de valeur	8
Figure 10: VSM des ribs A320 (voir annexe G pour détail).....	13
Figure 11: diagramme spaghetti des ribs A320 (voir détail annexe H)	13
Figure 12: Clip et Rib: description de l'encours.....	14
Figure 13: Seal Support et Spar: description de l'encours.....	15
Figure 14: détournement et régulation BUF.GFM	17
Figure 15: analogie hydraulique de la production.....	18
Figure 16: analogie hydraulique améliorée	18
Figure 17: DBR schéma de principe	21
Figure 18: classification ABC-XYZ	22
Figure 19: TLR et PCR classification	23
Figure 20: TLR et PCR classification	23
Figure 21: matrice ABC, domaine de gestion critique.....	23
Figure 22: flux tiré et poussé dans classification ABC-XYZ.....	24
Figure 23: évolution de la production grâce au DBR et au FIFO	24
Figure 24: évolution de la production grâce au flux tiré	25
Figure 25 : méthodologie de travail du mémoire-projet	26
Figure 26: gestion transversale de projet.....	27
Figure 27: principe du plan d'action.....	29
Figure 28: évolution de l'encours sur base des objectifs croisés	31
Figure 29: budget et priorité projet A.....	32
Figure 30: schéma de travail aménagement FIFO	33
Figure 31: schéma de travail réflexion sur l'ordonnancement	34

Figure 32: définition des lignes directrices du flux tiré futur	35
Figure 33: schéma de travail aménagement FIFO	36
Figure 34: gain espéré par projet FIFO	37
Figure 35: schéma de principe de la chaîne	37
Figure 36: description de l'équipement nécessaire pour étiquetage des gammes	38
Figure 37: schéma de principe de l'étiquetage sur gamme	39
Figure 38: schéma de la zone en symbolique (avant projet FIFO) et vue avec flux principal .	40
Figure 39: schéma de principe de la chaîne	41
Figure 40: description schématique de la zone CISAILLE.....	42
Figure 41: shématique nouvelle étagère de tôles.....	43
Figure 42: modèle prototype de chariots basculants de chez NORCAN pour tôle 3.6*1.2m..	43
Figure 43: shématique nouvelle zone chariots	44
Figure 44: rack de stockage de chutes de tôle	44
Figure 45:description schématique de la nouvelle zone CISAILLE	45
Figure 46: situation GFM et Fladder dans la Chaîne	46
Figure 47: description schématique de la zone GFM-FLADDER-BUFFER	47
Figure 48 : shématique nouvelle zone chariots (rappel).....	48
Figure 49: shématique nouvelle zone FLADDER-GFM	48
Figure 50: char GFM-FLADDER commandés chez NORCAN.....	49
Figure 51: description schématique de la nouvelle zone CISAILLE	50
Figure 52: positionnement du buffer.GFM dans la chaîne.....	51
Figure 53: description schématique de la zone BUFFER-GFM	52
Figure 54: shématique nouvelle zone OUT du BUF.GFM	53
Figure 55: description schématique de la nouvelle zone BUFFER-GFM	53
Figure 56: position de l'ASEA dans la ligne tôlerie	54
Figure 57: description schématique de la zone ASEA	55
Figure 58: shématique nouvelle zone IN ASEA	56
Figure 59: rack dynamique modifié pour ASEA (même principe que trempe)	56
Figure 60: shématique nouvelle zone IN ASEA	56
Figure 61: description schématique de la nouvelle zone ASEA	57
Figure 62: situation de la trempe dans la chaîne	58
Figure 63:description schématique de la zone TREMPE "IN"	59
Figure 64: rack dynamique modifié pour trempe	59
Figure 65: shématique nouvelle zone IN trempe.....	60

Figure 66: chariots ASEA	61
Figure 67: description schématique de la nouvelle zone TREMPE "IN"	61
Figure 68: positionnement du frigo dans la chaîne	62
Figure 69: description schématique de la zone FRIGO	63
Figure 70: rack pour frigo commandé chez NORCAN (longueur: 4.5m)	64
Figure 71: description schématique de la nouvelle zone FRIGO.....	65
Figure 72: schéma de la zone en symbolique (objectif visé grâce aux projets FIFO)	66
Figure 73: méthodologie réflexion sur l'ordonnancement	67
Figure 74: lissage graphique du besoin sur programmes "high cadences - A340"	70
Figure 75: lissage graphique du besoin sur programmes "mid cadences"	70
Figure 76: lissage graphique du besoin sur programmes "low cadences"	70
Figure 77: lissage graphique du besoin sur programmes "prototype cadences"	71
Figure 78: résultat de la répartition du volume cadence 2013	71
Figure 79: graphe de la production mensuelle alternée.....	72
Figure 80: répartition graphique du PARETO des flux de PPE tôlerie.....	74
Figure 81: répartition graphique et proportionnelle des flux	75
Figure 82: définition de la ré organisation de l'ordo à la GFM	77
Figure 83: exemple d'application du seuil min sur relance d'un NEST standard.....	81
Figure 84: séquence de questionnement réduction sur la taille de tôle	85
Figure 85: exemple de calcul de charge simplifiée	87
Figure 86: principe de synchronisation des buffers avec le client	88
Figure 87: principe de régulation de l'encours	89
Figure 88: exemple de situations de réduction d'encours.....	90
Figure 89: encours au poste pour la situation A.....	90
Figure 90: encours au poste pour la situation B	91
Figure 91: encours au poste pour la situation C	91
Figure 92: méthode de travail flux tiré (rappel)	94
Figure 93: schéma de principe flux tiré.....	94
Figure 94: schéma de principe flux tiré après cadencement	97
Figure 95: situation encours aux postes avec flux tiré	97
Figure 96: exemple de carte KANBAN (vu sur mecamontage.com)	99
Figure 97: flux des cartes KANBAN dans l'atelier	99
Figure 98: tableau des nomenclatures par programme.....	109

Liste des annexes

Annexe A : récapitulatif objectif.....	104
Annexe B : DAD FIFO au poste.....	105
Annexe C : symbolique pour projet FIFO	106
Annexe D : tableau de répartition Pareto des processus (part 1).....	107
Annexe D : suite tableau de répartition Pareto des processus (part 2).....	108
Annexe E : tableau des nomenclatures suivant programmes :.....	109
Annexe F : ROI sur calcul de la dimension des tôles du NESTING standard	110
Annexe F (SUITE 1) : ROI sur calcul de la dimension des tôles du NESTING standard.....	111
Annexe F (SUITE 2) : ROI sur calcul de la dimension des tôles du NESTING standard.....	112
Annexe F (SUITE 3) : ROI sur calcul de la dimension des tôles du NESTING standard.....	113
Annexe F (SUITE 4) : ROI sur calcul de la dimension des tôles du NESTING standard.....	114
Annexe G : VSM ribs tôlées A320.....	115
Annexe G : suite VSM ribs A320	116
Annexe H : diagramme spaghetti pour ribs A320 tôlées	117

1. Introduction générale

La SONACA, société belge active dans la fabrication de pièces aéronautiques et aérospatiales suit, comme la plupart des sociétés du secteur, un plan directeur de production défini suivant le modèle MRP (Material Requirement Planning). Ce dernier repose sur le concept d'une production déclenchée à partir de prévisions de ventes ou de « flux poussé » ayant comme corollaire un encours de production important de pièces standardisées et un stockage important de celles-ci pour assurer leur mise à disposition.

La méthode MRP est bien adaptée à une ligne de production dont les prévisions sont stables et peu mise à jour. Mais ne l'est pas pour une production en petites séries de pièces non standardisées dans un délai de mise à disposition maîtrisé souvent court exigé par les clients de la SONACA. Cette méthode est encore plus difficile à mettre en œuvre dans une ligne gérant plusieurs processus de fabrication différents.

Le mode de gestion de processus le mieux adapté pour un tel objectif est appelé « juste à temps » (JAT ou « Just in time » en anglais) ou « flux tiré » qui tient compte du besoin client. Le but de ce travail est d'analyser et de proposer un schéma de mise en œuvre d'une méthodologie adaptée en particulier au secteur de la production en « juste à temps » de petites séries de l'atelier PPE tôlerie de la SONACA.

Ce choix doit être aussi adapté au fait que les pièces de cette usine ont une des plus fortes valeurs ajoutées de main d'œuvre de la SONACA dans le coût de production (environ 90%).

Le mémoire s'articule dans l'ordre sur les 3 thèmes suivants :

- la présentation détaillée de la problématique de la production de pièces en petites séries à la SONACA ;
- l'analyse des solutions possibles proposées par la littérature et la compatibilité avec le processus de production actuel ;
- l'analyse de la mise en œuvre de la solution retenue et la définition des indicateurs pertinents de suivi.

Les résultats de la mise en œuvre, qui vient seulement de débiter, ne pourront pas être repris dans le mémoire.

Les enseignements tirés de cette expérience devraient être étendus à terme à d'autres processus de production de la SONACA.

Bonne Lecture

2. La problématique

Pour décrire la problématique, nous partons d'une vue macro-économique pour détailler et préciser de plus en plus le problème qui nous occupe. Ce qui nous donne schématiquement:

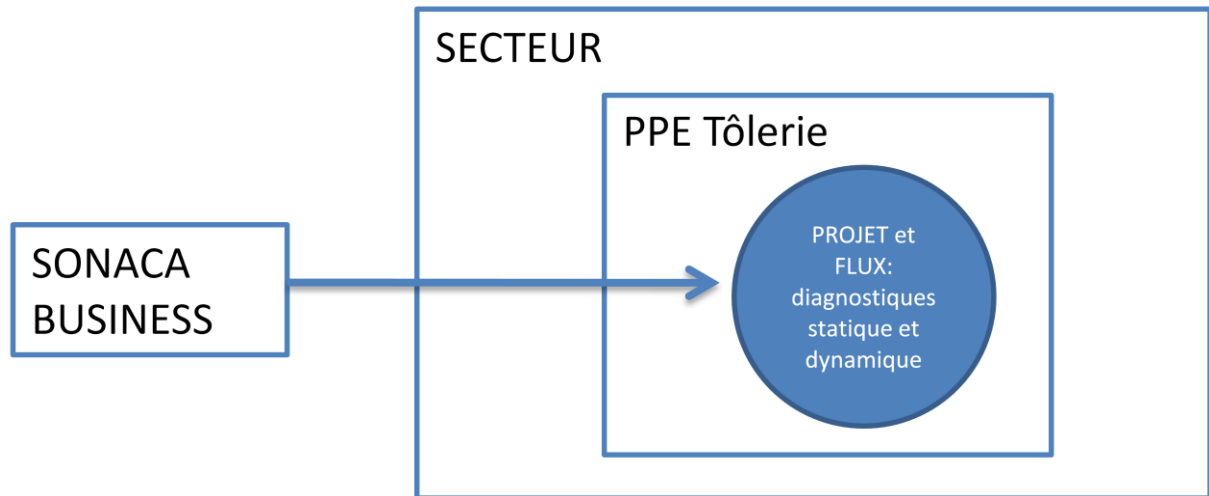


Figure 1: définition de la problématique

Bien comprendre les problèmes liés aux clients, leurs requis et donc le business et le secteur concurrentiel, nous en apprendra plus sur notre production. Comme nous le verrons au fur-et-à mesure de l'avancement de ce travail : mieux nous répondons précisément aux requis client (en terme de qualité et de délai de livraison) et plus nous sommes rentables. D'autant plus que le JAT est centré sur le besoin du client...

2.1. Présentation de la SONACA et son business

En résumé :

« SONACA, entreprise de construction aérospatiale située à Gosselies (Belgique), est la maison-mère d'un groupe de sociétés situées au Brésil, au Canada, en chine et aux Etats-Unis qui emploie environ 2.000 personnes dans le monde. Ses principales activités sont l'étude, le développement, la fabrication, l'assemblage et le test de structures aérospatiales et des systèmes associés. SONACA occupe une place de leader en ce qui concerne le design et la fabrication des bords d'attaque d'ailes pour les grands avions commerciaux, les jets régionaux et d'affaires des grands constructeurs que sont AIRBUS, EMBRAER et DASSAULT et est active également dans d'importants programmes militaires et spatiaux. »¹

¹ Tiré du site internet : www.SONACA.com

D'un point de vue financier, le chiffre d'affaires de SONACA Group est d'environ 200 M€. Comme cité plus haut, la SONACA travaille dans le monde de l'aéronautique, secteur où la qualité des matériaux et la précision des pièces réalisées jouent un rôle crucial.

Comme nous pouvons aussi le constater, nous travaillons pour plusieurs avionneurs différents, qui ont chacun leur système d'exploitation et de production différents auxquels la SONACA doit s'adapter.

Nous pouvons résumer le système de production de la SONACA de la façon suivante :

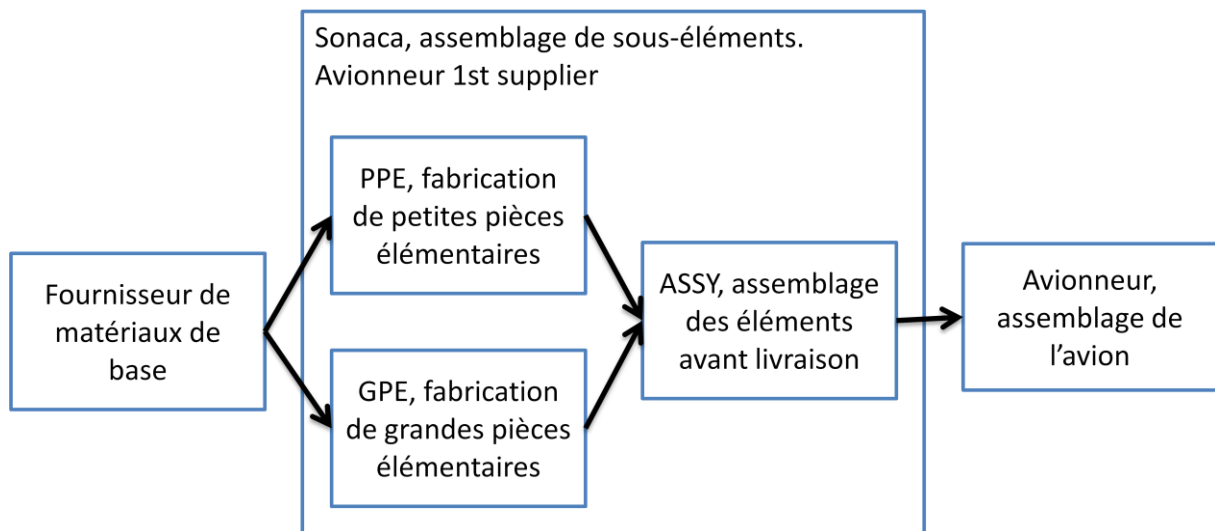


Figure 2: système production SONACA

Dans ce travail, nous avons travaillé sur un projet pilote en PPE Tôlerie, notre client est donc ASSY (autre entité de la SONACA) et nos fournisseurs sont externes à la SONACA (ici en l'occurrence principalement fournisseurs de tôles en aluminium). Nous sommes en PPE la première ligne, une mauvaise qualité entraîne une mauvaise qualité en ASSY et un surcroît exponentiel.

À titre d'information, voici une idée des cadences des principaux avionneurs en 2013, c'est-à-dire du nombre d'avion à produire...

AVIONNEURS	PROGRAMME	cadence 2013
AIRBUS	A320	440
	A340	85
	A380	28
	A400M	11
	A350	20
EMBRAER	190	78
	450/550	44
	170	18
DASSAULT	F7X	38
BOMBARDIER	C-Série	23

Tableau 1: cadence 2013 des différents programmes (clients SONACA)

Ce tableau montre bien l'écart entre le JAT souvent associé au monde de l'automobile qui produit, par an, plusieurs millions de véhicules et le JAT appliqué à l'aéronautique. Notre solution ne sera donc pas une copie conforme du modèle Toyota (exemple typique).

2.2. Les difficultés structurelles du secteur

L'aéronautique est un milieu qui a créé il y a plusieurs années une valeur ajoutée financière importante pour tous les acteurs du secteur. Les marges sur les produits étaient très importantes ce qui a conduit le secteur à vivre au dessus de ses moyens pendant les années 90 sans se réformer en profondeur comme a d'ailleurs fait le secteur de l'automobile.

À l'heure actuelle, après la crise du « 11 septembre 2001 » et la crise financière de 2008, l'explosion du prix des matières premières et de l'énergie, du prix de la main d'œuvre en Belgique, sans compter le cours du dollar face à l'euro en notre défaveur, le secteur et donc la SONACA est en retard et doit se réformer.

Nous allons maintenant analyser chacune des composantes pour comprendre les tenants et aboutissants d'une politique de réduction des encours. Pour ce faire, nous n'analyserons que les chiffres post crise 2008, afin d'éviter une trop importante volatilité des données.

2.2.1. Prix de l'aluminium et sa volatilité

Le réel problème de l'aluminium est sa volatilité et les besoins de plus en plus importants à l'avenir qui vont faire exploser son prix.

Depuis 2001, le prix de l'aluminium a doublé. Voici les chiffres post crise de 2008 :



Figure 3: historique du cours de l'aluminium en dollars (source : bourse)

Le risque important de volatilité nous montre bien le besoin de nous rendre moins dépendant de nos stocks.

2.2.2. Le prix de l'énergie

Afin d'analyser l'évolution des prix, prenons les 3 composantes (gaz, électricité et pétrole) de l'énergie et leur évolution depuis 2009.

Nous remarquons que les prix du Gaz et de l'électricité sont revenus en 2012 à leur niveau de 2009.

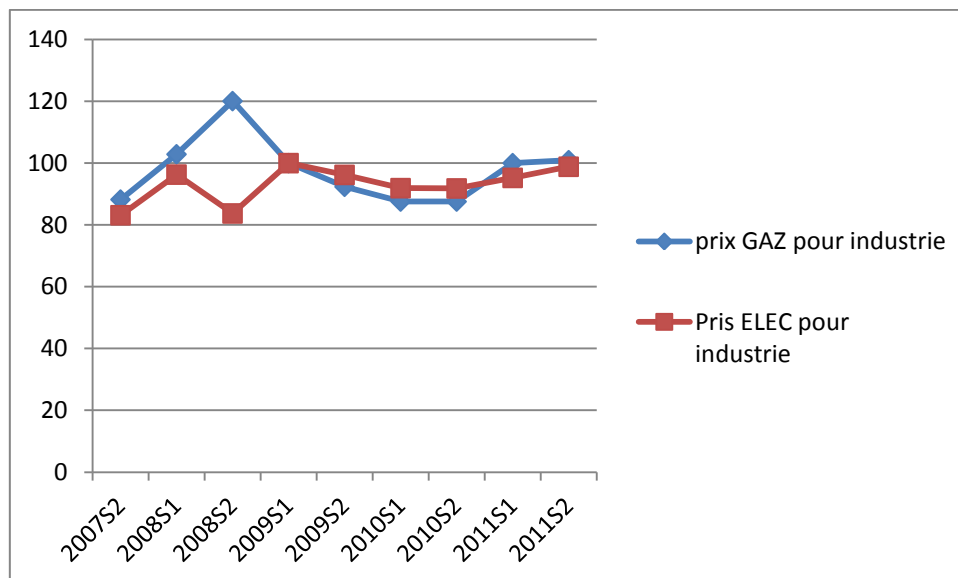


Figure 4 : évolution prix de l'électricité et du gaz en Belgique pour les industries (2009=100%, source : Eurostat)

Par contre sur la même période les carburants ont eux augmenté. De 2009 à 2012: son prix au baril a doublé !

La crise de 2008 a fait chuter les prix, cependant depuis 2009, la tendance est de nouveau à la hausse :

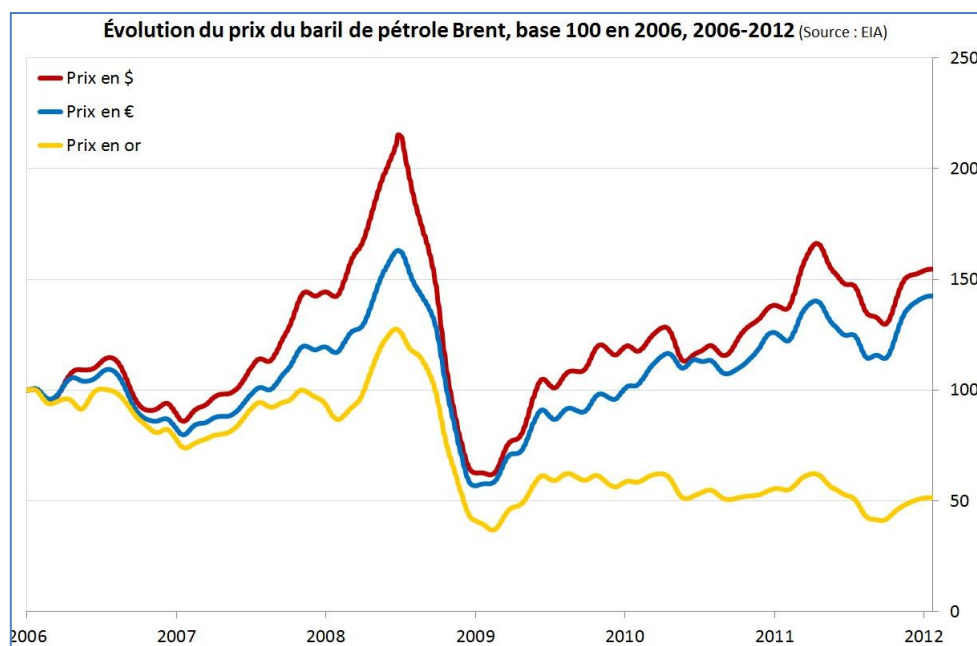


Figure 5: prix du baril de pétrole (source : Bourse)

Globalement el prix des énergies a augmenté ce qui a eu un impact sur l'industrie mais aussi sur le pouvoir d'achat individuel et donc de sa main d'œuvre.

2.2.3. Prix de la main d'œuvre en Belgique

De la même manière, avec l'indexation des salaires, le prix de la main-d'œuvre en Belgique a lui aussi augmenté depuis quelques années :

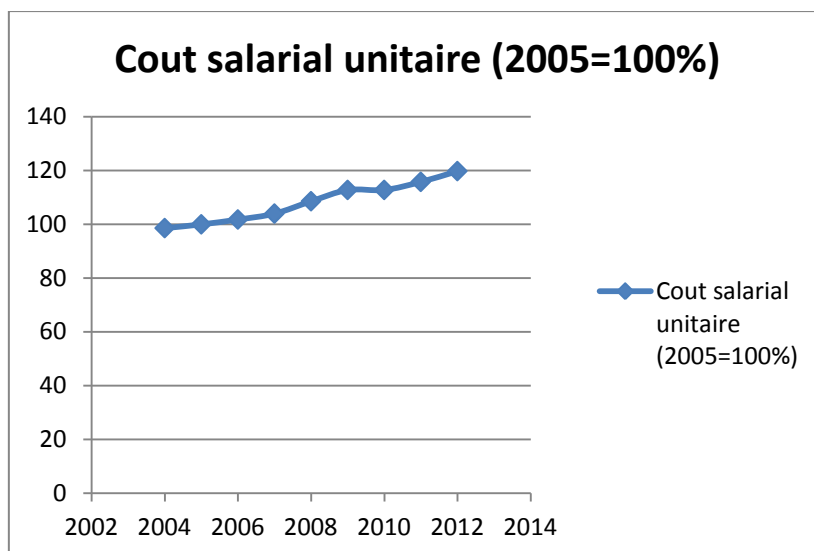


Figure 6: coût salarial unitaire en Belgique (source : fgov, eurostat)

2.2.4. Le cours de l'euro face au dollar

Tous les contrats de la SONACA sont négociés et vendus en dollar, ce qui a évidemment pesé de tout son poids en la défaveur de la SONACA (et de l'aéronautique européenne), ces dernières années :



Figure 7: évolution EUR/USD (source: bourse)

L'évolution depuis 2009 est en dent de scie, mais l'influence est bel-et-bien là.

2.2.5. Conséquences des difficultés structurelles du secteur

Étant donné l'augmentation des prix de l'ALU, de l'énergie et la main d'œuvre, les marges bénéficiaires sur les produits ont fondu.

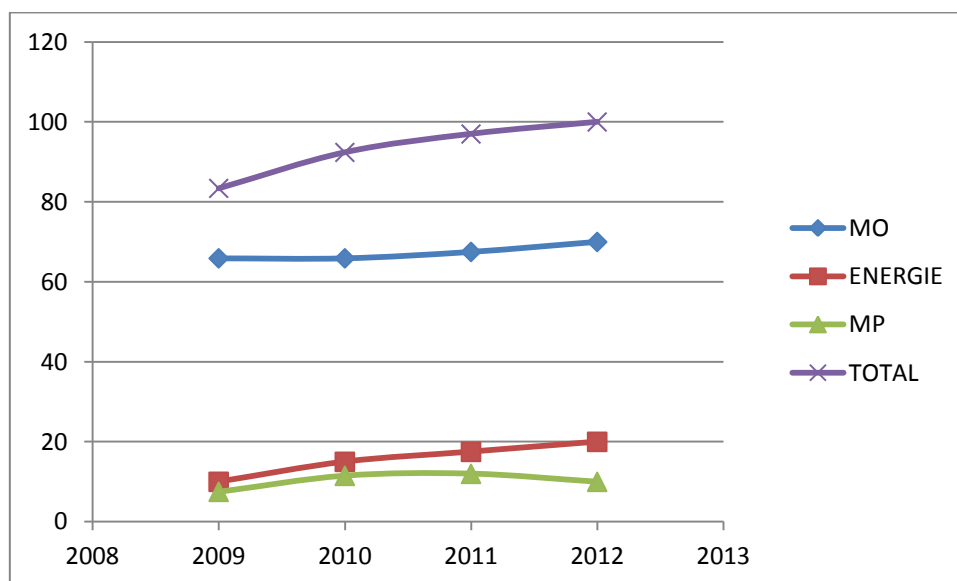


Figure 8: évolution du coût de l'encours (2012=100%)

Avec l'augmentation des prix de la MP et de la VA en Europe, la valeur unitaire des stocks et encours a elle aussi considérablement augmenté (d'environ 20% depuis 2009 en PPE tôlerie). À ce titre, le besoin de liquidité a augmenté pour garantir la valeur des stocks, ce qui devient insoutenable et nécessite une action durable de diminution des stocks.

De plus, face au dollar, les marges ont aussi fondues et ont obligé la Sonaca à se protéger par des assurances et autres, ce qui a un coût non négligeable.

Pour ne rien arranger, les clients (AIRBUS, EMBRAER, ...) subissent aussi cette crise et veulent revoir les prix à la baisse...

Les perspectives futures sur les différents facteurs ne sont guère plus réjouissantes puisqu'on parle d'une augmentation des prix de l'énergie de 30%, de l'aluminium de 20% et de 10% pour la MO à l'horizon 2015.

2.3. Les difficultés structurelles de l'usine (PPE tôlerie)

Au-delà des difficultés indépendantes du secteur dans lequel évolue la SONACA, d'autres facteurs organisationnels internes sont à l'origine de difficultés.

Partons du schéma de principe d'une chaîne de valeur :

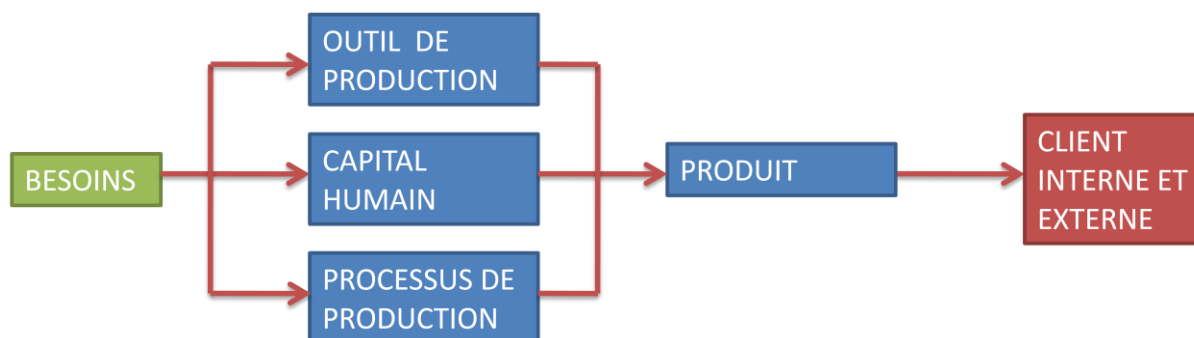


Figure 9: principe simplifié de la chaîne de valeur

Chacun des maillons représente un risque de défaillance à contrôler.

2.3.1. Récapitulatif des difficultés structurelles de l'usine

Si nous récapitulons les points faibles de la chaîne de valeurs, point par point en regard de la production de la SONACA, nous pouvons lister dans le tableau suivant :

Niveau de la chaîne de valeur	N° facteur	Description
BESOINS A	$\alpha 1$	Les besoins définis par le MRP sont difficilement maîtrisables et donc difficiles à planifier
	$\alpha 2$	Les besoins machine ont été étudiés sans tenir compte des stocks et encours afin de minimiser les chutes de matière
PRODUITS B	$\beta 1$	Énormément de références différentes (environ 1000)
	$\beta 2$	Production importante de références très variées: 30.000 OF pour 300.000 pièces au total par an soit 600 OF par semaine.
	$\beta 3$	Pas de standardisation des pièces : chaque référence de pièce est unique (problème structurel de l'aviation)
CAPITAL HUMAIN	1	Au niveau de l'opérateur : difficulté de distinction entre le travail à faire réellement et le reste : tout est urgent.
	2	Ordonnancement : difficulté de gestion dû à l'urgence introduite par la variabilité du MRP
	3	Problème de motivation des différents acteurs: difficulté de trouver un but.
	4	Manque de confiance des opérateurs dans les nouveaux projets car en général communication peu efficace des cellules de projets sur le terrain

Tableau 2: facteurs structurels influençant PPE tôlerie (partie 1)

Niveau de la chaîne de valeur	N° facteur	Description
PROCESSUS	1	Système avec beaucoup d'inertie, lent à réagir (« beaucoup de papier pour justifier », ...)
	2	Beaucoup de processus différents ce qui rend l'ordonnancement compliqué
OUTIL DE PRODUCTION	1	Pas adapté au juste-à-temps car volonté d'optimisation des machines
	2	Agents des méthodes (service d'amélioration continue de l'outil) ne savent plus vraiment où sont leurs priorités
CLIENT INTERNE (ASSY)	$\sigma 1$	Nous travaillons essentiellement dans l'urgence, ce qui provoque des retards et de la malfaçon. Le client interne est donc méfiant et amplifie ses marges de sécurité sur les stocks.
	$\sigma 2$	MRP : Pas représentatif du travail sur le terrain. Compensation par des marges temporelles à plusieurs niveaux pour tenter de faire coller le début avec la fin du cycle.
CLIENT EXTERNE AVIONNEUR	1	Exigence importante des clients finaux en termes de qualité des matériaux, de la précision et des processus (AIRBUS, EMBRAER, ...) qui nous pousse parfois à être <u>trop</u> exigeant.

Tableau 3: facteurs structurels influençant PPE tôlerie (partie 2)

Chacun des points ont des conséquences plus ou moins importantes sur la production et son organisation.

2.3.2. Conséquences des difficultés structurelles de l'usine

À ce niveau d'avancement, il est difficile de donner des valeurs d'influence sur la production et ses aléas de chaque facteur. Malgré tout, nous pouvons émettre des hypothèses sur le risque que chaque facteur peut avoir sur le système et en conséquence envisager des actions d'amélioration et aussi nos possibilités d'action sur ces points (capacité d'influence). La combinaison risque/capacité, nous donnant les priorités possibles d'action.

Pour la colonne RISQUE, le « 1 » définit le seuil sans risque et le « 10 » représente un risque important sur le système de production.

Pour la colonne CAPACITE d'influence, le « 1 » définit le seuil « aucune influence possible » et le « 10 » représente une modification facile.

Facteur	RISQUE	CAPACITE d'influence	Combinaison	Action
$\alpha 1$	10	5	15	définir les besoins et lisser la charge
$\alpha 2$	8	8	16	ordonnancer les machines suivant le besoin
$\beta 1$	6	2	8	
$\beta 2$	7	1	8	
$\beta 3$	6	2	8	
1	9	9	18	système de priorité accessible à tous à développer
2	10	7	17	système visuel de définition des besoins
3	9	6	15	explication du projet et des objectifs à chacun, zone par zone+implication et suivi rigoureux
4	8	9	17	idem C3
1	3	5	8	
2	3	6	9	
1	4	5	9	
2	6	8	14	Ce service est clé dans une réorganisation de production, il faut donc prioriser son travail.
$\sigma 1$	5	6	11	Nous devons fournir la preuve que notre réorganisation est saine. Et seulement à ce moment-là le client acceptera de réduire ses marges, preuve à l'appui.
$\sigma 2$	6	7	13	Il faudra faire un travail de mesure et de maîtrise des cycles pour recoller le MRP à la réalité du terrain.
1	3	1	4	

Tableau 4: priorité relative des facteurs de difficultés structurelles de l'usine

Cette analyse, nous donne les priorités structurelles à prendre en compte lors d'un travail de recherche sur le JAT, en effet partir sur des bases permettra à ce système de bien démarrer et non de cacher des défauts qui risquent de ressurgir et de nuire. Plus le chiffre dans la combinaison est grand et plus il faut mettre ce point dans nos priorités (pour le moment si la combinaison est supérieure à 10, cela vaut la peine de s'y intéresser).

Axe de réflexion :

- Définir et lisser les besoins
- Ordonnancer au plus juste les petites séries
- Définir les processus
- Gérer l'urgence

Produire mieux passe par la résolution de ses lacunes, nos solutions devons inclure ses notions et les améliorer.

2.4. Diagnostic statique et dynamique

Pour partir sur de bonnes bases, il nous faut bien diagnostiquer le problème, le chiffrer. Et donc afin d'envisager des actions correctives avec mesures à l'appui, nous devons d'abord récolter des informations d'ordre statique (photo de la situation) et dynamique (film du temps qui passe).

2.4.1. Cadre statique

2.4.1.1. Les hypothèses chiffrées de travail

1. VA importante sur chaque pièce due aux opérations manuelles :

Nous verrons plus loin que la SONACA a optimisé la plupart de ses processus de fabrication autour de l'économie des matières premières sans forcément tenir compte des coûts supplémentaires que cela engendre en coût MO et stockage:

Une des questions primordiales à se poser : « optimiser la consommation de matière première ou optimiser le processus de fabrication (main d'œuvre et stock) ? »

Cette étude donne les résultats suivant :

Famille	MP[%T]	VA[%T]
RIBS	9,3	90,7
FRAME	10,2	89,8
CLIP	0,8	99,2
STRINGER	18,9	81,1
SEAL	3,2	96,8

Tableau 5: valeur ajoutée par famille de pièces

Sachant que les stringers ne sont pas étudiés dans ce mémoire, nous voyons que chacune des MP vaut moins de 10% du prix final.

2. Différents coûts et retour sur investissement (ROI)

Le JAT est basé sur la réduction des stocks encours mais comment évaluer les gains potentiels sans connaître les coûts du système ?

➤ Coûts de stockage et du système :

- Coûts des stocks (frais variables): de 11% (estimation direction financière) de la valeur moyenne annuelle des stocks.
- Coûts du système de priorité (urgence actuelle) : 15% (estimation direction logistique) de la valeur moyenne annuelle des stocks.

➤ Perte de liquidité :

- Sans compter le gain financier sur la valeur du stock, sachant que le RRR de la l'aéronautique est de 12.4% (Required Rate of return). Ces liquidités constituent une masse d'argent que nous pourrions investir ailleurs.

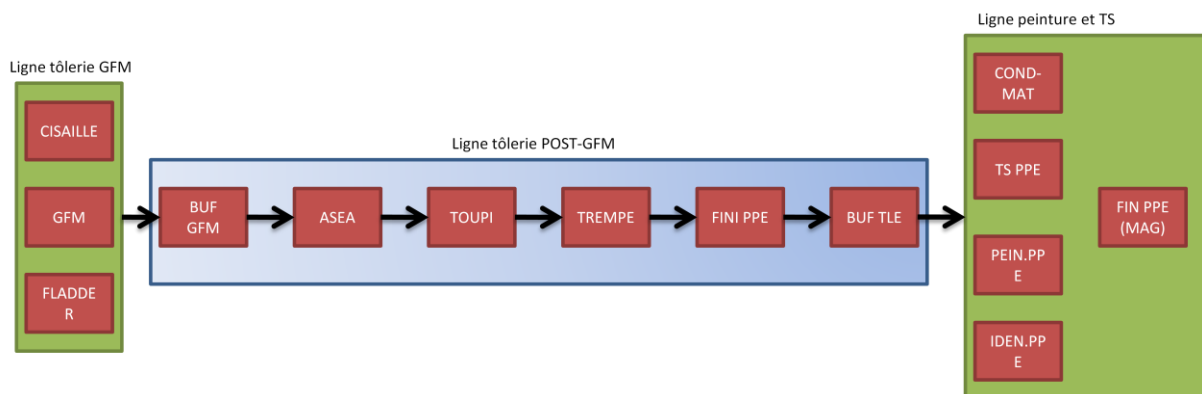
Nous sommes donc doublement perdants lorsque nous stockons et augmentons l'encours...

2.4.1.2. Processus de base

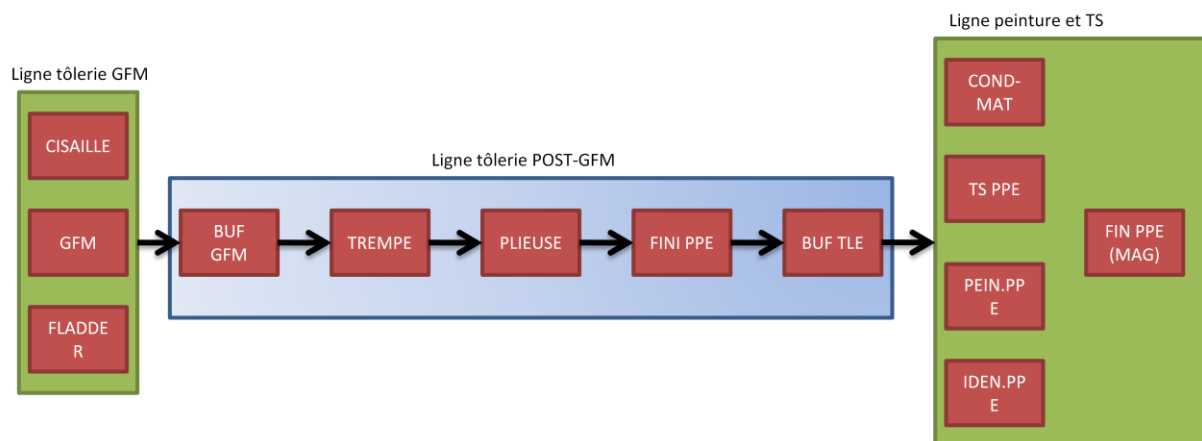
Pour votre compréhension, en usine PPE, il y a deux processus de base à retenir. Tous les autres processus, sont des combinaisons de ceux-ci :

En fait d'un point de vue technique, la différence vient de la façon de tôler les pièces (qui sont à la base des feuilles d'aluminium plane), soit on les plie, soit on les forme².

Processus de base 1 avec FORMATION (sur ASEA):



Processus de base 2 avec PLIAGE :



L'explication de chacun des postes est faite dans le chapitre 4.

De ces deux processus de base, nous pouvons faire les premières analyses sur famille de pièce en détaillant de plus en plus.

² Le pliage est fait suivant un axe, une droite simple. La formation est faite sur une forme 3D complexe.

2.4.1.3. Cartographie schématique des flux actuels

Nous avons pris une rib A320 comme pilote de réflexion, car le programme A320 est celui qui a la plus grande cadence actuelle en 2012 (plus de 400 avions par an) :

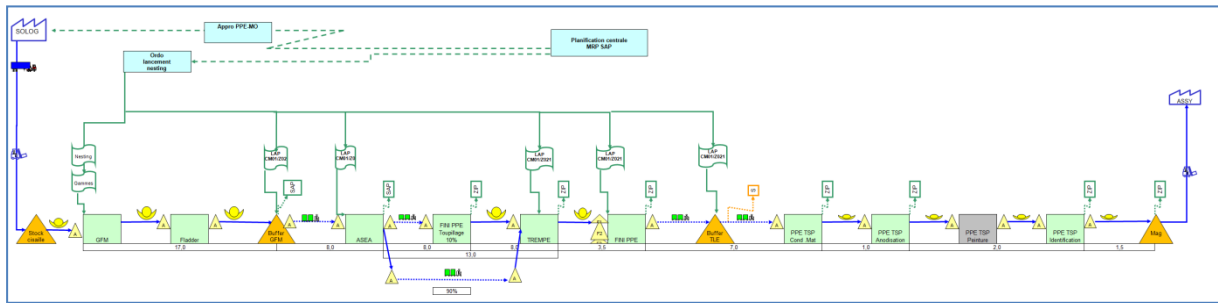


Figure 10: VSM des ribs A320 (voir annexe G pour détail)

Cette analyse d'une « famille de pièces » a été faite pour les ribs de la famille N°2013 (nous verrons ci-plus loin la signification) par la méthode VSM et nous permet d'avoir une première approche des flux et surtout une information type « logistique » en mettant sous forme logique les différentes informations de transformation (VA) et leur jonction. Couplé avec une analyse spatiale type « spaghetti », ceci constitue la base de l'analyse des flux de famille.

2.4.1.4. Description spatiale (« diagramme spaghetti »)

Comme ci-plus haut, nous avons pris la même rib A320 comme pilote de réflexion (voir ci-dessus), la VSM nous donne la séquence, le spaghetti nous donne le plan logistique.

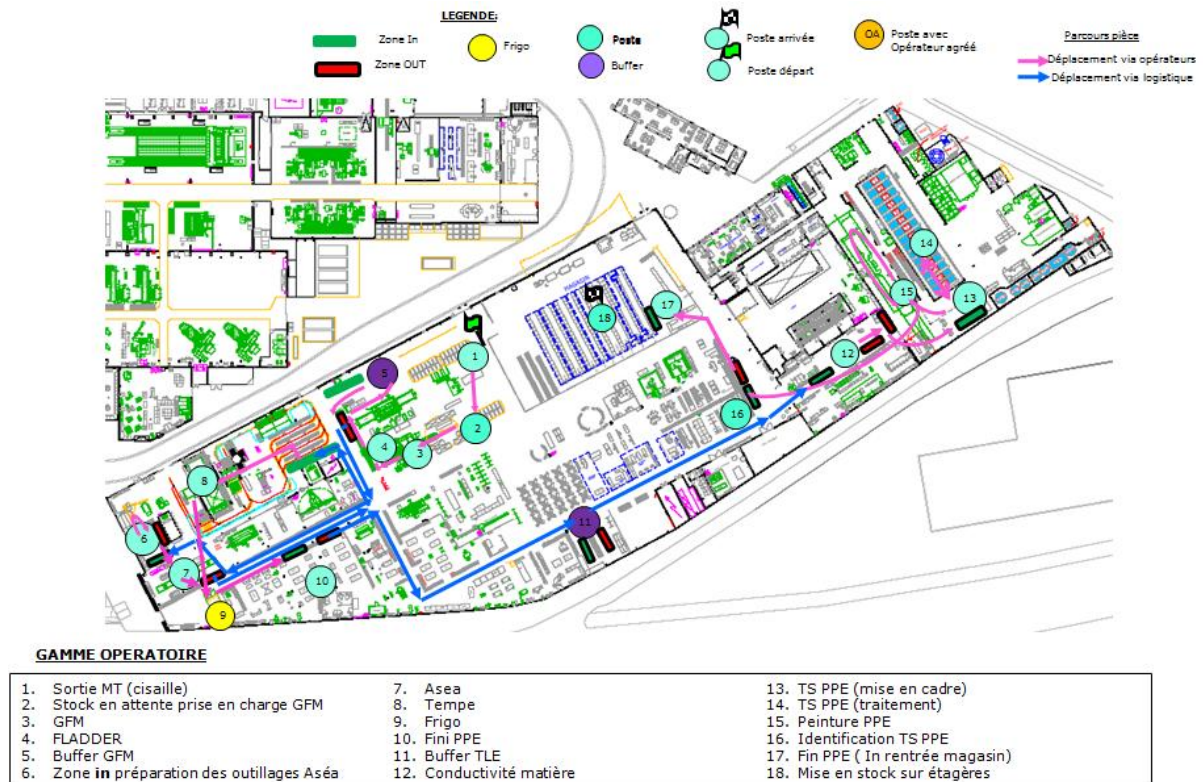


Figure 11: diagramme spaghetti des ribs A320 (voir détail annexe H)

Cette figure nous montre le « trajet » que fait une rib dans l'atelier ainsi que les distances de déplacements et leurs sens, ce qui nous permettra de mieux positionner les entrées et sorties de chaque poste.

2.4.2. Cadre dynamique : Hypothèses de base et thèmes abordés

L'information donnée par le cadre statique se limite à la pièce étape par étape. Maintenant nous allons analyser l'ensemble de son cycle dans le temps.

Dans cette optique à première vue, nous constatons un encours important (beaucoup de stocks tampons) avec des retards importants dans les commandes.

Et donc un déploiement important d'efforts avec un système de gestion des urgences compliqué : chasseurs de pièces (chercheur des lots en retard ou perdu...), « war room » (réunion de crises pour statuer sur les lots les plus en retards et déterminer les priorités de la journée),... *Pour combler les retards au détriment d'une production au plus juste (JAT).*

Pour chiffrer ce constat, analysons le temps d'attente au poste : voici une analyse graphique sur 1.600 OF répartis en famille et en programme :

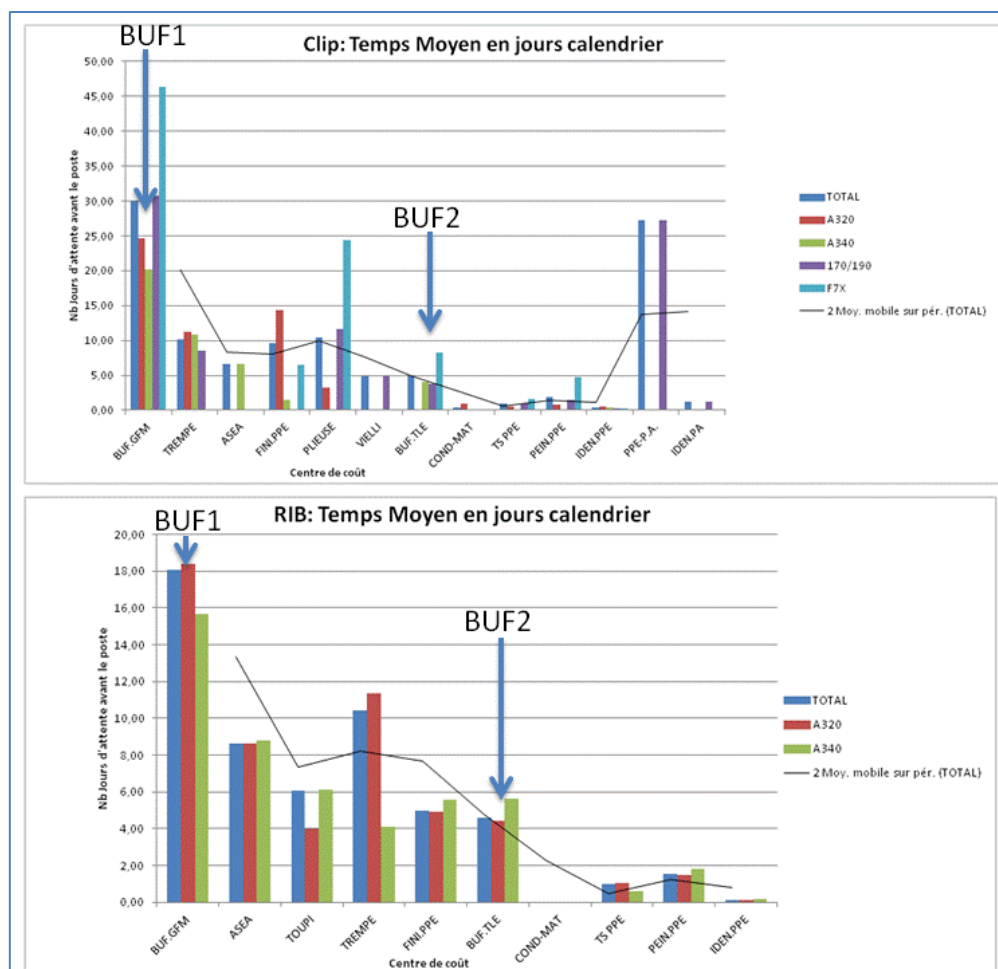


Figure 12: Clip et Rib: description de l'encours.

Remarque : Le poste PPE-PA des clips est une exception de passage pour les clips à ne pas prendre en compte pour le moment (en effet, il fait partie d'une autre ligne de la tôlerie mais reste un point important à voir à l'avenir).

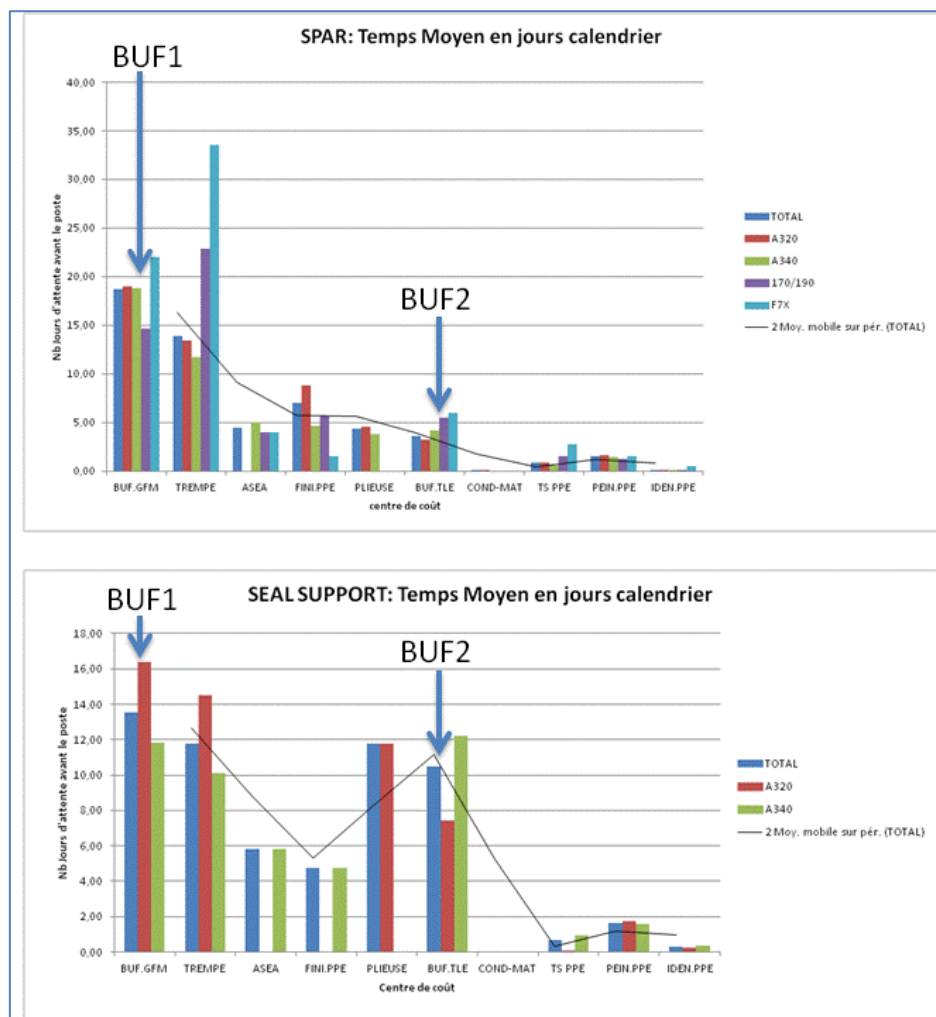


Figure 13: Seal Support et Spar: description de l'encours

Pour bien comprendre ces graphiques, les analyses commencent juste après le premier poste de production qui regroupe la GFM, la FLADDER et la CISAILLE. Dans ces premiers postes les lots n'ont pas encore d'existence en tant que tels (ils ne sont pas encore dissociés les uns des autres) ce qui explique qu'on ne peut extraire de données fiables. Donc, le BUF.GFM représente donc l'ensemble de l'encours détenu par ces 3 machines et constitue un tampon avant le reste de la ligne.

Ces graphiques représentent les temps d'attente moyen à chaque poste, nous pouvons voir aisément que ces temps sont importants au début du cycle puis « s'autorégulent » pour devenir fluide en fin de cycle, ce qui signifie un « bourrage » à l'entrée qu'il faut absolument réguler.

Ce qui nous donne en synthèse, l'encours en pourcentage des temps d'attente au poste :

	CLIP	RIB	SPAR	SEAL SUPPORT	MOYENNE
BUF.GFM/GFM/FLADDER	42%	39%	33%	22%	34%
TREMPE	13%	12%	30%	20%	19%
ASEA	7%	20%	8%	9%	11%
FINI.PPE	11%	12%	9%	8%	10%
PLIEUSE	14%	-	7%	20%	10%
BUF.TLE	6%	10%	8%	16%	10%
FIN: LIGNE SUIVANTE	7%	7%	5%	5%	6%

Tableau 6: répartition de l'encours des pièces sur chaque poste

Ce tableau nous donne une liste des points prioritaires dans le projet à traiter pour s'attaquer aux points les plus durs. (cfr chapitre 3)

- Cycles et encours importants (indiqué par la moyenne) et non structurés (indiqué par l'écart type). La cause a été évoquée plus haut et identifiée (analyse sur la même base de données que les graphes ci-dessus) : système d'urgence et bourrage à l'entrée (après BUF.GFM)

type	Durée du cycle totale [J]	Encours PPE [J]	Ecart type [J]
Ribs	50.6	48	13.5
Frame	62*	55*	32*
Clip	63.7	59	30.7
SPAR	45.3	42.8	16.6
Support seal	41.8	39.2	18.9

Tableau 7: durée du cycle par famille de pièces

*basé sur environ 10 OF aléatoire

- Analyse du système d'urgence : évaluation des « P/N à Date » et « OF en retard ». Ces deux indicateurs sont très intéressants car reconnus par l'exécutif SONACA.
- Ratio de fluidité, temps de travail mis en relation avec le temps total dans l'encours.

Ce constat trouve son origine dans l'histoire de la SONACA et ses choix.

2.5. Explications historiques de la configuration actuelle de la chaîne

Il faut d'abord comprendre la situation actuelle : Notamment pourquoi l'encours est très important en début de ligne et se régule (diminue) de mieux en mieux plus les lots avancent dans la ligne de conception.

Comme expliqué ci-plus haut, le buffer GFM régule l'activité de début de ligne avant le reste de la ligne tôlerie. L'explication est simple, nous optimisons au maximum la machine GFM de par le détournage des tôles (le détournage est l'opération qui consiste à découper des formes de pièces dans une tôle). Pour optimiser les tôles³, le besoin est parfois tiré jusqu'à 8-10 semaines en avance et pour éviter une explosion de l'encours et embouteillage après ce poste, le buffer retient les lots trop avancés. D'où un encours important à ce poste, ce qui nous permet déjà d'entrevoir un premier problème d'organisation à maîtriser : *l'optimisation du détournage de tôles, soit l'optimisation matière est-elles vraiment nécessaire ?*

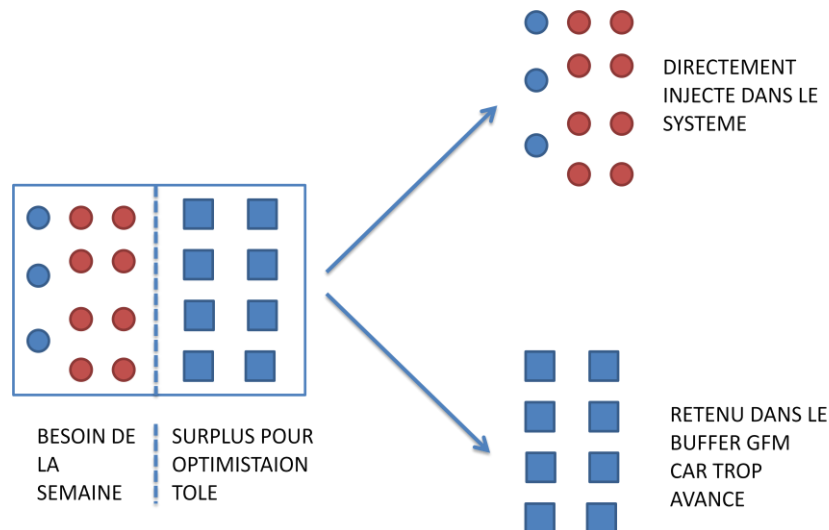


Figure 14: détournage et régulation BUF.GFM

2.6. Analyse et perspectives critiques de la problématique

Au vu de l'analyse plus haut des différents facteurs, les axes de développement du projet devront s'articuler autour :

- De la diminution de l'encours et des stocks tampons afin de limiter l'impact des augmentations des prix de stockage et des pertes de liquidités engendrés
- D'une amélioration de l'adéquation production et ordonnancement pour contrecarrer le phénomène d'urgence sur base d'une bonne connaissance de besoins du client et des processus
- De la garantie de la productivité aux postes, en effet si réduit l'encours dégrade la productivité alors on transfère le problème.
- D'une bonne communication et implication du management et des opérateurs vers ce but.

De ces 4 axes, nous pouvons orienter nos choix entre les diverses solutions possibles.

³ Les tôles actuelles font en générale 1,2m*3,6m, on essaye de remplir toutes la surface de pièces pour éviter de jeter une partie.

3. Analyse générale des solutions possibles

La production de biens pour un client pourrait être imagée de la façon suivante : l’approvisionnement est un robinet que nous pouvons ouvrir, régler et fermer à notre gré ; le client est une turbine à eau que nous devons alimenter avec un débit constant ; et enfin le système de production est une petite rivière qui relie le robinet à la turbine.

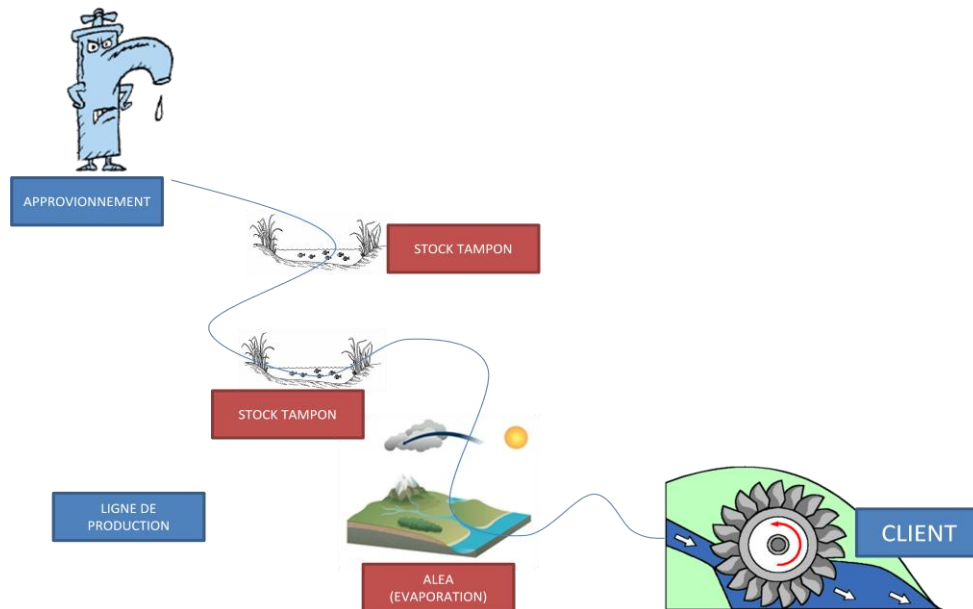


Figure 15: analogie hydraulique de la production

Évidemment dans une production, il y a des stocks tampons (« lacs »), des pièces mauvaises ou perdues, des aléas (« évaporation »), des méandres interminables,...

Ce que nous voudrions c’est régler le débit du robinet sur celui nécessaire à la turbine et minimiser les problèmes que canalisations.

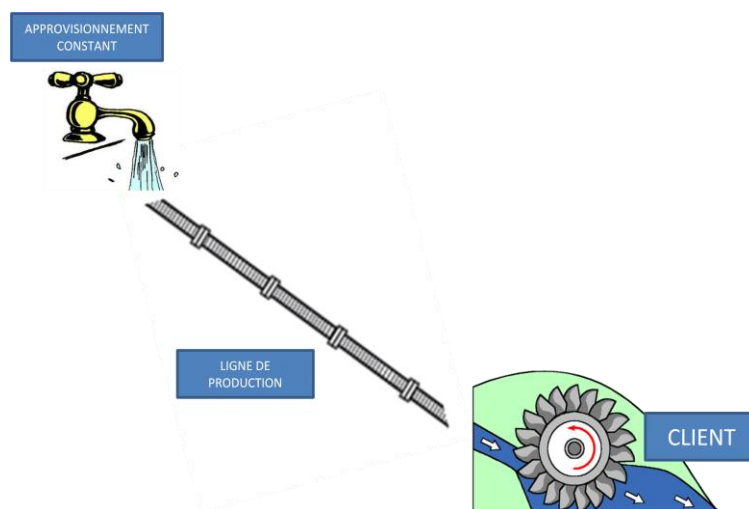


Figure 16: analogie hydraulique améliorée

Pour garantir le débit à la turbine, il faudrait donc :

- Régler le débit d'approvisionnement ;
- Rendre la production la plus linéaire possible
- Limiter les aléas et réduire les stocks tampons

Nous pouvons donc régler deux choses en production : l'ordonnancement de la ligne et son débit, l'outil de production et la maîtrise de la capacité (le diamètre du tuyau et sa longueur).

3.1. La synthèse de la littérature : généralités

Généralement, dans tout processus industriel on identifie sept familles de gaspillages : la surproduction, l'attente, le transport, les stocks, le processus, les mouvements et les rebuts.

Une démarche d'amélioration a pour but d'identifier et d'éliminer toutes les pertes d'efficacité qui jalonnent la chaîne de la valeur (depuis la réception de la matière jusqu'à l'expédition du produit). Il existe une multitude d'outils pour l'amélioration et la gestion d'une ligne de production, ils se déclinent sous 2 types :

1. Dégraissage local des opérations individuelles focus sur le poste par l'application d'outils tels que :
 - Kaizen : méthode japonaise encourageant, à chaque niveau, les petites améliorations quotidiennes sans gros investissements.
 - 5S (Seiri : trier, Seiton : ranger, Seiso : nettoyer, seiketsu : standardiser, shitsuke : suivre) : règles de base du comportement de l'opérateur vis à vis de sa machine visant à éliminer les petites mais nombreuses et répétées pertes d'efficacité et mauvaises habitudes.
 - TPM (Total Productive Maintenance) : Système global de maintenance industrielle fondé sur le respect des facultés humaines et la volonté participative de l'ensemble du personnel pour rentabiliser au maximum les installations.
 - SMED (Single Minute Exchange of Die) : méthode systématique d'analyse et de diminution des temps de changement de série dont le but est d'améliorer le TRS de l'équipement mais surtout de diminuer la taille des lots.
 - Visual management : Le management visuel est la manière de gérer une activité par la vue : tout ce qui se passe dans une entité se voit immédiatement et surtout, la moindre anomalie est visible immédiatement.
 - OST : méthode visant l'amélioration de la productivité en décomposant les phases successives d'un travail afin de chercher les gestes les plus efficaces et d'adapter l'outil.

- Fifo au poste : méthode de gestion de stockage dans laquelle on fait ressortir en premier ce qui est entré le plus tôt. (First In First Out - Premier entré, premier sorti).
2. Amélioration des flux physiques par l'application d'outils tels que :
- VSM (Value Stream Mapping) : représentation graphique et documentée de la chaîne de la valeur permettant d'en faire le diagnostic et de la repenser avec l'obsession d'éliminer les gaspillages.
 - DBR (Drum Buffer Roap) : directement issu de la Théorie des Contraintes (TOC), le DBR consiste à orchestrer les flux de production autour des goulots afin de maximiser le débit global du système.
 - Takttime : c'est le rythme (le métronome) correspondant à la capacité d'absorption du marché et sur lequel l'ensemble de l'entreprise doit se synchroniser afin de produire ni trop ni trop peu.
 - Kanban : passage des flux poussés aux flux tirés par la demande. Une gestion kanban se matérialise par un circuit de containers et de cartes entre postes aval et postes amonts.

Dans cette démarche, chaque acteur à son niveau va être invité à traquer les gaspillages qui alourdissent son travail et pénalisent ses performances.

3.2. Amélioration individuelle des postes

Les outils décrits ci-dessus sont évidemment tous utilisables, cependant dans ce mémoire nous nous attarderons que sur un seul : le FIFO qui s'attarde sur la gestion des stocks et encours. Couplé à une méthode d'amélioration de la fluidité de la ligne de production, cet outil fait des merveilles.

3.3. Amélioration des flux physiques

3.3.1. Description du système actuel : le flux poussé via MRP

Dans le cas du MRP traditionnel le calcul devient vite complexe, car c'est l'ensemble du flux qui est pris en compte. D'ailleurs, la complexité du calcul est telle, qu'il ne viendrait à l'idée de personne de gérer une production de type MRP sans l'aide d'un outil informatique.

Sur le plan de la performance, le MRP intègre un défaut de taille... Ce défaut c'est d'être basé sur un modèle déterministe qui n'accepte aucune variation, aucun aléa, aucune perturbation.

Or des aléas, des variations et des perturbations, nous en rencontrons tous les jours dans un atelier de production...

Le MRP fonctionne donc sur base des prévisions de ventes gérées par informatique. Le MRP est donc souvent, à juste titre, associé à un système informatique lourd.

Le problème de ce type de production est l'instabilité des prévisions : chaque changement de date, de besoin s'accompagne d'une mise à jour des dates de requis au poste, la complexité devenant exponentielle plus le nombre de processus et de poste est grand.

De plus, le MRP ne tient pas compte de la capacité des ressources (c'est l'ordonnanceur manuellement qui s'en occupe). Certaines ressources sont donc parfois dépassées, ce qui provoque du retard dans le planning MRP. Pour contrecarrer cela, une mise à jour automatique est enclenchée, ce qui n'arrange rien et une spirale d'urgence démarre si la ligne n'arrive pas à contrecarrer rapidement. C'est le cas de la SONACA et plus particulièrement de PPE tôlerie.

3.3.2. La méthode « Drum buffer Roap » ou flux cadencé

Partant du constat que les machines les plus lentes, sont celles qui conditionnent la rapidité de tout le cycle, Mr Goldratt vient avec une nouvelle méthode : « Drum buffer Roap » ou DBR.

Le DBR (Drum Buffer Rope) est plus simple et plus performant que le MRP, car il ne va se soucier que d'une et UNE SEULE ressource... la ressource contrainte.

La ressource contrainte est la ressource qui bénéficie de la plus petite capacité de production. Comme la ressource contrainte est la ressource capacitaire la plus faible, c'est elle qui conditionne le débit de l'ensemble de la ligne de production. C'est la raison pour laquelle le DBR préconise de tout cadencer sur l'ensemble des ressources disponibles sur base de ce seul poste de travail.

- Le Drum (Tambour) sera donc le cadencement de la seule ressource contrainte (équivalent du Takt time...)
- Le Buffer (Tampon) est le stock tampon qui va permettre à la ressource contrainte de ne jamais s'arrêter pour défaut de pièces à traiter.
- Et le Rope (Corde) est le signal envoyé par la contrainte aux ressources amont (celles qui l'alimentent) pour annoncer la nécessité de stopper, d'accélérer, ou ralentir le flux.

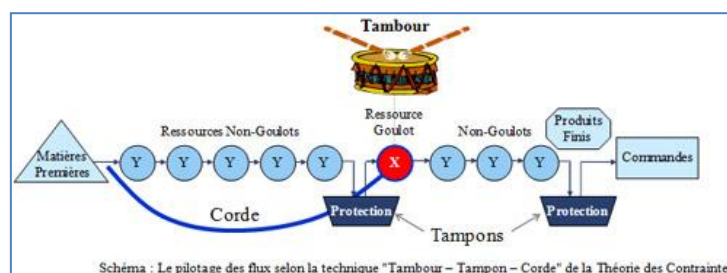


Figure 17: DBR schéma de principe

Attention, dans cette méthode pour que le DBR soit efficace, il faut bien choisir la ressource (le DRUM) sur laquelle on construira le plan de production.

3.3.3. Le flux tiré ou flux tendu

Enfin cette technique est focalisée sur la production de qualité, en quantité juste et nécessaire et dans les délais demandés. Le flux tiré est donc exclusivement basé sur la consommation réelle du client. En fait, chaque poste est client et fournisseur.

Dans le flux poussé, chacun fait son travail sans vraiment se soucier des autres, en produisant le plus vite possible un maximum des pièces... qui s'accumulent après lui, même si personne ne les réclament.

Au contraire, le flux tiré signifie que c'est le désormais le client (le poste suivant dans le processus représente le client du poste précédent) qui tire la production. On ne produit donc que ce qui est effectivement demandé, juste-à-temps, en conservant toujours un stock minimum de produits finis pour éviter d'être en rupture.

Donc le flux tiré réduit l'encours entre les postes au minimum, on ne produit que ce dont on a besoin, augmente la place disponible entre les postes et réduit les délais de production.

3.3.4. Classification entre le flux poussé, le flux tiré

Dans la littérature, nous pouvons retrouver des informations concernant le choix d'une méthode ou d'une autre, notamment en partant d'une analyse multicritères ABC⁴ sur la stratégie de production:

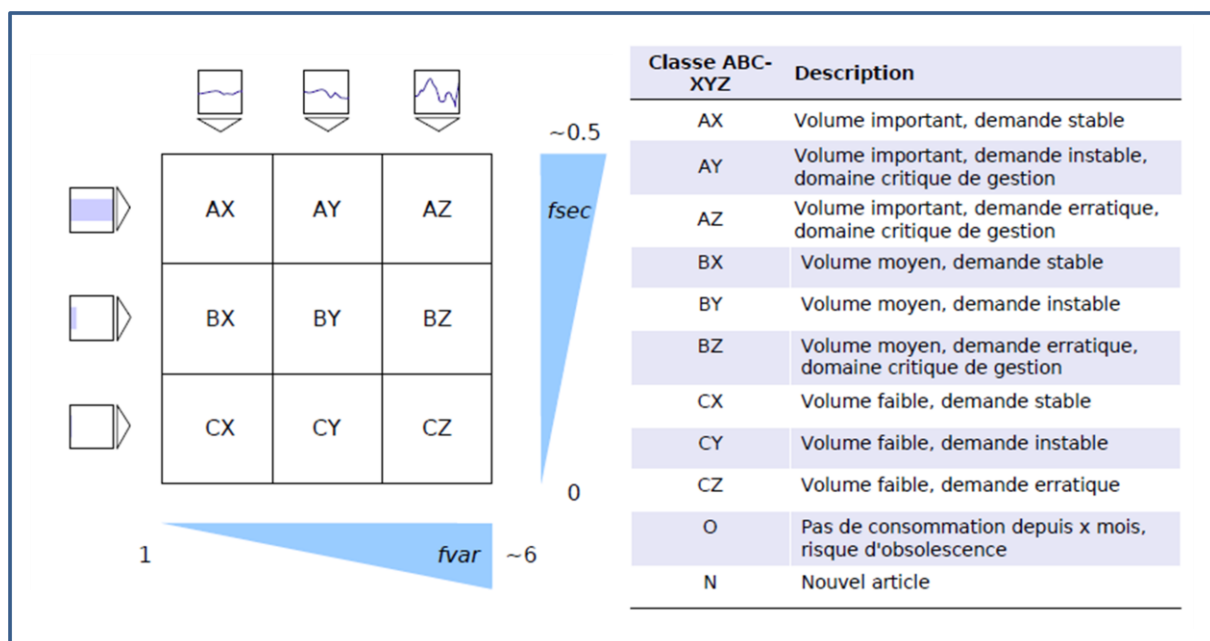


Figure 18: classification ABC-XYZ

⁴ Basé sur la loi de Pareto 80/20, statistique.

Où « fvar » représente la variabilité des ventes, qui est dans le marché de l'aéronautique très stable, on est donc très proche de 1. Malgré tout, la SONACA étant rentré dans un système d'urgence (dû aux mises à jour incessantes du MRP), elle se situe à l'heure actuelle au alentour de 3.

Taille de Lot et Point de Commande Relatif :

TLR, PCR	Classification de la Taille de Lot	Description
< 1.2	Critique	Risque de rupture
1.2 - 2	Bonne	Paramétrage dictée par la demande
2 - 5	Elevée	Processus et demande instable
> 5	Trop Elevée	Risque d'obsolescence, coûts de stockage élevés,...

Figure 19: TLR et PCR classification

Où « fsec » représente le stock de sécurité. Pour la tôlerie PPE, par manque de confiance de son client Assy, ce facteur est en effet presque toujours proche de 1.

Et, Stock de Sécurité Relatif :

SSR	Classification du Stock de Sécurité	Description
0	Nulle	Processus maîtrisé
0 - 0.3	Bas	Variabilité de l'environnement de production
0.3 - 1	Elevée	Processus et demande instable
> 1	Trop Elevée	Risque d'obsolescence, coûts de stockage élevés,...

Figure 20: TLR et PCR classification

La gestion actuelle de la SONACA se trouve donc clairement dans la matrice ABC dans une des cases « critiques » :

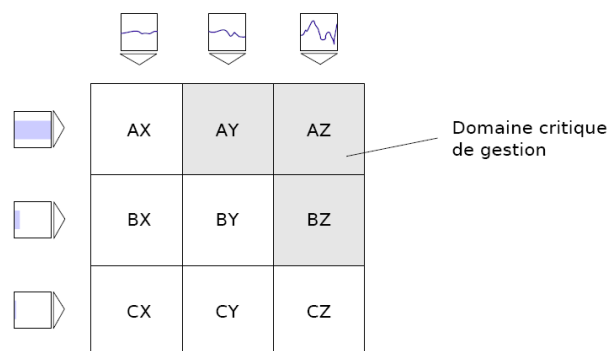


Figure 21: matrice ABC, domaine de gestion critique

Pourtant la production de la SONACA pourrait se situer dans la zone « CX », en effet les prévisions de ventes sont prévues plus d'un an à l'avance, donc la demande est assez stable et les volumes sont faibles !

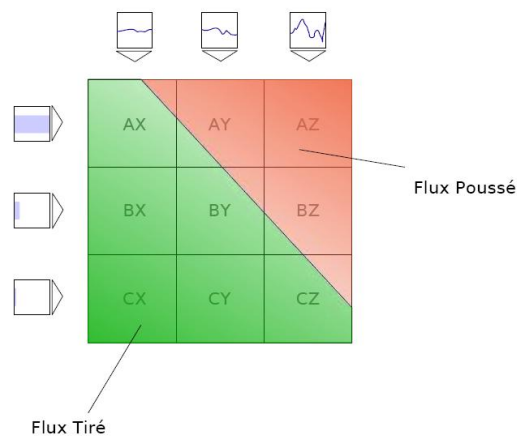


Figure 22: flux tiré et poussé dans classification ABC-XYZ

Le moyen le plus adapté à la production dans la zone PPE tôlerie est donc le flux tiré. Cependant pour passer du flux poussé au flux tiré, nous devons tout d'abord maîtriser la production et la variabilité, pour réduire les stocks de sécurité.

3.4. Solutions retenues

Nous avons retenus une solution en deux étapes :

La première étape (phase 1) est une solution de type de DBR, adapté à notre production, qui nous permettra de maîtriser, de stabiliser la production et les processus et de cadencer le flux. Comme vu dans la théorie sur le DBR, il faut choisir la ressource sur laquelle sera basé le plan de production. Ici, de par la configuration de la chaîne, nous avons choisi le poste en commun à tous les processus et donc le mieux adapté à une stratégie de type DBR, **la GFM**. Cependant, et par analogie hydraulique, nous avons réglé le robinet, débit, sans régler le tuyau. Il va sans dire que l'un ne va sans l'autre. Les postes post-GFM doivent donc être eux aussi adaptés pour éviter le mélange de l'encours. Nous avons opté pour la méthode FIFO qui est la plus conseillée dans ces cas-là.

À ce stade, nous nous sommes donc rapprocher du flux tiré à la limite possible du flux tiré :

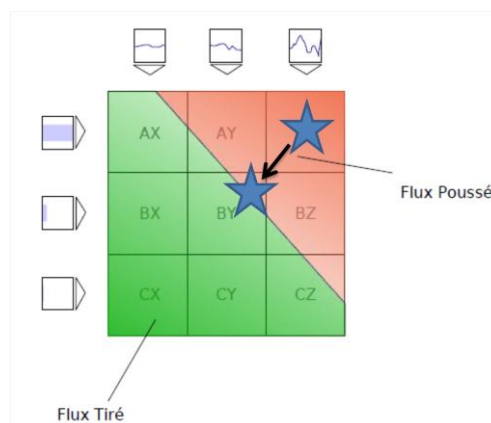


Figure 23: évolution de la production grâce au DBR et au FIFO

La phase 2 de la réorganisation de production, est de tirer le flux sur base de la production cadencée. Cette phase va nous permettre de clairement stabiliser la production et d'alléger une bonne fois les stocks de sécurité :

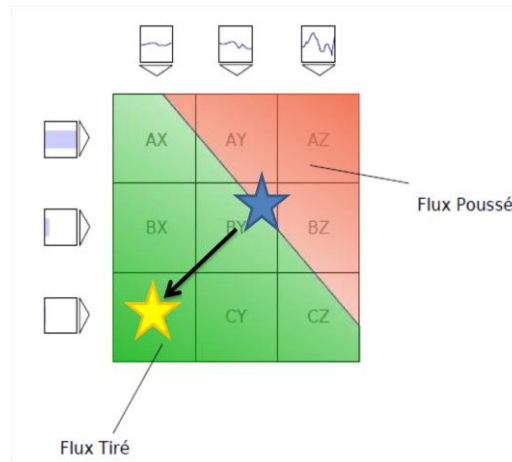


Figure 24: évolution de la production grâce au flux tiré

Pour mettre en place ces deux phases, une méthodologie de travail a été mise en place. Celle-ci nous permet de définir la direction à suivre.

3.5. Méthodologie de travail

Nous pouvons maintenant définir la méthodologie de travail sur 2 phases, la première centrée sur le cadencement (via DBR) qui permettra de maîtriser et stabiliser le flux et la seconde sur le flux tiré.

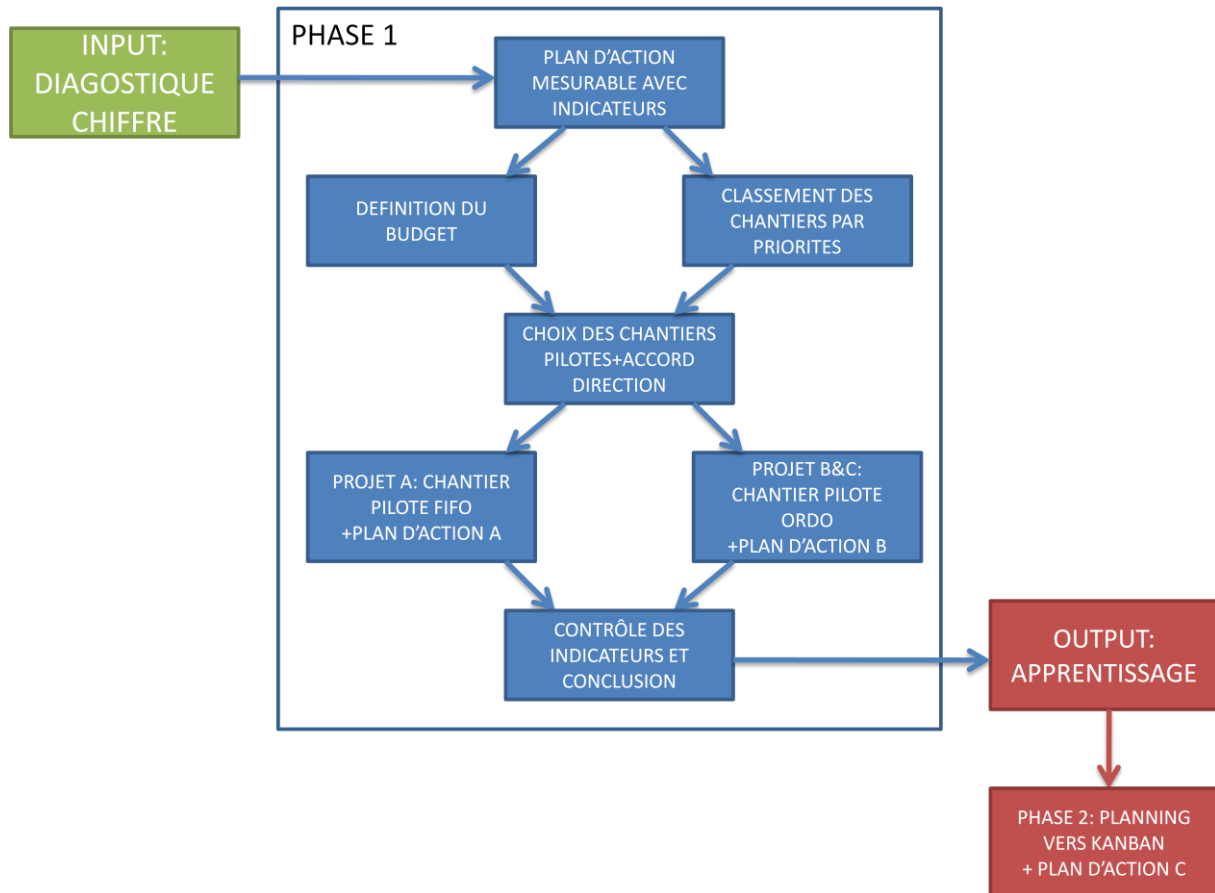


Figure 25 : méthodologie de travail du mémoire-projet

3.5.1. Phase 1: Input, diagnostique chiffré

Nous partons d'un constat (voir chapitre précédent) : la production se fait de plus en plus dans l'urgence. Tous les services support sont eux aussi impactés par la production PPE qui du coup vivent dans l'urgence (coups de feu).

L'encours est important et non-structuré, dans cette partie nous partons d'une base chiffrée nous permettant de calculer nos actions futures.

3.5.2. Plan d'action mesurable avec indicateurs

Le diagnostique chiffré nous permet de construire un plan d'action qui suit toujours les points suivants :

- Objectifs SMART
- Découpage de la tâche
- Détermination des inputs et outputs

- Planification des « livrables »

Pour déterminer le plan d'action d'introduction du JAT dans l'usine PPE, nous devons analyser la situation actuelle, déterminer la situation visée (ou « rêvée ») et de ces 2 points déterminer les ressources et les obstacles :

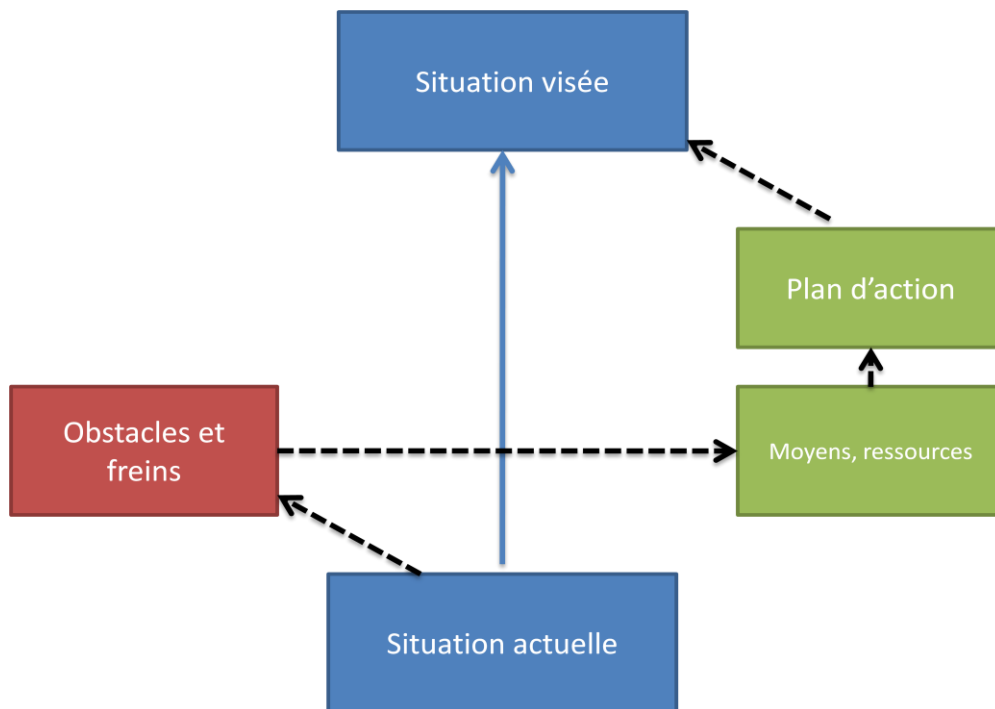


Figure 26: gestion transversale de projet

De la situation visée, nous pouvons maintenant déterminer les objectifs de la phase 1.

3.5.2.1. Objectifs SMART

Nous nous devons de bien déterminer les objectifs, d'une part pour justifier notre projet mais aussi d'autre part pour juger de l'avancement.

La définition d'un objectif SMART :

Spécifique (anglais : *Specific*)

Mesurable (anglais : *Measurable*)

Atteignable (anglais : *Achievable*)

Réaliste (anglais : *Realistic*)

Temporellement défini (anglais : *Time-bound*), Traçable

Les objectifs définis par la direction SONACA (Objectifs SCI, *Supply Chain Improvement*) sont : pour la phase 1 cadencement, une diminution de 25% de l'encours de valeur sur 2012. L'encours de la tôlerie PPE représente environ 1/5^e de l'encours global PPE

($\sim 1/5 * 5\text{M€} = 1\text{M€}$) soit une diminution de la valeur de l'encours de 250.000€ sur 8 mois, soit un pas de 31.250€/mois du 1/04 au 21/12/2012 inclus.

Ce qui répond au Spécifique, Mesurable et temporelle. Nous verrons plus loin, comment les points de vue Atteignable et Réaliste sont respectés et transposés sur le terrain.

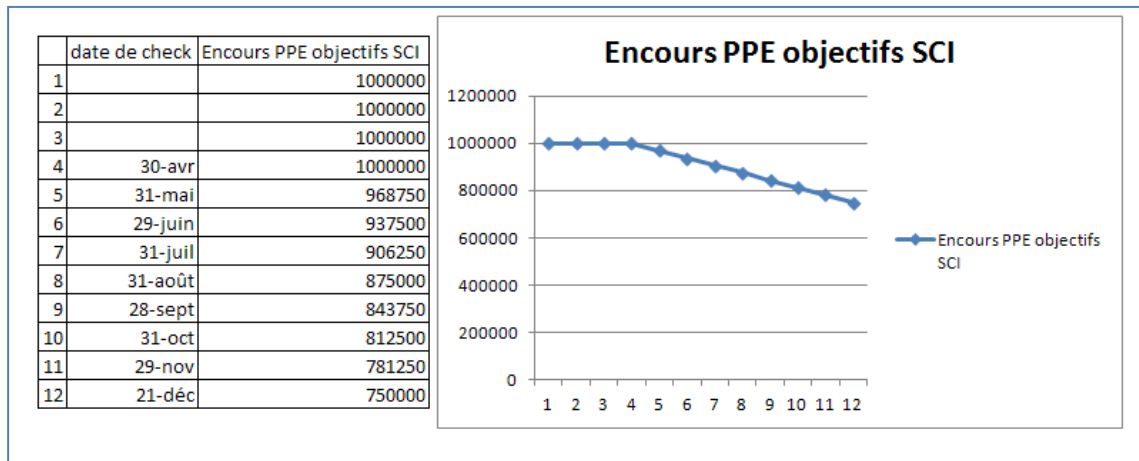


Tableau 8: objectifs SCI (supply Chain Improvement)

Nota : Le calcul des résultats doit être fait en « Flex⁵ », c'est-à-dire en fonction proportionnelle de la production sachant que la tendance est à la hausse dans les mois à venir). Normalement, dans un système KANBAN, l'encours ne doit pas s'envoler mais rester constant (on contrôle la vitesse du cycle à quantité d'OF dans l'encours constante), cependant en transition du flux poussé vers le flux tiré, la remarque est pertinente.

3.5.2.2. Découpage de la tâche

Les objectifs doivent être ensuite découpés en différentes tâches permettant d'atteindre le but dans les temps définis.

Pour atteindre les objectifs SCI, nous avons déterminé une série de projets.

Phase 1 :

- Projet A : FIFO aux postes dans la zone.
- Projet B : nouvel ordonnancement du découpage des tôles, nesting standard, flux cadencé
- Projet C : contrôle du nombre d'OF dans la zone

Projet par essais-erreurs grâce à la création d'une base de données de suivi hebdomadaire (pour éviter les ruptures de charge non voulues). Il faut donc passer d'abord par un travail de type « terrain », de nettoyage et de stabilisation au poste.

⁵ Différence entre les volumes planifiés et fabriqués réellement

Les goulots⁶ pour le moment ne sont pas non plus identifiables dû à la quantité d'encours et au système d'urgence qui flouent les rapports en ce sens. Plusieurs consultants ont essayé sans succès de clarifier. Nous nous devons de ne pas reproduire cette erreur et ne pas « cacher » les vrais problèmes.

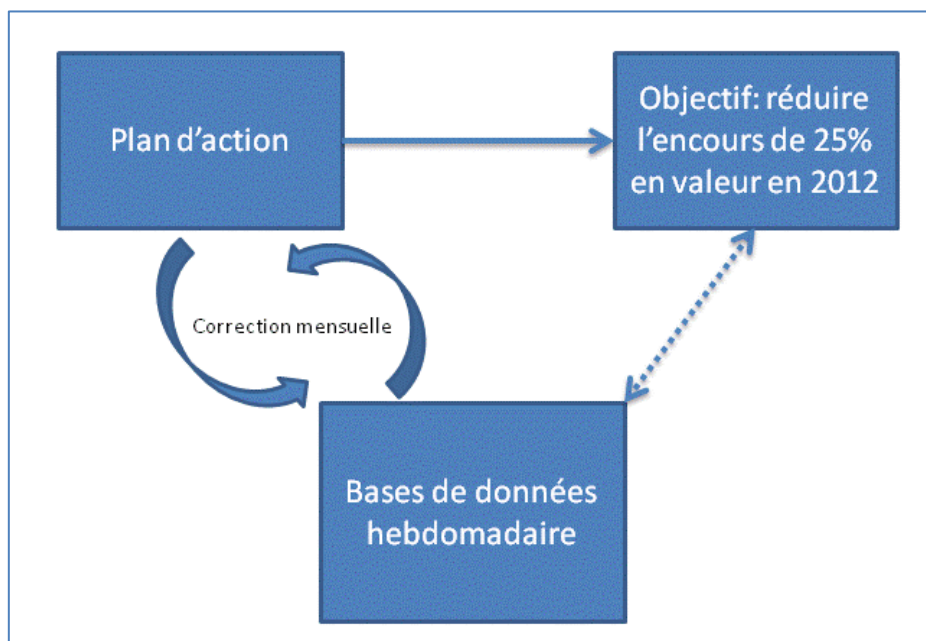


Figure 27: principe du plan d'action

3.5.2.3. Détermination de l'objectif réaliste et atteignable

Pour avoir une bonne idée de cycle actuel, nous nous sommes tout d'abord basés sur environ 1.150 OF pris entre 27/06/2011 et le 19/02/2012. Ce qui nous donne :

Type	Temps moyen de production PPE tôlerie [J]	Ecart type [J]
Ribs	48	13.5
Frame	55	32
Clip	59	30.7
SPAR	42.8	16.6
Support seal	39.2	18.9

Tableau 9: durée du cycle par famille de pièces

L'objectif serait donc de réduire le cycle et stabiliser l'écart type (une stabilisation de l'écart-type est synonyme de stabilisation du cycle). L'encours moyen est de 46J sur base du Pareto

⁶ Goulots d'étranglement, poste le plus lent, où la charge de travail s'accumule en ralentissant le reste de la chaîne.

fait sur les flux (voir chapitre 4) pour un passage sur environ 10 postes en moyenne. L'idée serait de garantir 3 jours d'attente maximum sur chaque machine soit un temps moyen stabilisé de 30 jours et une semaine (5J) maximum au buffer GFM soit environ 24% de gain. Par contre nous devons nous attaquer aux endroits où l'encours est le plus important, c'est-à-dire en début de cycle (sur base du constat fait dans le diagnostic (chapitre 2). L'encours est représenté par la colonne moyenne qui représente la production de temps moyen d'attente devant le poste

	CLIP	RIB	SPAR	SEAL SUPPORT	MOYENNE	OBJECTIF GAIN EN % ENCOURS TOTAL		
						PROJET A	PROJET B	PROJET C
BUF.GFM	42%	39%	33%	22%	34%	2%	7%	0%
TREMPE	13%	12%	30%	20%	19%	3%		
ASEA	7%	20%	8%	9%	11%	3%		
FINI.PPE	11%	12%	9%	8%	10%	2%		
PLIEUSE	14%	-	7%	20%	10%	2%		
BUF.TLE	6%	10%	8%	16%	10%	0%	2%	4%
FIN: LIGNE SUIVANTE	7%	7%	5%	5%	6%	0%	0%	

Tableau 10: répartition de l'encours et objectifs de gain

3.5.2.4. Planification des « livrables »

Nous avons des objectifs temporellement définis, qui sont décomposés en livrables (tâches à finir pour une date précise qui nous permettra d'atteindre l'objectif). Voici donc l'enchaînement du projet :

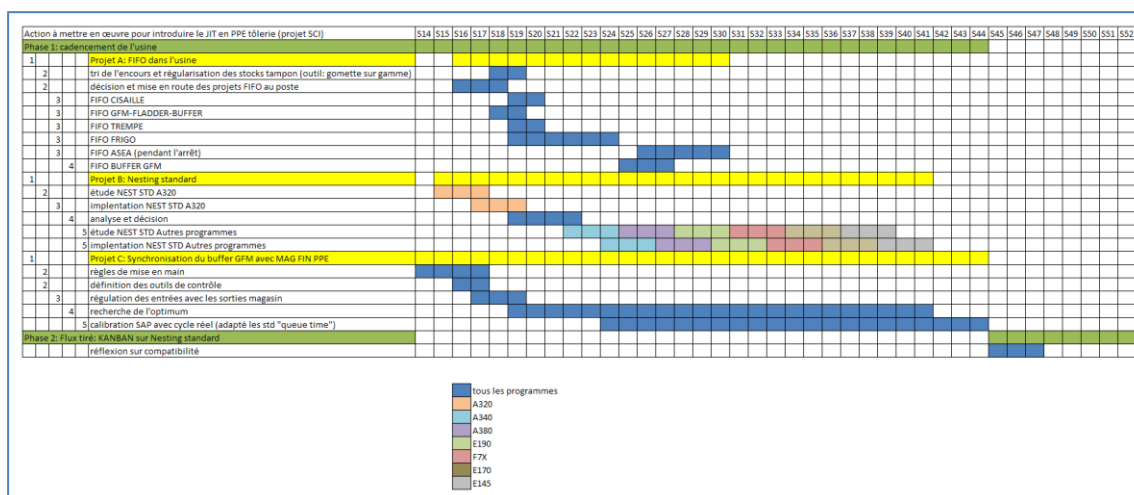


Tableau 11: planning macro du projet (lignes directrices)

Ce qui représente en termes de nombre d'OF : un passage d'encours d'environ 5.000 OF à 4.000 OF toujours « en flex » (cela constitue une approximation de travail assez pratique et très facilement vérifiable).

Sur base de l'évaluation des différents gains par projet voici la projection à atteindre à l'avenir (voir annexe A pour le détail des calculs de l'évolution temporelle par projet individuel) :

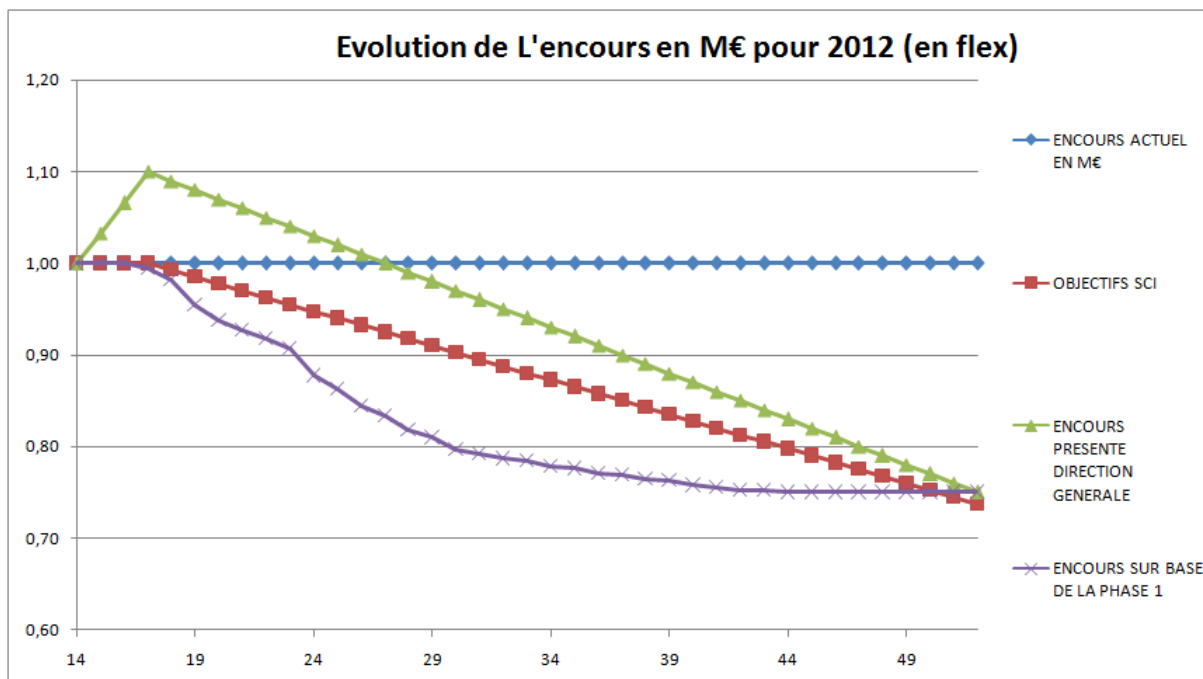


Figure 28: évolution de l'encours sur base des objectifs croisés

Les objectifs sont volontairement plus rapides que les objectifs SCI et ce afin de garantir la réussite si contretemps.

3.5.3. Classement des chantiers par priorités

Pour rappel dans la phase 1 :

- Projet A : FIFO aux postes dans la zone.
- Projet B : nouvel ordonnancement du découpage des tôles, nesting standard
- Projet C : contrôle du nombre d'OF dans la zone

3.5.3.1. Projet A : FIFO aux postes dans la zone

Bien sûr, ceci constitue des estimations sur des offres de prix sérieuses avec marge de 10%. La moyenne représente la proportion de temps moyen d'encours d'une pièce, plus celle-ci est importante et la priorité est élevée.

	MOYENNE	PROJET	COUT BUDGETE
BUF.GFM	34%	FIFO GFM-FLADDER	5000
		FIFO CISAILLE	7000
		FIFO BUFFER	1500
TREMPE	19%	FIFO TREMPE	2000
ASEA	11%	FIFO ASEA	3000
FINI.PPE	10%	FIFO FRIGO	5000
PLIEUSE	10%	FIFO PLIEUSE	3000
BUF.TLE	10%	AMENAGEMENT(BU F+PREPA LIGNE)	6000
FIN: LIGNE SUIVANTE	6%		?

Tableau 12: répartition de l'encours total par zones et plans d'action associés

Si le budget est suffisant, nous étendrons le nombre de chantiers, sinon nous les raccourcirons en attaquant évidemment les projets où l'encours moyen est le plus important tout en gardant la chronologie de la chaîne de valeur (voir chantier pilote ci-plus loin).

3.5.3.2. Projet B : ordonnancement du découpage des tôles, nesting standard

À l'heure actuelle, aucun budget n'est nécessaire car les modifications sont de type organisationnel.

3.5.3.3. Projet C : contrôle du nombre d'OF dans la zone

À l'heure actuelle, aucun budget n'est nécessaire car les modifications sont de type organisationnel.

3.5.4. Choix des chantiers pilotes et accord de la direction

Le budget ayant été fixé à 25.000 euros pour 2012, il a fallu sélectionner la zone et les chantiers. Dans ce genre de projet, il vaut mieux commencer le plus en amont possible et avancer étape par étape.

	MOYENNE	PROJET	COUT BUDGETE	SOLDE RESTANT	COUT REEL
				25000	?
BUF.GFM	34%	FIFO GFM-FLADDER	5000	20000	?
		FIFO CISAILLE	7000	13000	?
		FIFO BUFFER	1500	11500	?
TREMPE	19%	FIFO TREMPE	2000	9500	?
ASEA	11%	FIFO ASEA	3000	6500	?
FINI.PPE	10%	FIFO FRIGO	5000	1500	?
PLIEUSE	10%				
BUF.TLE	10%				
FIN: LIGNE SUIVANTE	6%				

Figure 29: budget et priorité projet A

Nous gardons 1500 euros de marge pour d'éventuel surcoût.

3.5.5. Maîtrise des processus (Projet A) : chantier pilote FIFO et plan d'action A

Les projets FIFO mis en œuvre ont été développés en concertation avec tous les acteurs de terrain, acteurs organisationnels et managers. Cette partie est extrêmement importante et conditionne tout le reste des projets. En effet, si les opérateurs ne croient pas au projet alors c'est peine perdue.

Afin de leur faire prendre conscience de l'importance du FIFO, nous avons d'abord mis en place un système d'étiquette (gommette) qui permet à tout le monde de voir l'intérêt d'une bonne gestion de l'encours au travers d'un outil visuel. Cet outil leur permet aussi d'imaginer plus facilement un aménagement de zone.

Ensuite, chaque projet FIFO est analysé dans son ensemble puis individuellement :

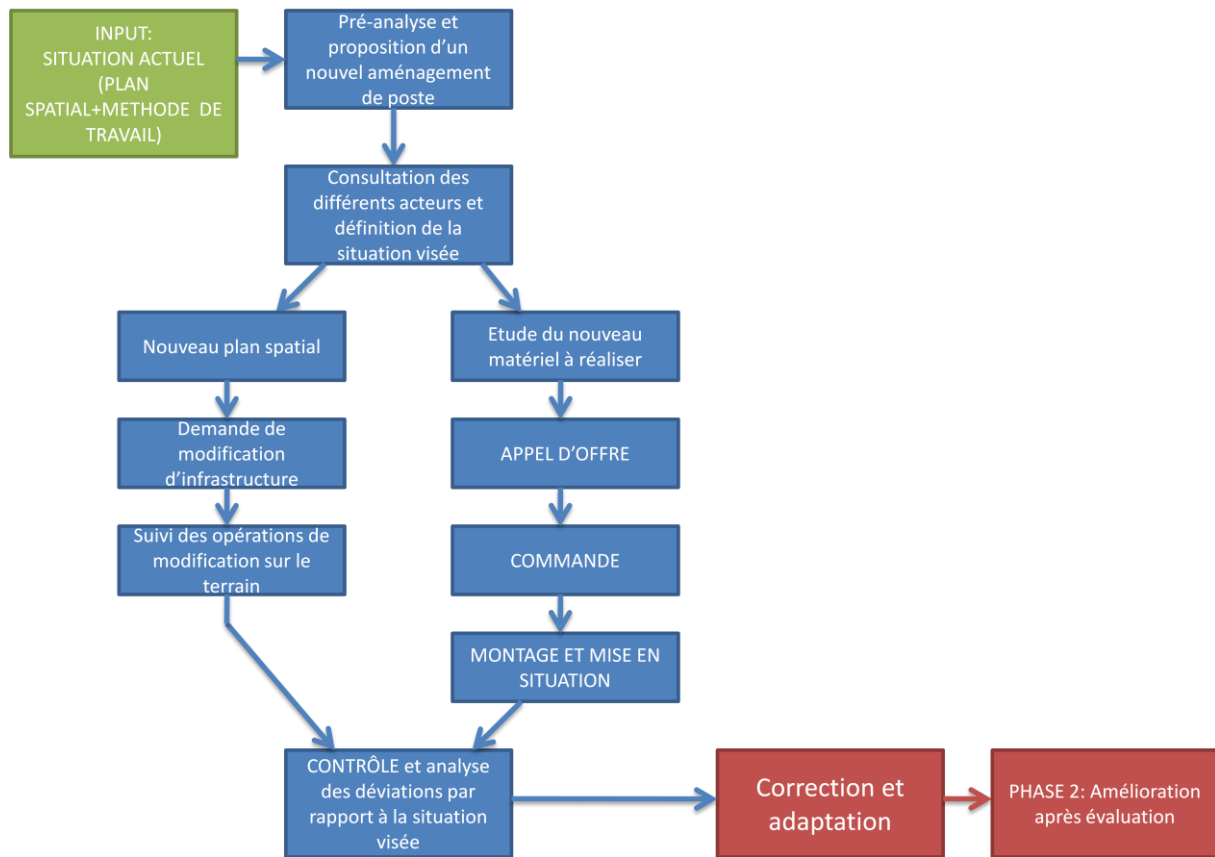


Figure 30: schéma de travail aménagement FIFO

Cette approche est progressive et permet un développement durable du projet, en tenant compte de la résistance au changement possible d'une partie des acteurs. En parallèle au FIFO une action au niveau de l'ordonnancement de la GFM doit être entreprise

3.5.6. Stabilisation des processus (Projet B&C) : chantier pilote « ORDO » et plan d'action B

La méthode d'ordonnancement actuelle est dictée par le MRP et ne tient pas compte des besoins réels ni du cycle réel (ERP en capacité infinie, chaque machine n'a aucune limite).

L'objectif dans un premier temps est donc d'analyser et cadencer (via une méthode type DBR) les besoins afin de recoller le MRP à la réalité, puis réduire l'encours en adaptant les cycles MRP.

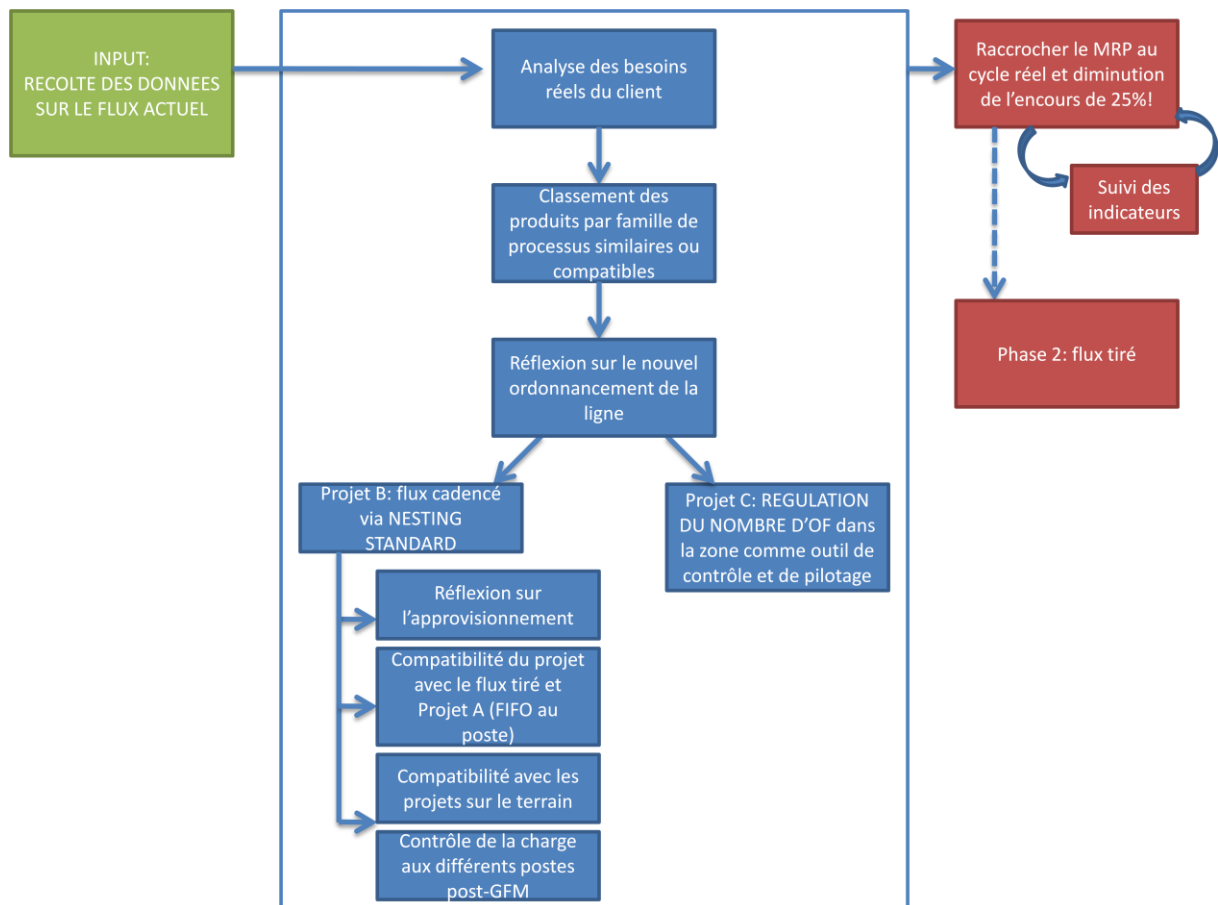


Figure 31: schéma de travail réflexion sur l'ordonnancement

Le travail de cadencement nous permettra de maîtriser et stabiliser nos processus. Pour vérifier si la direction est bonne il faut contrôler en permanence nos indicateurs.

3.5.7. Contrôle des indicateurs globaux et conclusion

Pour se faire, nous allons réutiliser une partie des indicateurs actuellement utilisés et calculés hebdomadairement pour les organismes de gestion de la SONACA :

- P/N à dates qui représente le pourcentage d'OF arrivés avant ou le jour même de la date du besoin MRP
- Les OF en retard, la même chose pour les OF arrivés après date du besoin.

Mais aussi, créer de nouveaux indicateurs :

- suivi de l'encours comptables (en effet, c'est ce paramètre qui compte pour la direction)
- suivi des stocks
- suivi des temps de passage au poste

le suivi régulier des indicateurs nous permettra non seulement d'éviter les ruptures de flux mais aussi d'apprendre de nos actions.

3.5.8. Phase 1: Output, Apprentissage

Cette partie sera pour ce mémoire en partie complétée par le démarrage du projet.

Dans le futur, nous devons la remplir des expériences concrètes, des actions mises en place et mesurées. Chacune des mesures complètera une base de donnée utile pour démarrer la phase 2 en flux tiré.

3.5.9. Phase 2: planning vers KANBAN, flux tiré et plan d'action C

Cette partie a une importance cruciale car elle correspond à l'objectif final du travail en PPE tôlerie. En effet, pour avancer, il faut savoir où on va. L'idée de ce point n'est pas de fournir des détails sur chacune des actions à entreprendre mais bien fournir les lignes directrices du plan d'avenir vers le flux tiré !

Nous répondrons donc aux questions suivantes :

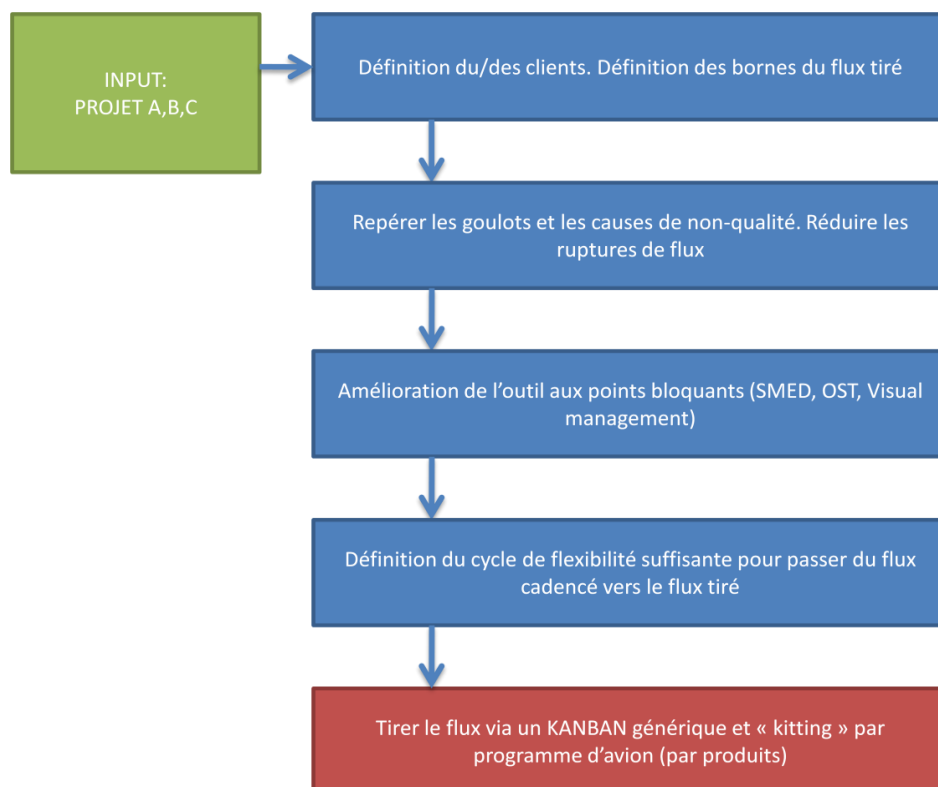


Figure 32: définition des lignes directrices du flux tiré futur

Une réflexion construite sur le long-terme a plus de chance d'aboutir... tout en n'oubliant pas que le KANBAN (ou JIT) sera fort différent du KANBAN en automobile et donc doit être adapté au petites séries non standardisées.

4. Analyse de la mise en œuvre des solutions retenues

4.1. Maîtrise du processus

La maîtrise des processus est obtenue tout d'abord sur le terrain. Dans un projet de cadencement de flux, il faut éviter que l'encours ne se mélange entre chaque postes et que les lots à produire se suivent à la file indienne.

Nous travaillons sur la phase 1 du projet SCI qui consiste au cadencement de l'usine PPE tôlerie, ce qui nous donne d'un point de vue planning et déroulement des actions :

Action à mettre en œuvre pour introduire le JIT en PPE tôlerie (projet SCI)				S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30	S31
Phase 1: cadencement de l'usine																					
1			Projet A: FIFO dans l'usine																		
2			tri de l'encours et régularisation des stocks tampon (outil: gommette sur gamme)																		
2			décision et mise en route des projets FIFO au poste																		
3			FIFO CISAILE																		
3			FIFO GFM-FLADDER-BUFFER																		
3			FIFO TREMPE																		
3			FIFO FRIGO																		
3			FIFO ASEA (pendant l'arrêt)																		
4			FIFO BUFFER GFM																		
1			Projet B: Nesting standard																		
1			Projet C: Synchronisation du buffer GFM avec MAG FIN PPE																		
Phase 2: Flux tiré: KANBAN sur Nesting standard																					
			réflexion sur compatibilité																		

Tableau 13: planning micro de la phase de mise en service du FIFO au poste

Cette partie s'intéresse à l'aménagement des postes en FIFO, ce qui correspond au projet A. Pour rappel, le FIFO a pour objectif d'éviter que la production ne soit mélangée entre chaque poste et donc garantir une meilleure fluidité des lots. La méthodologie de travail pour cette partie est la suivante :

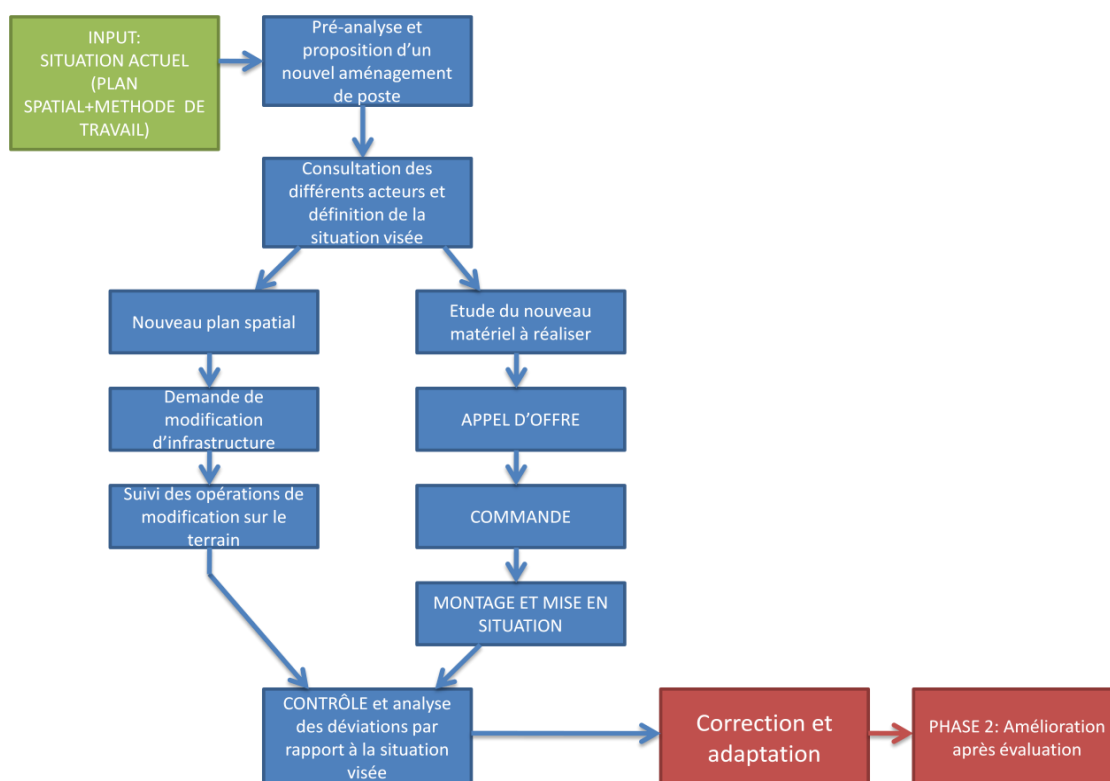


Figure 33: schéma de travail aménagement FIFO

Dans le cadre de cette partie, la plupart des chantiers sont encore à l'étude ou matériel commandé. Ce qui explique que nous n'ayons pas encore développé les points « montage et mise en situation » et la suite, de plus ces parties font parties de la pratique.

Pour rappel les gains espérés pour ce projet A est une réduction de 12% de l'encours répartis comme suit :

Poste FIFO	GAIN espéré
GFM-FLADDER-BUFFER + CISAILLE	1%
BUF.GFM	1%
TREMPE	3%
ASEA	3%
FRIGO (vers PLIEUSE et FINI.PPE)	4%

Figure 34: gain espéré par projet FIFO

Par la suite les projets seront développés dans l'ordre de la chaîne principale de fabrication :

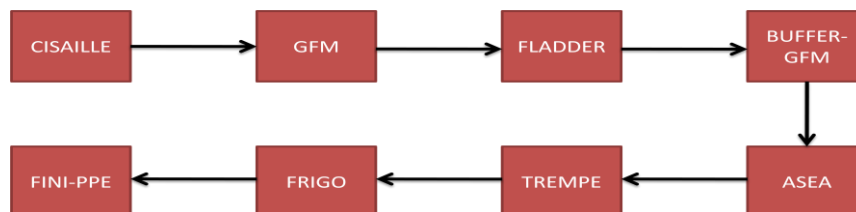


Figure 35: schéma de principe de la chaîne

Avant tout aménagement, il nous est paru utile et pédagogique de mettre en place un outil simple pour donner une première approche du problème aux opérateurs : le suivi des gammes via des gommettes collées.

4.1.1. Système de gommettes et tri de l'encours actuel :

Le but final est d'introduire à tous les postes le FIFO comme moyen visuel qui permettra à chacun de trier les lots devant son poste par ordre d'importance (le critère principal pour la réduction des encours étant la date de besoin).

4.1.1.1. Hypothèses :

La production de la GFM est à la base du problème de désynchronisation de la production avec le besoin : les besoins sont tirés plusieurs semaines à l'avance afin d'optimiser les tôles détournées (minimiser les déchets), comme vu ci-plus haut.

Or, après GFM, le « Buffer GFM » sert de régulateur.

La fonction du buffer est :

- De trier les pièces en sortie de la GFM par semaine.
- De faire sortir les pièces chaque semaine en fonction du temps de travail théorique restant dans l'atelier (donné par le MRP).

Nous connaissons donc avec précision la date de sortie des pièces du buffer. Cette date, calculée par le MRP, tient donc compte du besoin et en quelque sorte peut-être utilisée comme indicateur (les pièces les premières sorties du buffer doivent être finies en premières...). Cette technique nous permet d'avoir une base commune et fixe pour toutes les pièces détournées en GFM.

4.1.1.2. Le projet : étiquetage des gammes

Ce projet est simple et systématique :

En sortie du buffer, coller des gommettes sur lesquelles on écrit le numéro de la semaine de sortie de ce stock tampon (la date de départ dans la zone). Ce qui permettra à chaque opérateur pour la suite du processus de fabrication de prioriser son travail visuellement en tenant compte du besoin (puisque la sortie du buffer tient compte du MRP).

A l'heure actuelle, l'encours est mélangé à chaque opération car certaines opérations optimisent leur processus de fabrication en regroupant certains OF (exemple Trempe et ASEA).

L'idée est donc d'orienter le choix des opérateurs pour fonctionner au plus proche du FIFO en leur permettant de trier l'encours régulièrement.

Ce système peut être mis en place directement, ne nécessite pas beaucoup de moyen (le buffer est déjà prêt et quelques gommettes) et est applicable à tous les contrats.



Figure 36: description de l'équipement nécessaire pour étiquetage des gammes

4.1.1.3. Définition des règles de travail

Pour le buffer GFM : Apposer sur la gamme en sortie, une gommette avec le numéro de la semaine en cours



Figure 37: schéma de principe de l'étiquetage sur gamme

Pour les opérateurs après GFM : Trier le plus régulièrement possible les lots devant leur poste et faire passer ceux qui ont la date de sortie du buffer la plus faible.

Exemple : tous les lundis matin accorder une ou deux heures aux opérateurs et chef d'équipe pour trier l'encours devant leur poste. Cette opération peut-être faite plus régulièrement au besoin.

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi
6.00-8.00	TRI				
8.00-10.00					
10.00-12.00					
12.00-14.00					

Tableau 14:planning hebdomadaire de tri de l'encours via étiquettes

Cet outil doit être accompagné d'un aménagement en FIFO sur le terrain pour être vraiment efficace.

4.1.2. Projets FIFO : situation initiale

Voici la situation générale en symbolique, vous trouverez en Annexe C la légende qui vous permettra de vous y retrouver dans le schéma. Ce travail de standardisation a une importance dans la communication inter et intra projet : avoir une bonne vue d'ensemble de la zone est

primordiale pour la suite du projet afin de vérifier la compatibilité entre les différents projets de FIFO et le reste. En bleu, vous trouverez les principales machines à mettre en FIFO.

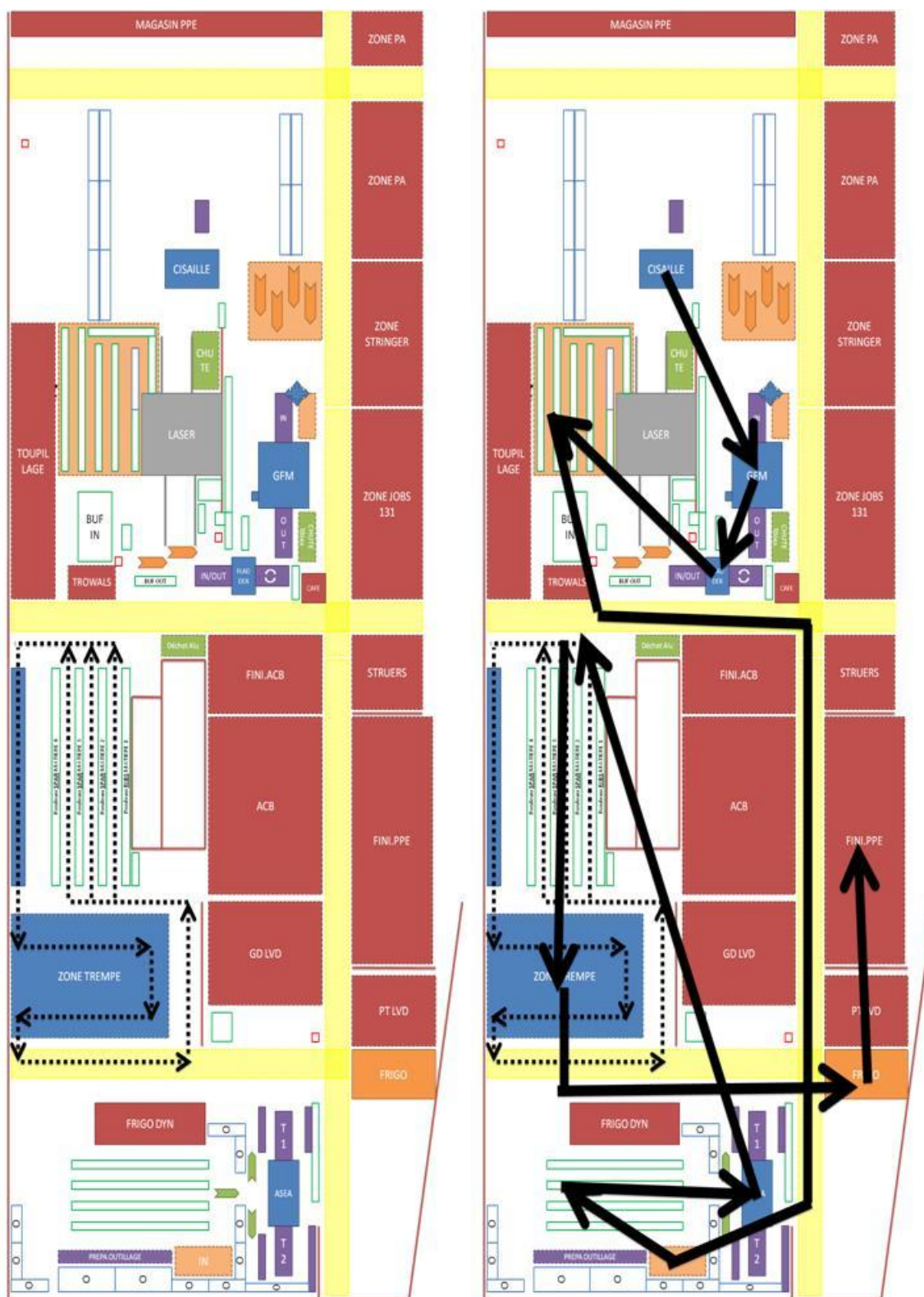


Figure 38: schéma de la zone en symbolique (avant projet FIFO) et vue avec flux principal

Nous commencerons par présenter la tôlerie de manière générale dont voici la chaîne de valeur :

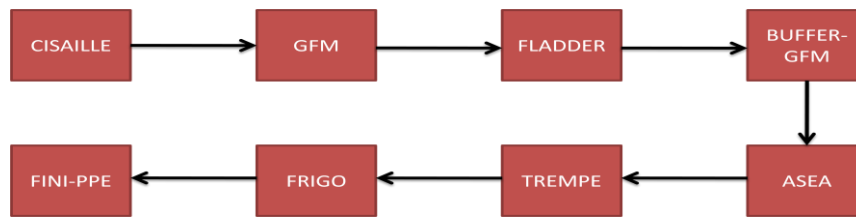


Figure 39: schéma de principe de la chaîne

Pour commencer nous développerons donc la cisaille qui sert aussi d’approvisionnement de la ligne tôlerie.

4.1.3. FIFO CISAILLE

Naturellement le premier maillon de la chaîne à améliorer est la cisaille. Les gains espérés au niveau du FIFO sont faibles mais nous allons le voir il peut préparer au mieux le poste suivant, la GFM mais aussi l’approvisionnement qui est un point crucial dans un projet JAT.

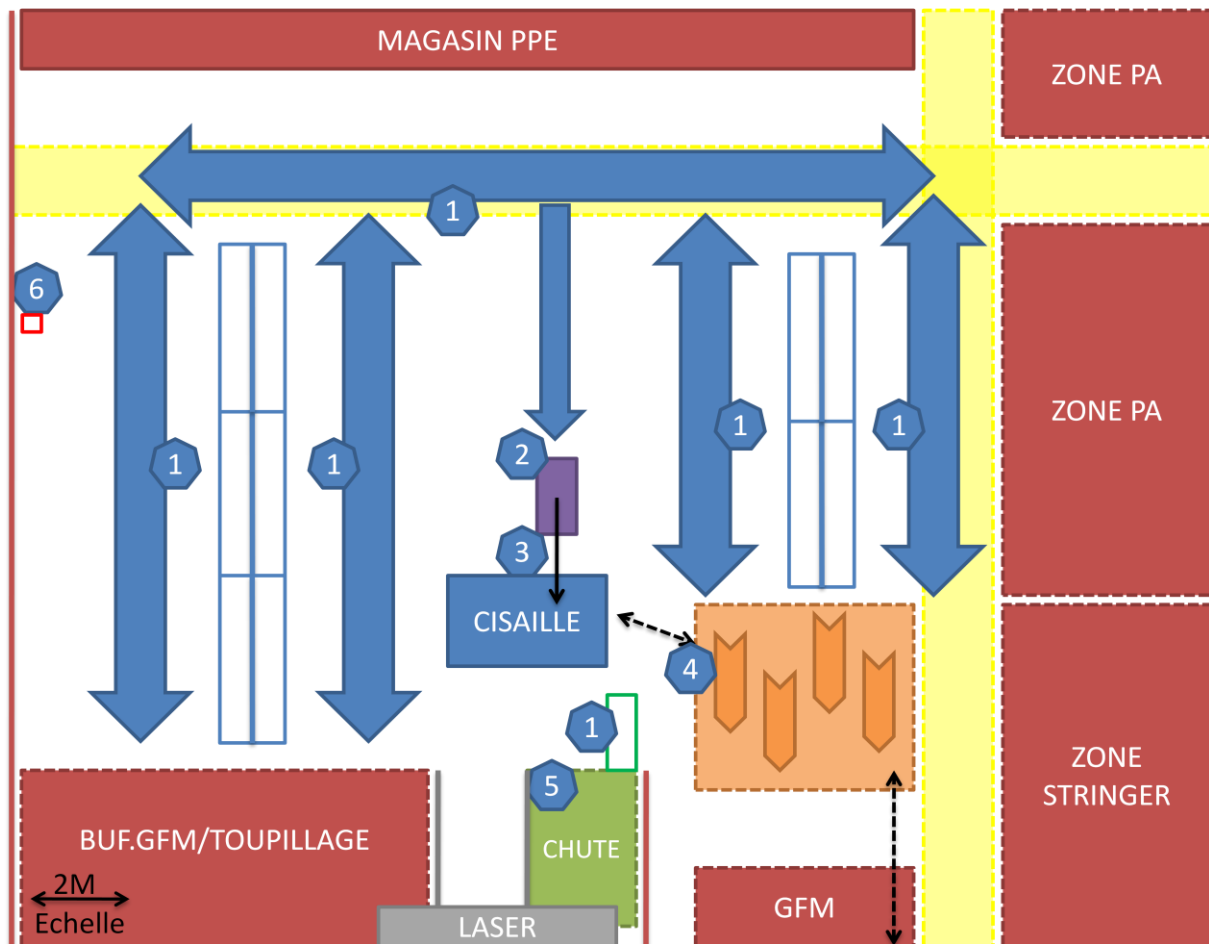
4.1.3.1. Situation actuelle

Le poste cisaille comporte deux fonctions dans la ligne tôlerie :

- C’est le magasin de tôle pour la zone : c’est donc lui qui est en charge du stockage et de l’approvisionnement de la zone.
- La cisaille gère aussi la mise à longueur des tôles, d’où son nom.

Liste des opérations dans l’ordre :

1. Lecture OF et recherche de la tôle
2. Convoyage de la tôle jusqu’à la zone de préparation
3. Cisaillage
4. Rangement et manipulation tôle
5. Rangement de la chute si nécessaire
6. Pointage SAP de la gamme



4.1.3.2. Pré-analyse et proposition d'un nouvel aménagement de poste

- 1) Une première approche montre que le temps de recherche des tôles dans le stock est très important (20 min). Ceci est dû principalement au manque de rangement et d'organisation. Nous avons donc entamé une démarche d'organisation du stock par matière et par fréquence d'utilisation, avec une numérotation précise de chacune des étagères et de chaque étage, les matières les plus utilisées au niveau du sol et proche de la machine. Dans le schéma :

WAS	IS
	

Figure 41: schématique nouvelle étagère de tôles

Ce qui nous donne par exemple :

Matière	N°étagère	N° niveau
2024 CLAD 2.0mm	A	4
7075 CLAD 1.6mm	B	6

- 2) Une deuxième approche montre que même en rangeant toutes les tôles convenablement, il n'y a pas assez de place sur les étagères. Une proposition d'achat a donc été faite dans ce sens. Deux étagères avec 10 emplacements pour tôles de 1,2*3,6m seront nécessaires à côté du magasin PPE.
- 3) Les manipulations de la tôle une fois découpées pour les mettre sur le chariot et pour les décharger ne sont pas faciles avec un seul opérateur. De plus nous le verrons plus loin, à la GFM nous disposons d'un bras avec ventouse qui est utilisé pour manipuler les tôles mais la prise ne peut se faire que horizontalement. Un prototype de chariot basculant d'une position oblique vers horizontale (compatible entre GFM et CISAILLE) va être produit.

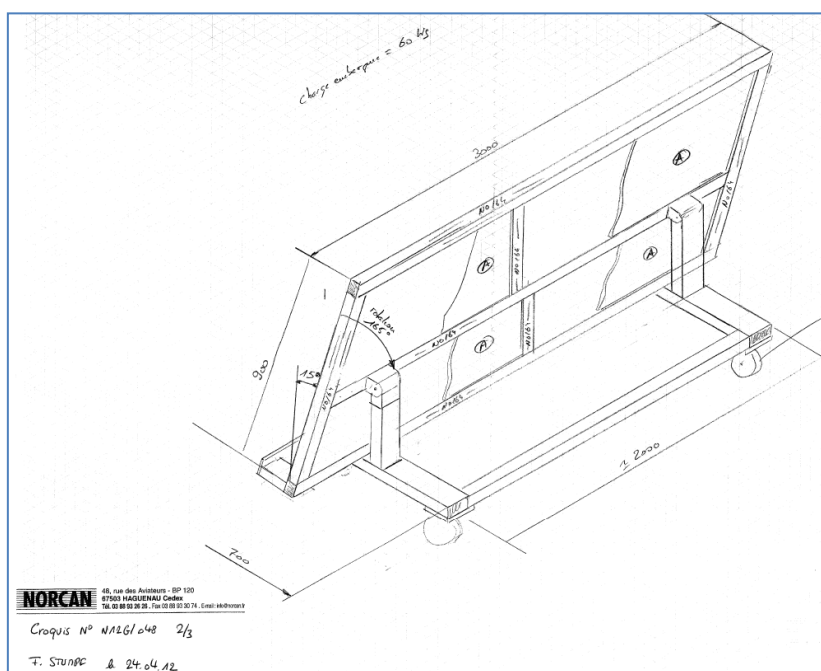


Figure 42: modèle prototype de chariots basculants de chez NORCAN pour tôle 3.6*1.2m⁷

⁷ Monté en flexible via l'équipe « Moonshine shop » de la Sonaca. Cette équipe construit des chariots tubulaires flexibles qui peuvent être adapté suivant les besoins, ce qui est extrêmement utile dans le cadre d'une projet en transition et évolution.

De plus, dans l'optique du JAT, les délimitations au sol des emplacements des chariots seront ajoutées et les chariots seront numérotés et ce afin de donner un ordre précis aux différentes préparations de la cisaille.

Ce qui nous donne d'un point de vue schématique :

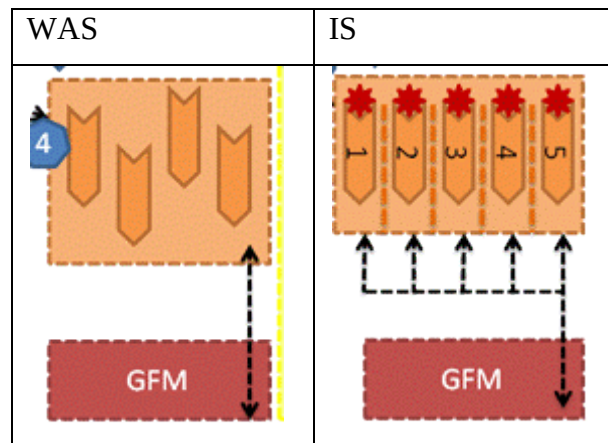


Figure 43: schématique nouvelle zone chariots

- 4) La gestion des chutes est elle aussi un problème, il n'y en effet pas d'endroit prévu à cet effet. Là aussi un projet de rangement et de classement est à envisager. Dans un premier temps nous envisageons la récupération des anciens chariots (voir point 3) pour former une zone de stockage flexible. À plus long terme, un achat de rack de stockage est prévu :



Figure 44: rack de stockage de chutes de tôle

4.1.3.3. Consultation des différents acteurs et définition de la situation visée

Les différentes propositions ci-dessus ont été avalisées par les opérateurs.

4.1.3.4. Aménagement des infrastructures actuelles et nouveau matériel

Nouveau plan spatial :

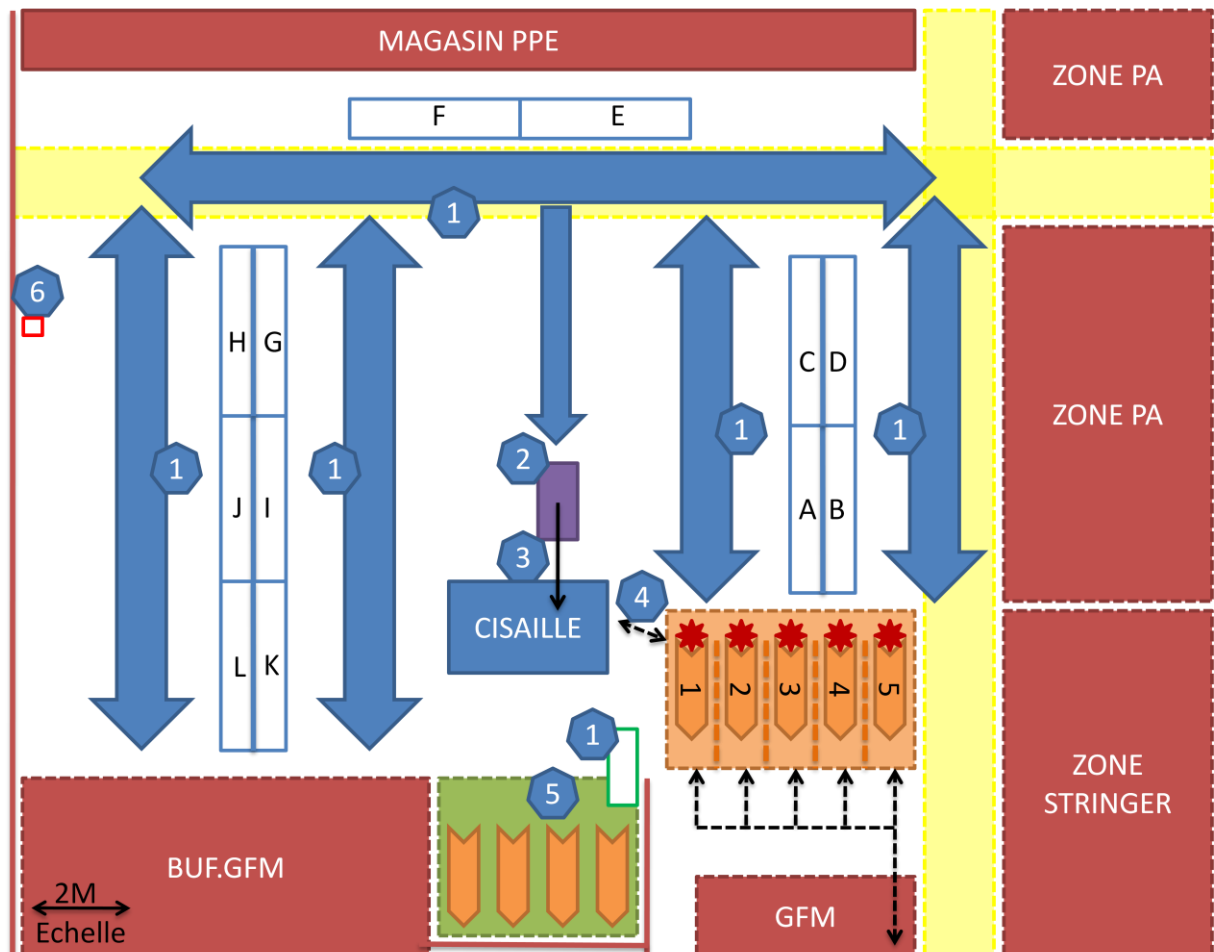


Figure 45: description schématique de la nouvelle zone CISAILLE

Le lien avec le JAT est assez évidemment, la numérotation des chariots de préparation avant GFM, garantit un non mélange des NEST dès le départ.

4.1.3.5. Gains espérés

Comme expliqué ci-plus haut :

- Gain au niveau du temps de recherche des tôles passage de 20 minutes à 10 minutes, tout les temps jusqu'au placement devant la CISAILLE
- Gain en JAT faible, mais amélioration pour le poste suivant (GFM).

La cisaille en tant que premier maillons de la chaîne est le premier changement a démarrer dans notre projet avant d'attaquer la GFM.

4.1.4. FIFO GFM-FLADDER-BUFFER

Ici, nous espérons faire un léger gain de 1% de l'encours total de PPE tôlerie cependant l'aménagement du poste touche l'ergonomie et la productivité, notamment en dégagant l'espace de travail et en clarifiant la zone.

L'espace GFM commence juste après la poste Cisaille et se limite au buffer qui constitue pour le moment une rupture dans le flux.

Volontairement nous avons rassemblé la GFM et la Fladder afin d'augmenter la synergie de ces deux machines proche l'une de l'autre.



Figure 46: situation GFM et Fladder dans la Chaîne

4.1.4.1. Situation actuelle

Le poste GFM a la fonction suivante dans la ligne tôlerie :

- Le détournage des tôles : c'est-à-dire l'opération de découpe des pièces à plat dans la tôle. Ce découpage se fait dans une machine à commande numérique.

Le poste Fladder a quant à lui la fonction suivante dans la ligne tôlerie :

- Les pièces une fois sortie de détournage à la GFM doivent être ébavurée, c'est-à-dire rendre les bords de pièces lisses et non coupants.
- Remarque importante, il y a une désynchronisation inévitable entre la GFM et la FLADDER. En effet, la GFM travaille sur un empilement de tôles d'un coup et la FLADDER ne passe qu'une tôle à la fois, donc stock tampon entre les deux machines...

Enfin, le poste Buffer-GFM a la fonction suivante:

- Stocker les pièces produites à la GFM afin de distiller le besoin dans la suite de la ligne. En effet, la production de la GFM est tirée sur plusieurs semaines pour optimiser le détournage de chacune des tôles, ce qui provoque un décalage entre la production et le MRP. Nous le verrons plus loin, le Buffer-GFM a fait l'objet d'une étude FIFO ci-plus bas.

Liste des opérations dans l'ordre, premier opérateur :

1. Lecture OF et préparation des outils nécessaires (vérification de la disponibilité des outils coupants)
2. Récupération des tôles sur le chariot (les tôles sont à l'oblique) ou sur une palette (les tôles sont donc à l'horizontale)
3. Mise des tôles sur la table d'entrée de la machine. Quand les tôles sont à l'horizontale, l'opérateur charge la machine grâce à une potence automatique. Par contre, quand les tôles sont sur le chariot à l'oblique, la potence est inutilisable (car pas de rotation possible de

celle-ci) ce qui oblige l'opérateur à porter la tôle de 5 à 15 Kg (risque de blessure et de griffe sur la tôle, parfois besoin de 2 opérateurs pour les plus lourdes tôles)

4. Démarrage du programme sur la CN
5. Quand le programme est fini, déchargement des différents lots de pièces découpées et évacuation des chutes de tôle.
6. Dépôt des différentes pièces détournées sur des rouleaux
7. Pointage de la gamme pour signaler la fin de l'opération

Deuxième opérateur :

8. Récupération des pièces détournées laissées par l'opérateur précédent
9. Dépôt des pièces sur un chariot de délestage. L'opérateur pose les pièces sur une table qui rentre dans la FLADDER, il récupère les pièces de l'autre côté, les retourne, et toutes repassent dans l'autre sens.
10. L'opérateur vide sa table sur un deuxième chariot qui le déleste des pièces ébavurées.
11. Enfin, il pose à la main les pièces finies au Buffer...

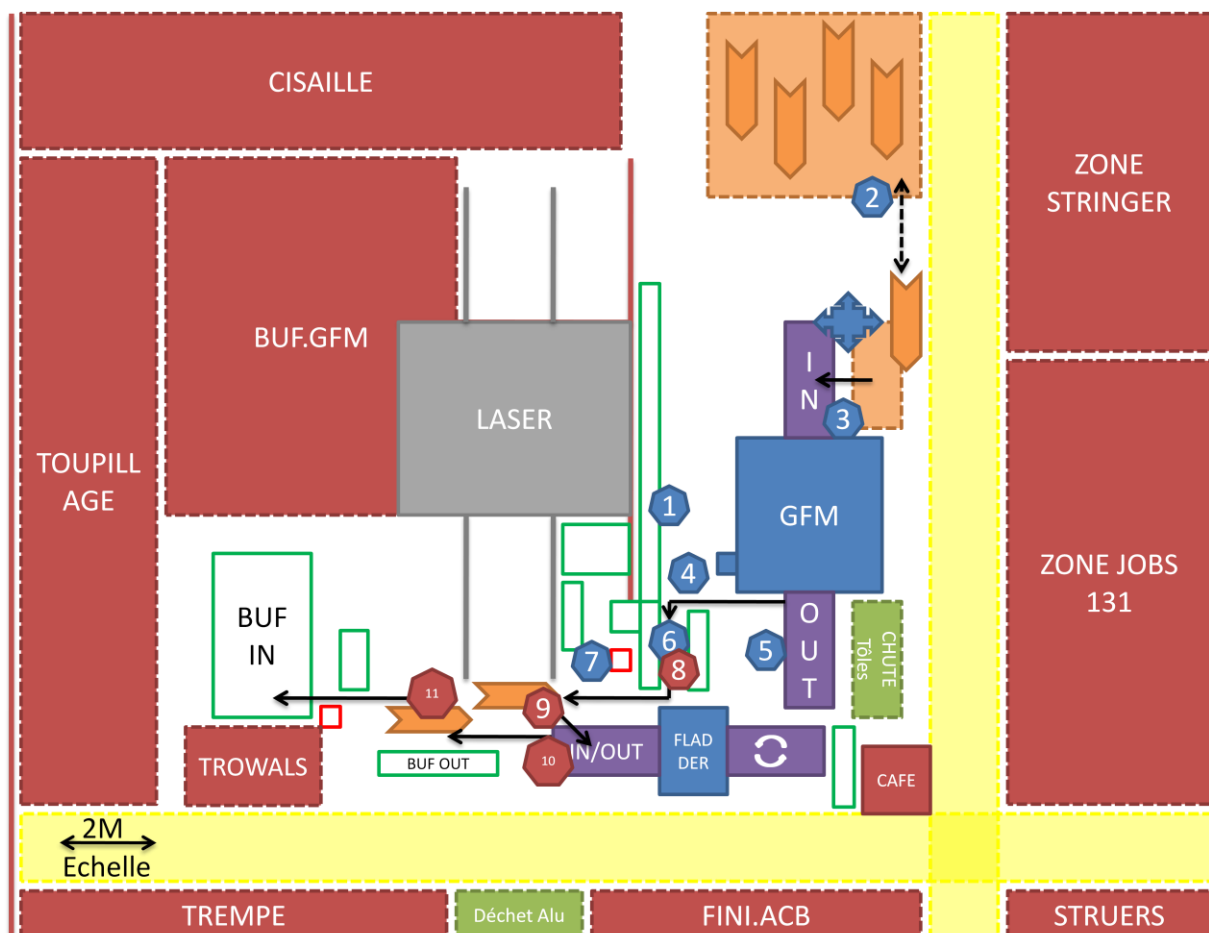


Figure 47: description schématique de la zone GFM-FLADDER-BUFFER

4.1.4.2. Pré-analyse et proposition d'un nouvel aménagement de poste

- 1) Première remarque, c'est la difficulté d'utilisation des chariots au moment de la préparation des tôles sur la table (opération 3) lors de laquelle on ne sait pas utiliser la potence. Le point a déjà été évoqué lors du FIFO CISAILLE, en voici la raison.

Pour rappel, schématiquement :

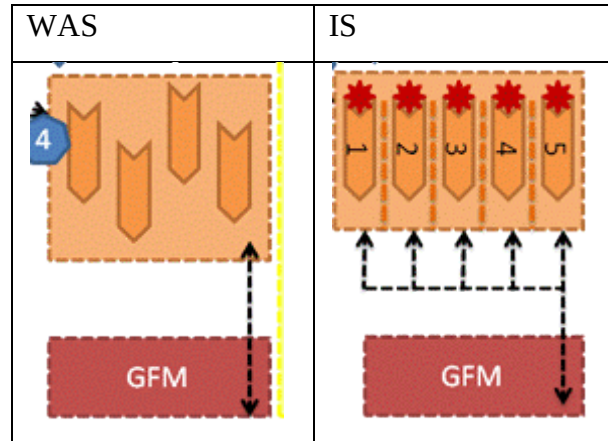


Figure 48 : schématique nouvelle zone chariots (rappel)

- 2) Il y a un manque de place évident pour réaliser les mouvements dans la zone. Il faut dégager de l'espace, notamment en démontant (en tout cas partiellement) la machine inactive « LASER ».
- 3) Toutes les phases de transport sont effectuées à la main, il est possible de dégager la zone et d'utiliser le même chariot pendant tout le travail, ce qui évite de disposer les pièces n'importe où et surtout de mélanger l'encours. La proposition est donc de créer une file indienne de chariot entre la GFM, la Fladder et le Buffer IN. À l'heure actuelle deux chariots adaptés sont disponibles dans la zone. L'idée est de passer à un chariot par jour de travail. Ainsi la production est facilement séquencée et visuellement facilement gérable en numérotant les chariots :

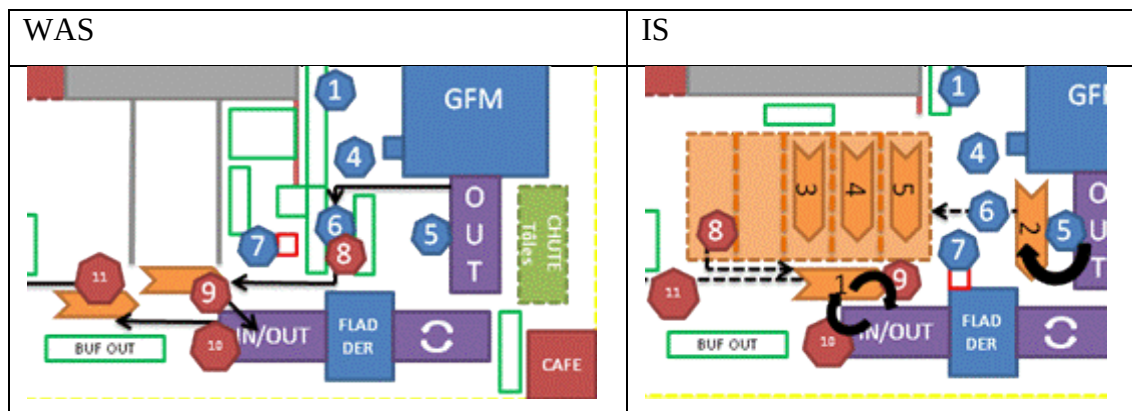


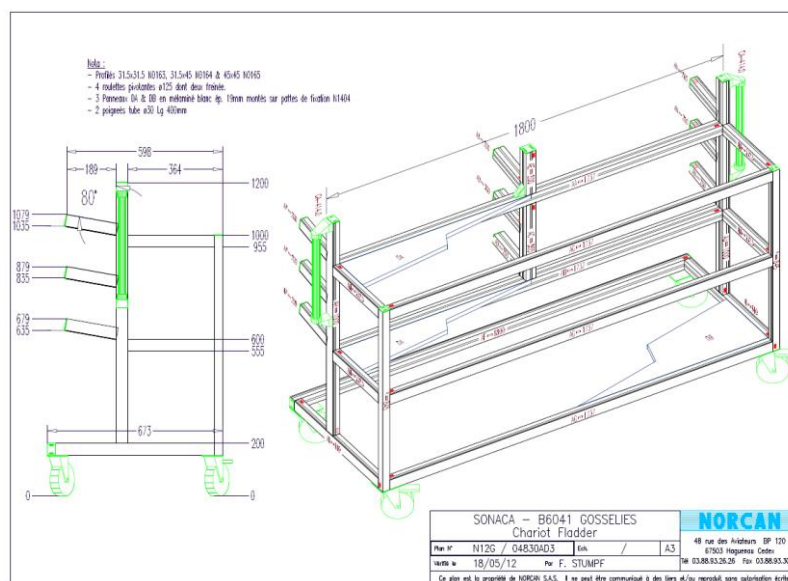
Figure 49: schématique nouvelle zone FLADDER-GFM

Ou encore sous forme de masque de production :

	JOURS				
	LUNDI	MARDI	MERCREDI	JEUDI	VENDREDI
GFM	CHAR 1	CHAR 2	CHAR 3	CHAR 4	CHAR 5
FLADDER	CHAR 5	CHAR 1	CHAR 2	CHAR 3	CHAR 4

Le cycle peut évidemment être accéléré, seul l'ordre des chariots compte...

Voici le type de chariot acheté chez NORCAN, compatible grandes pièces côté « sapin » et caisse coté « étagère ». Nous en possédons déjà 2 en mécano-soudé, ceux-ci sont entièrement démontables :



4.1.4.3. Consultation des différents acteurs et définition de la situation visée

Les différentes propositions ci-dessus ont été avalisées par les opérateurs. Les opérateurs sont même demandeurs car ils gagnent de la place et la zone devient plus propre.

4.1.4.4. Aménagement des infrastructures actuelles et nouveau matériel

Nouveau plan spatial : en tenant compte évidemment des modifications faites à la Cisaille ;

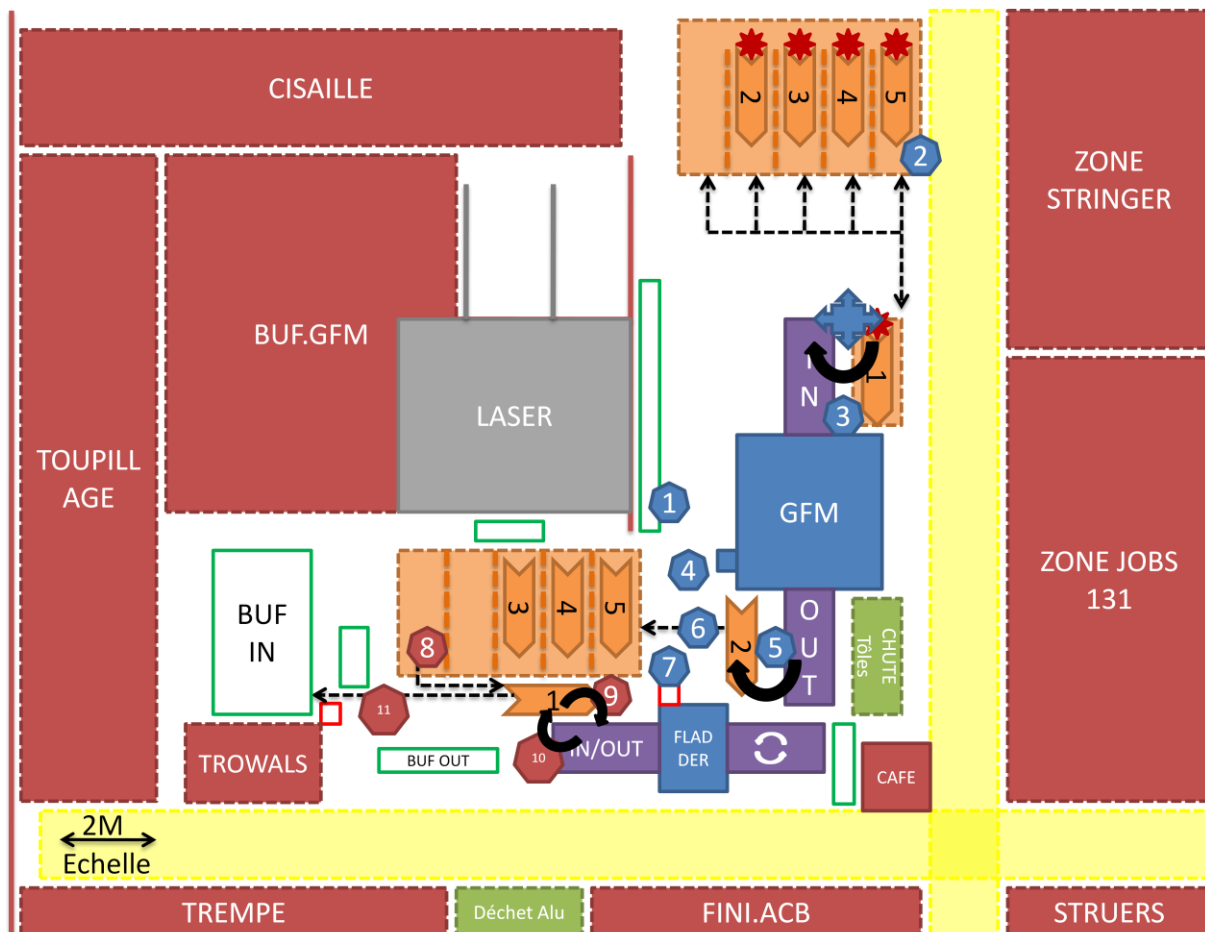


Figure 51: description schématique de la nouvelle zone CISAILLE

D'un point de vue JAT, le gain est évidemment énorme : plus de stock caché. Les NEST faits à la GFM passe dans l'ordre à la FLADDER et les NEST préparés à la cisaille sont dans le bon ordre (nous le verrons, cela aura une importance dans le NESTING standard).

4.1.4.5. Gains espérés

Au niveau du JAT tout d'abord un gain d'environ 1% de l'encours total.

Par contre gain de productivité intéressant :

- D'une part par la simplification de la préparation des tôles sur la table de préparation
- D'autre part une meilleure utilisation des mouvements des opérateurs entre GFM-FLADDER et BUF.GFM : moins de déplacements inutiles puisque que les lots sont transportés ensemble au lieu d'individuellement à l'heure actuelle.

Les pièces en sortie de Fladder sont donc apportées au BUFFER.GFM qui lui-même fait l'objet d'une réorganisation.

4.1.5. FIFO BUFFER GFM

Comme nous l'avons vu ci-plus haut, le buffer GFM est positionné juste après la GFM et la Fladder :

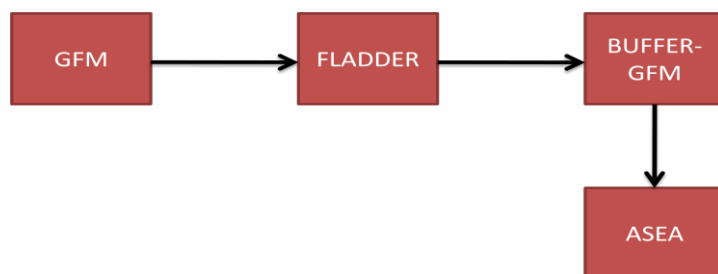


Figure 52: positionnement du buffer.GFM dans la chaîne

Pour le Buffer.GFM, les postes postérieurs sont multiples, il faudra donc prévoir une gare de sortie multiprocessus (dans notre cheminement, nous prenons la RIB A320 comme référence et donc le poste suivant est l'ASEA).

4.1.5.1. Situation actuelle

Le tri par semaine y est déjà effectué de par sa nature.

Le poste BUF.GFM a la fonction suivante dans la ligne tôlerie :

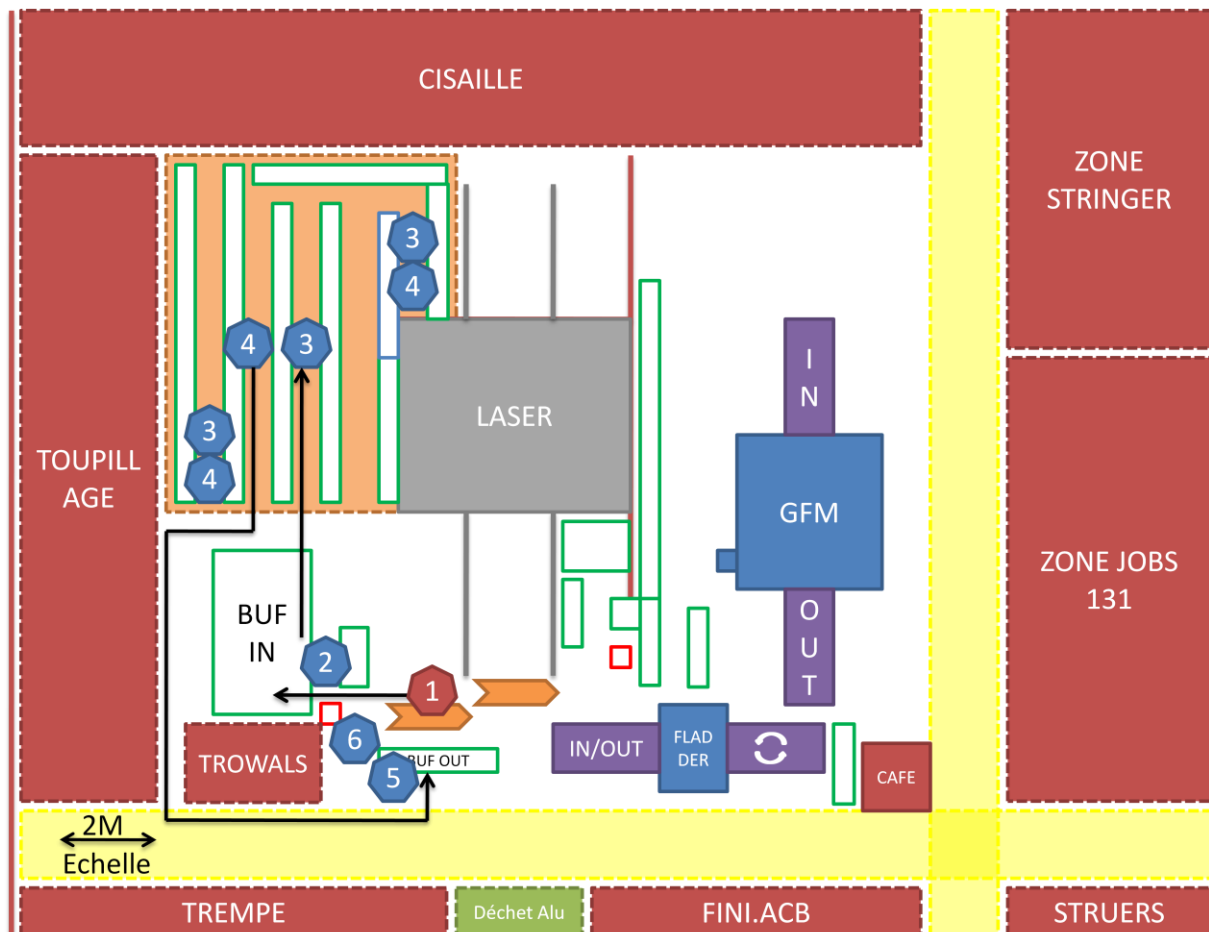
- Comme expliqué ci plus haut : « *Stocker les pièces produites à la GFM afin de distiller le besoin dans la suite de la ligne* ».

Liste des opérations dans l'ordre, premier opérateur « FLADDER »:

1. L'opérateur dépose les pièces sur un établi « BUF-IN » ;

L'opérateur qui gère le Buffer :

2. Trie les pièces arrivées pour les répartir par semaine ;
3. Chaque semaine elles sont entassées ensemble sur les rouleaux prévus dans la zone ;
4. Quand arrive la bonne semaine, l'opérateur rassemble les pièces ;
5. Les pièces de la semaine en cours sont amenées sur un rouleau de sortie à destination de la logistique qui est chargée de répartir les lots dans le reste de la chaîne (ASEA, FINI-MAN,...) ;
6. Les gammes sont scannées pour déclarer la fin du stockage tampon au BUFFER.



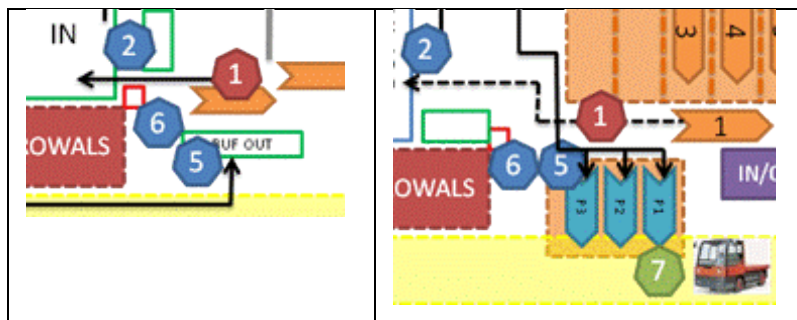


Figure 54: shématique nouvelle zone OUT du BUF.GFM

4.1.5.3. Consultation des différents acteurs et définition de la situation visée

L'aménagement est fait avec les opérateurs.

4.1.5.4. Aménagement des infrastructures actuelles et nouveau matériel

Nouveau plan spatial :

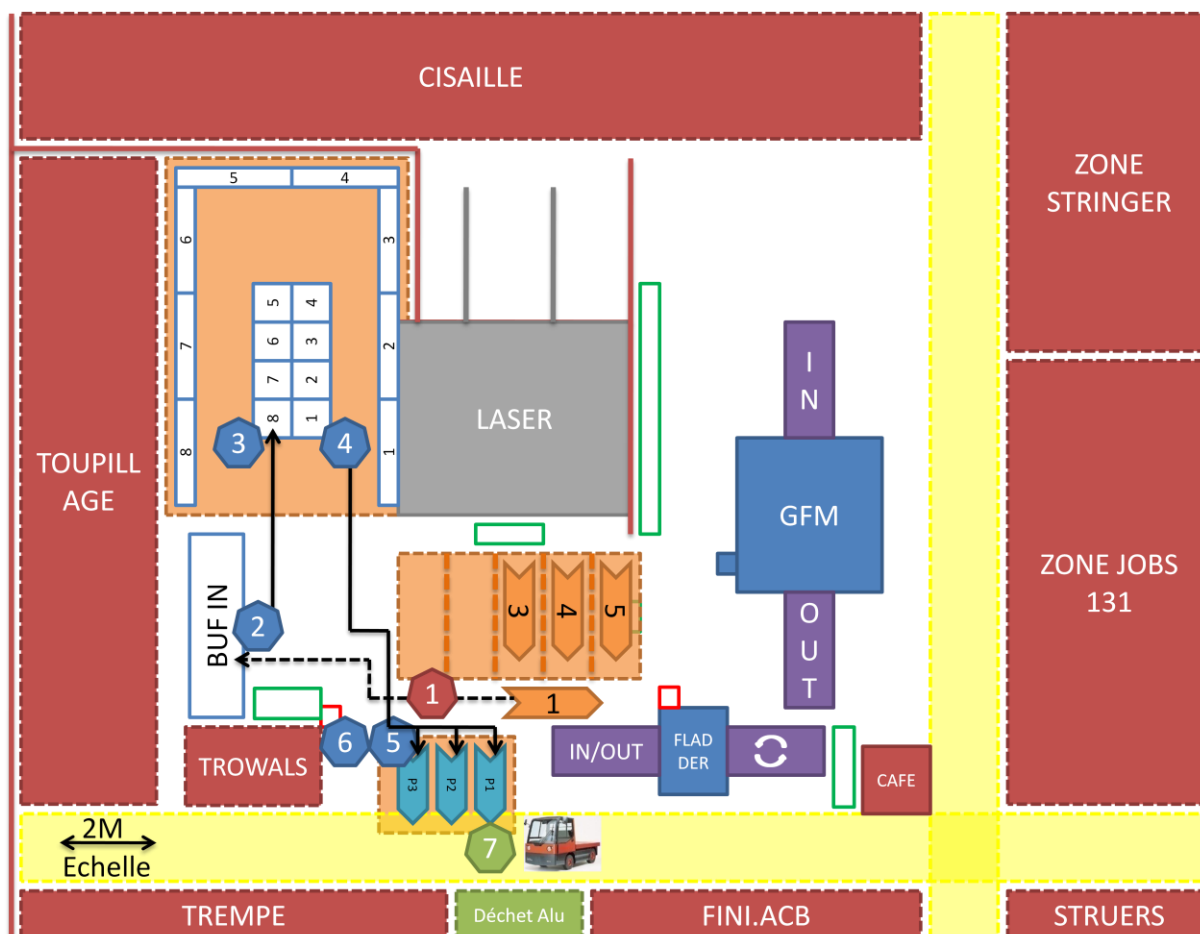


Figure 55: description schématique de la nouvelle zone BUFFER-GFM

D'un point de vue JAT, les effets seront peu visibles sur l'encours. Par contre le buffer sera mieux géré et plus visuel.

4.1.5.5. Gains espérés

Listons les points suivants :

- Le rangement sera plus facile et mieux géré par les chefs de ligne qui verront le travail restant à faire et pourrons accélérer au besoin le travail en aval.
- Les gares de sortie seront beaucoup plus faciles à gérer par la logistique.

La suite du processus est donc multiple, mais une grosse partie du flux des Ribs part vers l'ASEA.

4.1.6. FIFO ASEA

L'ASEA représente le poste d'entrée post GFM. Cette machine de formation de pièces est centrale dans la ligne tôlerie :

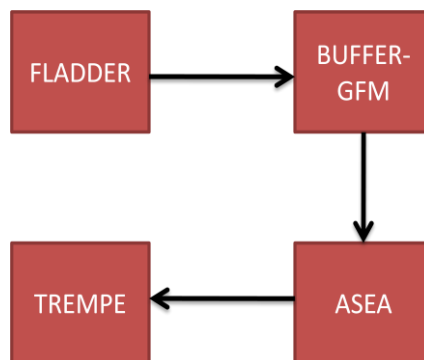


Figure 56: position de l'ASEA dans la ligne tôlerie

Dans le cas des Ribs elle est suivie par le poste de TREMPE.

Les gains espérés pour ce poste sont de l'ordre de 3% de l'encours total sur la partie FIFO. De plus des efforts dans l'agencement des zones de préparation et d'entrée du stock vont être entrepris.

4.1.6.1. Situation actuelle

Le poste ASEA a la fonction suivante dans la ligne tôlerie :

- Les pièces sorties de la GFM y sont formées. En fait on dispose les pièces à plat sur un outillage et la pièce prend sa forme par pression hydraulique.

Liste des opérations dans l'ordre, premier opérateur « TREMPE »:

1. La pièce est apportée au poste par la logistique depuis le BUFFER-GFM.
2. L'opérateur dépose les lots dans une zone convenue avec les préparateurs comme zone « IN »

Ensuite, le préparateur « ASEA »:

3. Le préparateur de l'ASEA récupère le lot et lui associe l'outillage dont nous avons besoin pour former la pièce

4. Le préparateur dépose ensuite le lot sur les rouleaux sans vraiment de logique précise
5. Enfin, il dispose les lots sur des chariots.

L'opérateur ASEA

6. Il reçoit les lots préparés sur les chariots
7. Séquence de formation des pièces sur la table une par une
8. Les lots ainsi formés sont disposés sur les rouleaux de sortie
9. Certaines pièces formées subissent une retouche manuelle rapide directement au poste par l'opérateur
10. Scan de la gamme pour signaler la fin de l'opération.

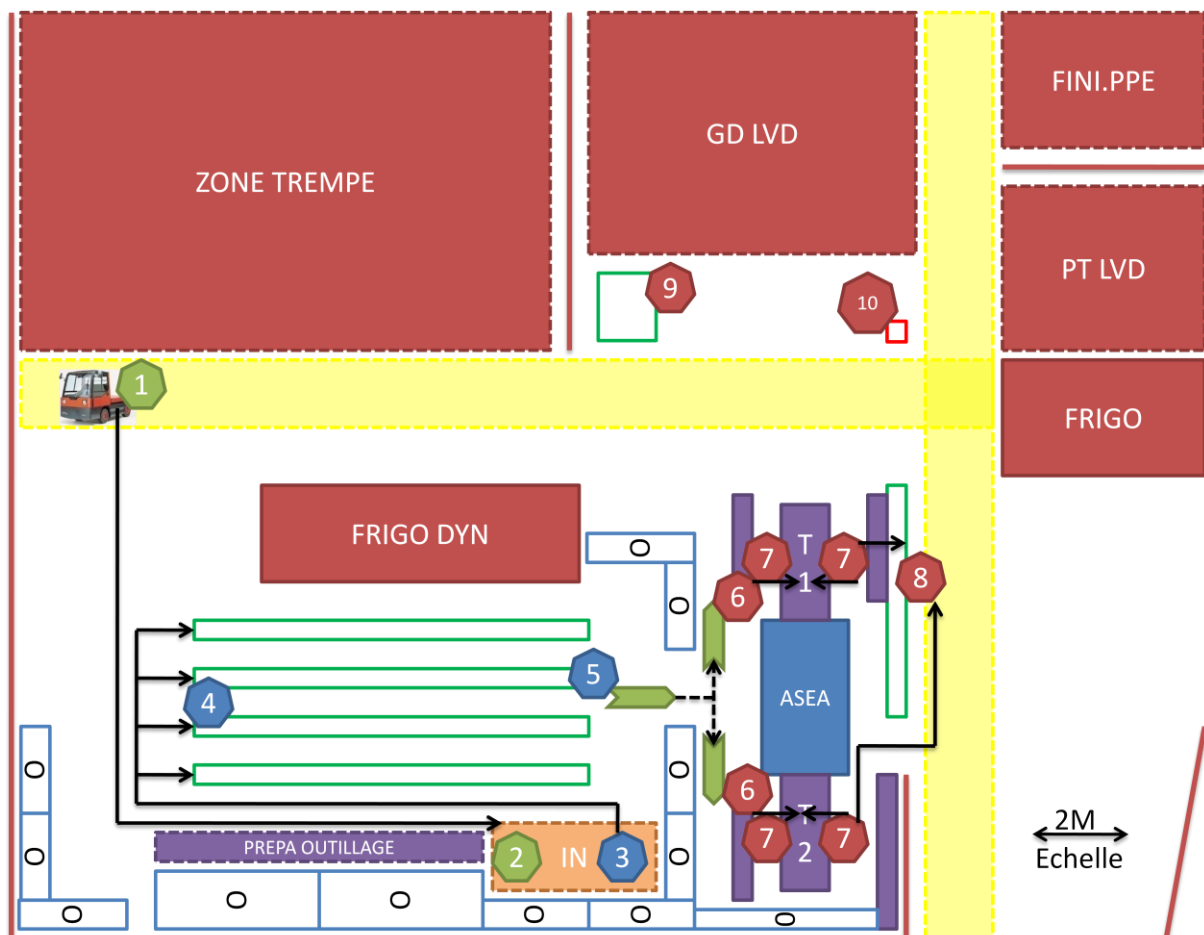


Figure 57: description schématique de la zone ASEA

4.1.6.2. Pré-analyse et proposition d'un nouvel aménagement de poste

- 1) Le premier point est l'amélioration de la distance de la zone IN afin d'être plus accessible par le transporteur.

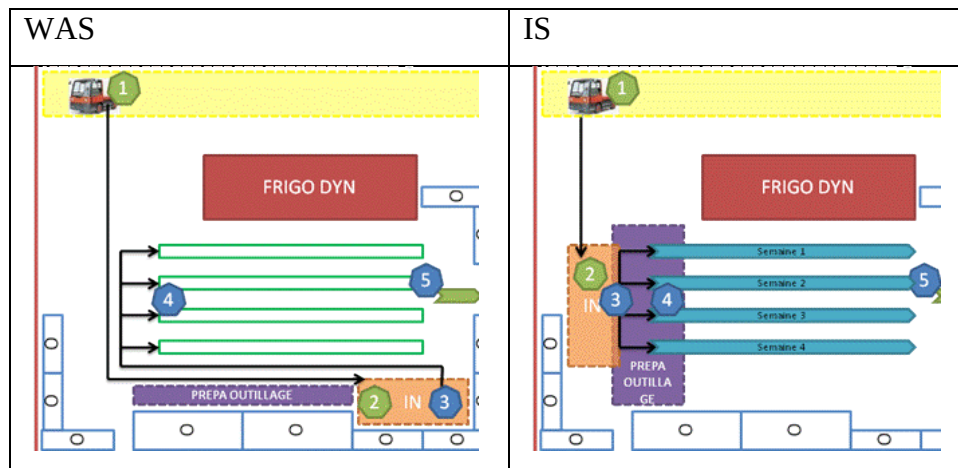


Figure 58: schématique nouvelle zone IN ASEA

- 2) La zone de préparation, peut-être remplacée en conséquence pour diminuer les déplacements du préparateur ASEA (cfr tableau ci-dessus)
- 3) Installation de rouleaux dynamiques dans la zone de préparation vers la zone de travail.

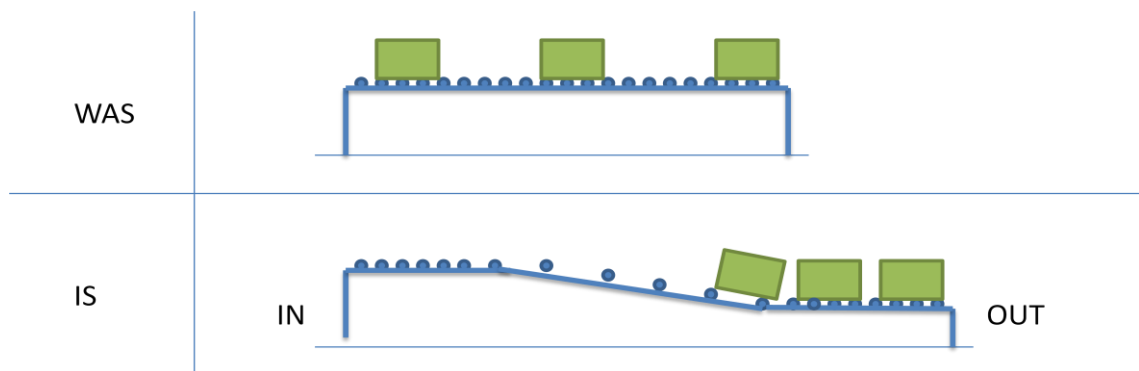


Figure 59: rack dynamique modifié pour ASEA (même principe que trempe)

- 4) Les gares de sorties enfin, peuvent être mieux agencées enfin de mieux séparer les flux vers les postes suivants :

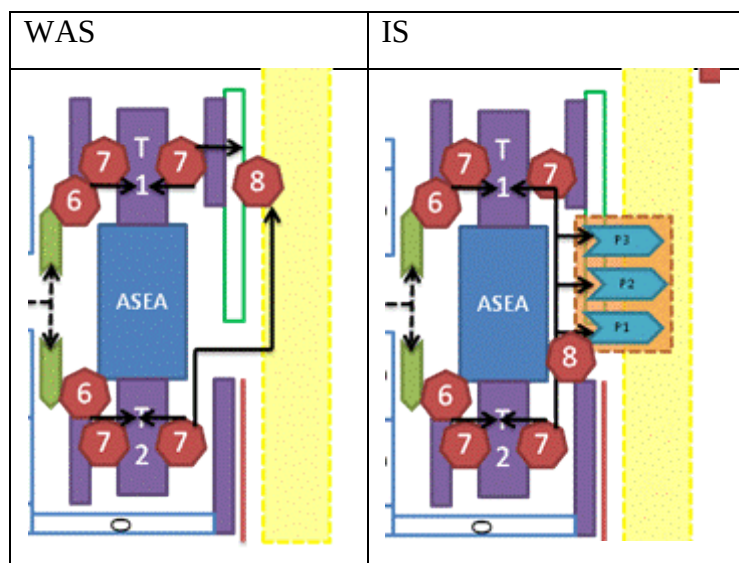


Figure 60: schématique nouvelle zone IN ASEA

4.1.6.3. Consultation des différents acteurs et définition de la situation visée

La révision de l'équipement ASEA est prévue au mois de juillet, nous attendons cette période pour travailler avec les opérateurs sur la zone.

4.1.6.4. Aménagement des infrastructures actuelles et nouveau matériel

Nouveau plan spatial :

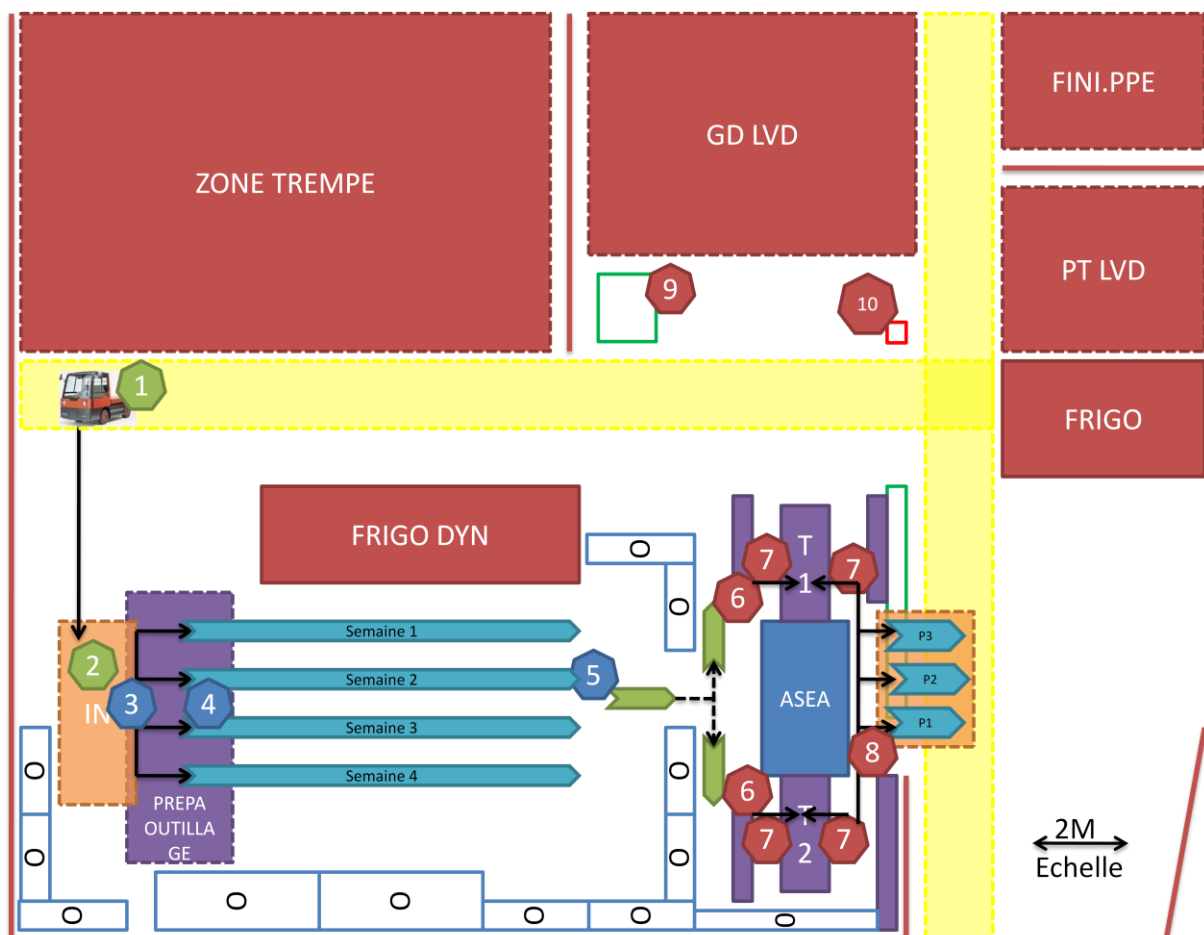


Figure 61: description schématique de la nouvelle zone ASEA

Ce projet est toujours dans la même veine du point des projets en JAT. Il est imaginé, pour coller au mieux sur les flux (cfr chapitre suivant) de créer des rouleaux dynamiques par processus.

4.1.6.5. Gains espérés

En plus des gains de 3% prévus sur l'encours, nous pouvons aussi lister :

- Un gain en déplacement des opérateurs très important
- Et un gain sur les opérations de préparation.

Les gares de L'ASEA vers les suivants sont assez simple, soit vers la TREMPE, soit le toupillage, soit vers FINI.PPE.

Dans notre cheminement, les gares de TREMPE est celle qui mérite le plus d'attention car le gros de l'encours y transite.

4.1.7. FIFO TREMPE

Dans la chaîne la TREMPE a sûrement un rôle de carrefour, beaucoup de flux y passe et s'y croise. Une attention importante doit lui être accordée :

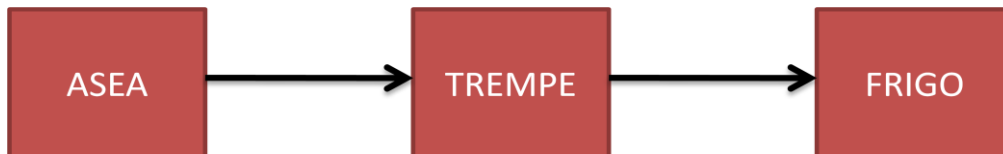


Figure 62: situation de la trempe dans la chaîne

À remarquer, chaque pièce sortant de la Trempe doit être maintenue en frigo avant finition. Les gains espérés sont de l'ordre de 3% de l'encours total sur la partie FIFO. De plus des efforts pour l'ergonomie en zone de préparation vont être entrepris.

4.1.7.1. Situation actuelle

Le poste TREMPE a la fonction suivante dans la ligne tôlerie :

- Les pièces sorties de la GFM subissent un traitement thermique pour améliorer leur propriété mécanique à la formation.
- Les pièces doivent être préalablement triées en fonction de la matière et de l'épaisseur de la pièce. En effet, le temps de trempe est conditionné par ces deux paramètres.
- On peut rentrer jusqu'à 5 grillages et comme la trempe dure parfois plus d'une heure : Ceci provoque des regroupements de 2 à 4 lots différents par grillage et donc une volonté d'optimisation de la surface de grillage.

Donc tout l'encours est bien mélangé !

Liste des opérations dans l'ordre, premier opérateur :

1. L'opérateur du poste d'un des postes précédent dépose le ou les lots sur les rouleaux de stockage. Un pré-tri est effectué car les rouleaux sont destinés à recevoir une matière bien précise.

Ensuite, l'opérateur « TREMPE » :

2. Il récupère les lots sur les rouleaux et les attache sur le grillage. Étant donné qu'il n'y a pas d'ordre établi sur les rouleaux, l'opérateur choisit le lot qui lui convient (à l'encontre évidemment du FIFO).

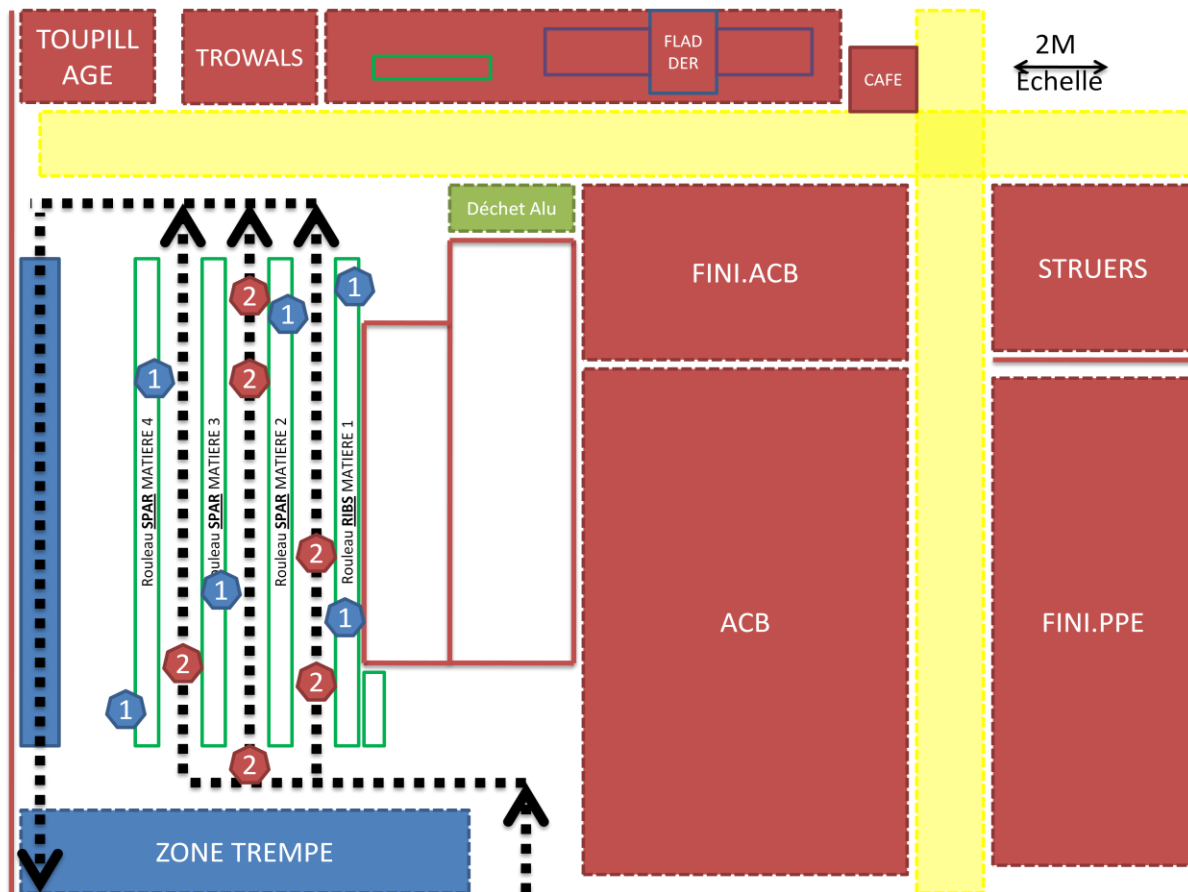


Figure 63: description schématique de la zone TREMPE "IN"

4.1.7.2. Pré-analyse et proposition d'un nouvel aménagement de poste

- 1) Pour commencer, il faut permettre à chaque opérateur de savoir où sont le début et la fin du stock de chaque matière.

Le FIFO avec un rouleau dynamique incliné peut améliorer cette situation :

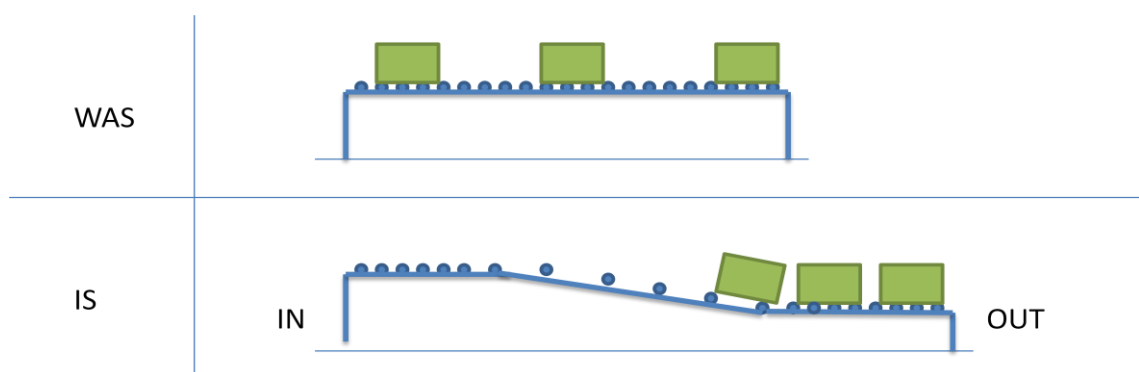


Figure 64: rack dynamique modifié pour trempe

Ce qui nous donne schématiquement :

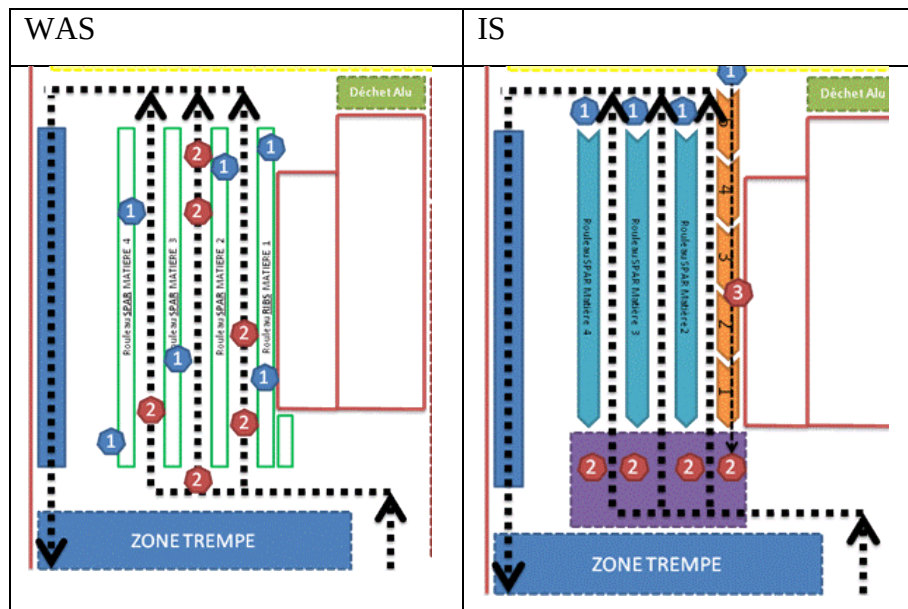


Figure 65: schématique nouvelle zone IN trempe

- 2) L'encours pour le moment est très important et dépasse largement la capacité de stockage des rouleaux. Dans un premier temps, il faut donc prévoir une zone de délestage proche pour triage suivant les semaines (d'où le besoin de gommettes).
- 3) La zone de préparation des grillages n'est pas très bien définie, ce qui provoque là aussi une confusion. De plus, comme nous n'avons pas de zone de préparation, l'opérateur se débrouille comme il peut pour s'installer provisoirement devant les grillages et entre les rouleaux. Une meilleure définition de la zone nous permettra de mieux équiper les opérateurs et en plus ils n'auront plus le choix des caisses à prendre sur les rouleaux (puisque tous sera centralisé en bout de ligne).
- 4) Les rouleaux de stockage ne sont pas adaptés aux pièces mises directement à nu dessus. En effet, pour les caisses, pas de souci, par contre pour les « spars » (pièce plate et rectangulaire) cela peut provoquer des non-qualités (la pièce se laisse aller, elle prend la forme du rouleau). Ce problème peut être facilement régler grâce à des plaques de bois mise entre la pièce et les rouleaux, que l'on peut faire rouler.
- 5) Toutes les caisses contenant des ribs peuvent être gérées par des chariots mis à la file indienne, ceci permettra d'améliorer le FIFO en le rendant plus adapté aux caisses. Chaque chariot pourra contenir environ 12 caisses, ce qui nous permet avec 5 chariots de contenir 60 lots, conclusion : la charge hebdomadaire future sera absorbée.
- 6) Les gares de sortie de cette zone sont les frigos, dans le cadre d'une gestion des flux plus complète, il nous faudra faire une étude de la localisation de ceux-ci par rapport à la trempe.



Figure 66: chariots ASEA

4.1.7.3. Consultation des différents acteurs et définition de la situation visée

Une consultation est prévue avec les opérateurs pour finaliser le projet de zone.

4.1.7.4. Aménagement des infrastructures actuelles et nouveau matériel

Nouveau plan spatial :

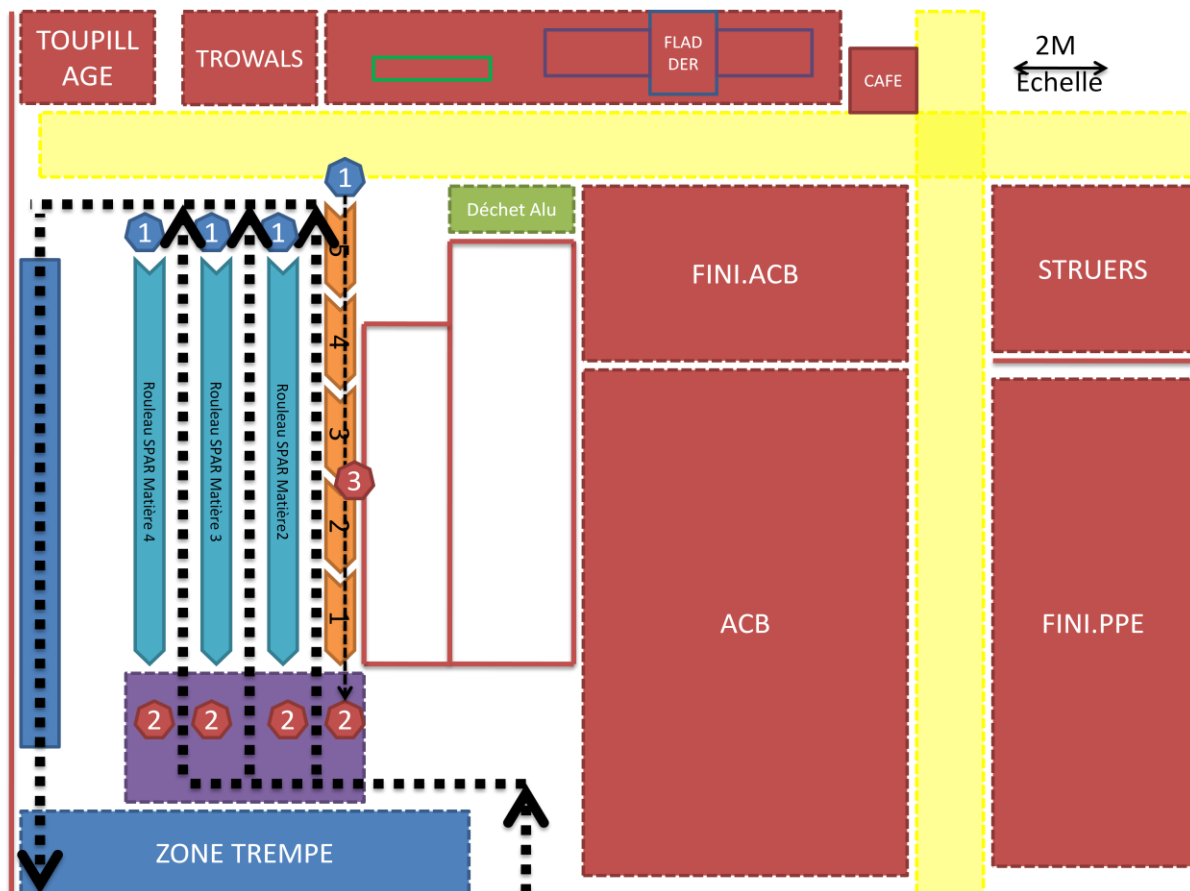


Figure 67: description schématique de la nouvelle zone TREMPE "IN"

En contrôlant mieux la préparation des grillages et en aménageant en FIFO, nous sommes en phase avec la réduction des encours et le JAT.

4.1.7.5. Gains espérés

Outre les gains potentiels d'encours de 3% sur l'encours total, des gains majeurs en temps de préparation seront à prévoir.

De plus, un gain en qualité sur les SPARS et autres cadre volumineux est aussi en vue.

À la fin de la Trempe, chaque pièce doit être apportée en frigo avant finition. Il existe plusieurs frigos différents (un gros et plusieurs petits). Dans notre flux RIB A320, la plupart des pièces partent logiquement vers le gros frigo avant finition par les tôliers.

4.1.8. FIFO FRIGO

Le frigo constitue la dernière étape avant les différentes finitions manuelles :

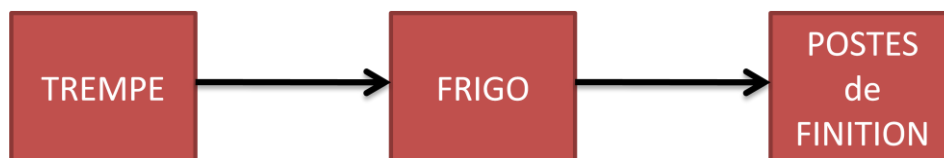


Figure 68: positionnement du frigo dans la chaîne

Ici, nous verrons que des gains importants en matière de FIFO sont envisageables (4%) mais également aussi en qualité (car les pièces ont une durée limitée en attente dans les frigos).

4.1.8.1. Situation actuelle

Le poste FRIGO a la fonction suivante dans la ligne tôlerie :

- Les pièces sorties de la TREMPE, notamment les ribs, doivent rester dans un environnement froid (-23°C), en attendant l'opération de retouche manuelle à moins d'être retouchées immédiatement (pour garder la malléabilité de la pièce). Le temps de maintien maximum de cet état dans le frigo est d'un mois, bien sûr, mais moins on attend mieux c'est...

Liste des opérations dans l'ordre, premier opérateur « TREMPE »:

1. La pièce est décrochée du grillage par l'opérateur, remise dans son conditionnement (caisse).
2. L'opérateur dépose ensuite le lot dans le frigo où il reste de la place (pas de rangement précis).

Ensuite, l'opérateur « FINI-PPE »:

3. Il récupère les lots dans le frigo. La température étant fort basse, il ne peut rester plus d'une minute pour chercher un lot, il prend donc le premier...

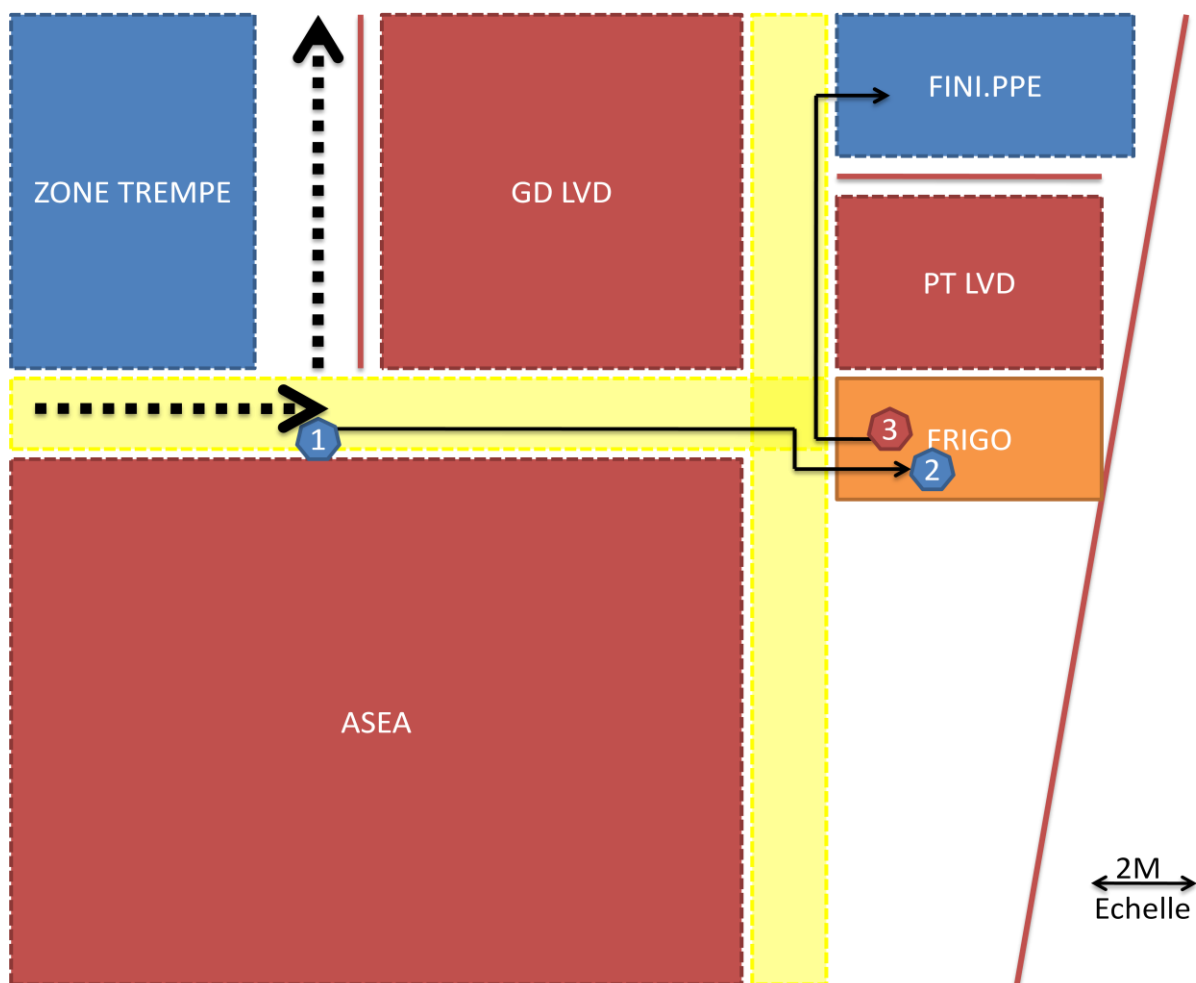


Figure 69: description schématique de la zone FRIGO

4.1.8.2. Pré-analyse et proposition d'un nouvel aménagement de poste

- 1) Le premier point est le rangement. L'opérateur n'a pas le temps vu la température, de chercher un lot. Il faut donc au maximum réduire son temps de recherche. De plus il existe sur les lots un temps maximum avant péremption. Un FIFO est donc encore bien adapté. De plus il existe 2 entrées au frigo, nous pourrions imaginer une porte dédiée à l'entrée et une à la sortie.

Voici le rack dynamique commandé chez Norcan (pour une capacité d'environ 36 lots), bien sûr les 4 différentes entrées et sorties seront gérées par le chef d'équipe pour garantir le FIFO:

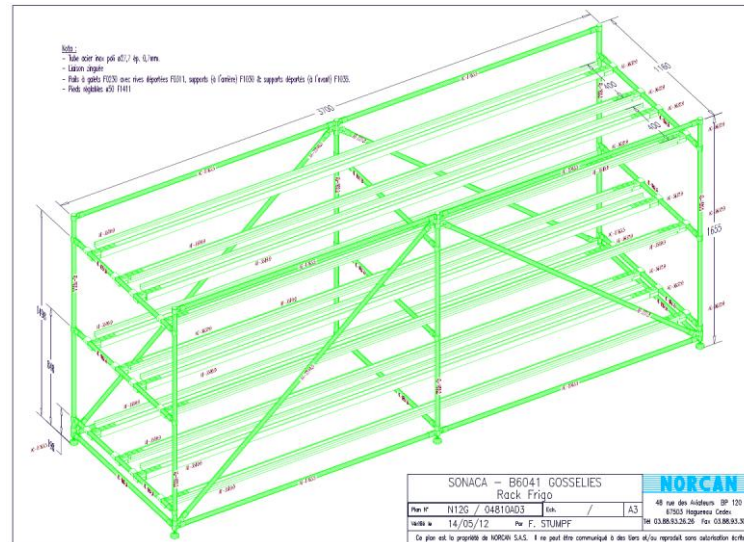


Figure 70: rack pour frigo commandé chez NORCAN (longueur: 4.5m)

- 2) L'humidité qui rentre dans le frigo est aussi un problème, pour la qualité car l'eau gèle, donc moins les portes restent ouvertes mieux c'est : les accès aux rouleaux doivent être proches de la porte.
- 3) Le manque de place crée aussi un problème car les caisses s'entassent, ce qui peut amener des problèmes de non qualité lors de la superposition de certaines caisses.

4.1.8.3. Consultation des différents acteurs et définition de la situation visée

Une certaine flexibilité sur la zone doit être envisagée notamment car les besoins sont forts volatiles. Cependant les opérateurs sont heureux car ils auront moins froid...

4.1.8.4. Aménagement des infrastructures actuelles et nouveau matériel

Nouveau plan spatial :

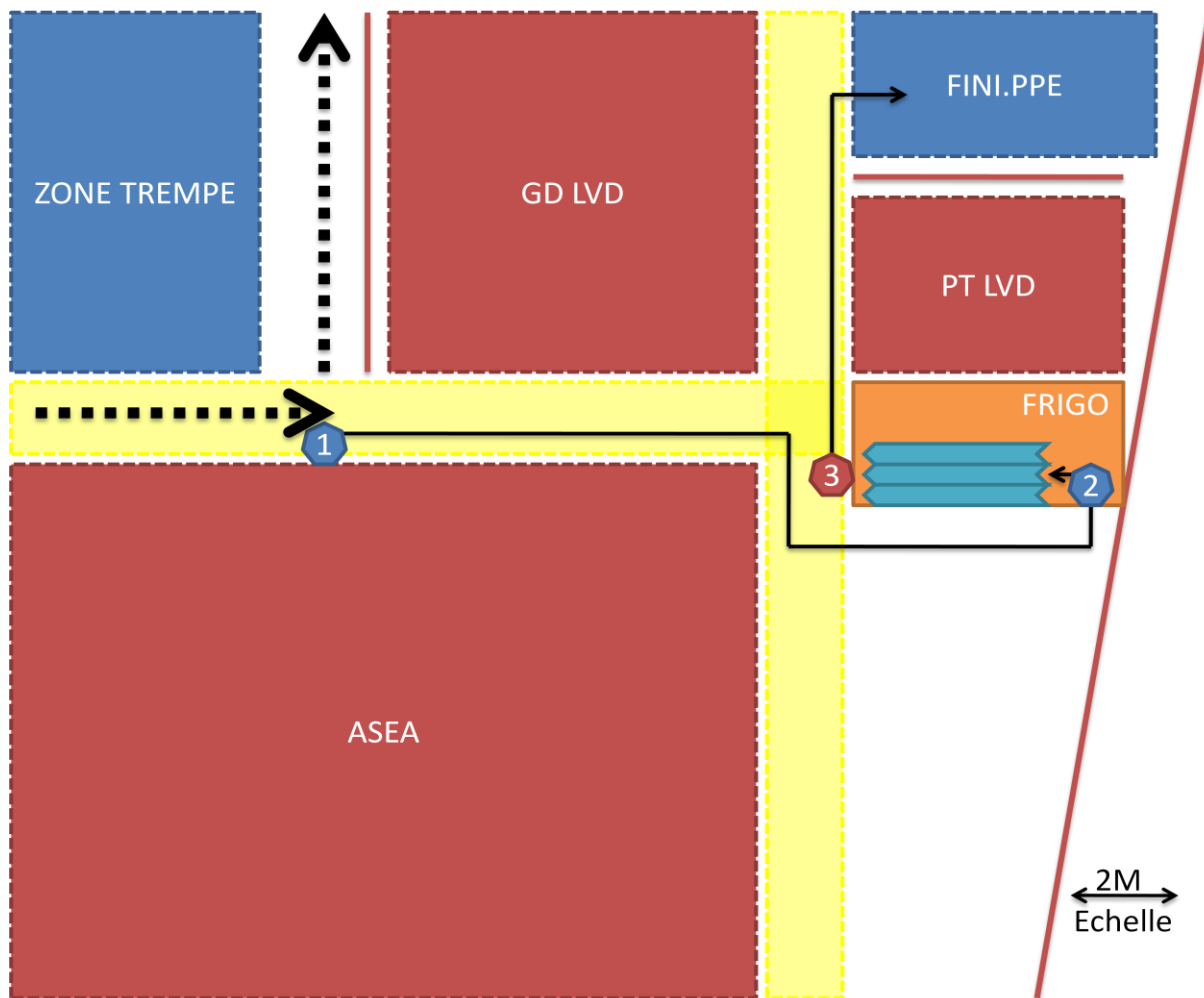


Figure 71: description schématique de la nouvelle zone FRIGO

Le lien avec le JAT est assez évident, l'encours sera vidé suivant les caisses qui rentrent en première dans le frigo.

4.1.8.5. Gains espérés

En plus des gains sur les encours d'environ 4%, nous pouvons lister des gains au niveau :

- De la qualité des pièces : car le temps d'attente dans les frigos sera moins long en moyenne.
- Du temps de recherche des lots dans le frigo ; ils seront divisés par 4 et plus facile surtout dans le froid.

4.1.9. Projets FIFO : situation visée

Tous ces projets FIFO permettent de gagner un peu d'encours mais ils doivent surtout être compatibles avec une nouvelle méthode d'ordonnancement et de gestion des urgences.

Volontairement, nous avons décidé de nous arrêter aux frigos, car c'est la fin de la partie de ligne tôlerie contrainte par la position des machines.

Si on synthétise tous les projets ci-plus haut, on obtient (à comparer avec la situation initiale):

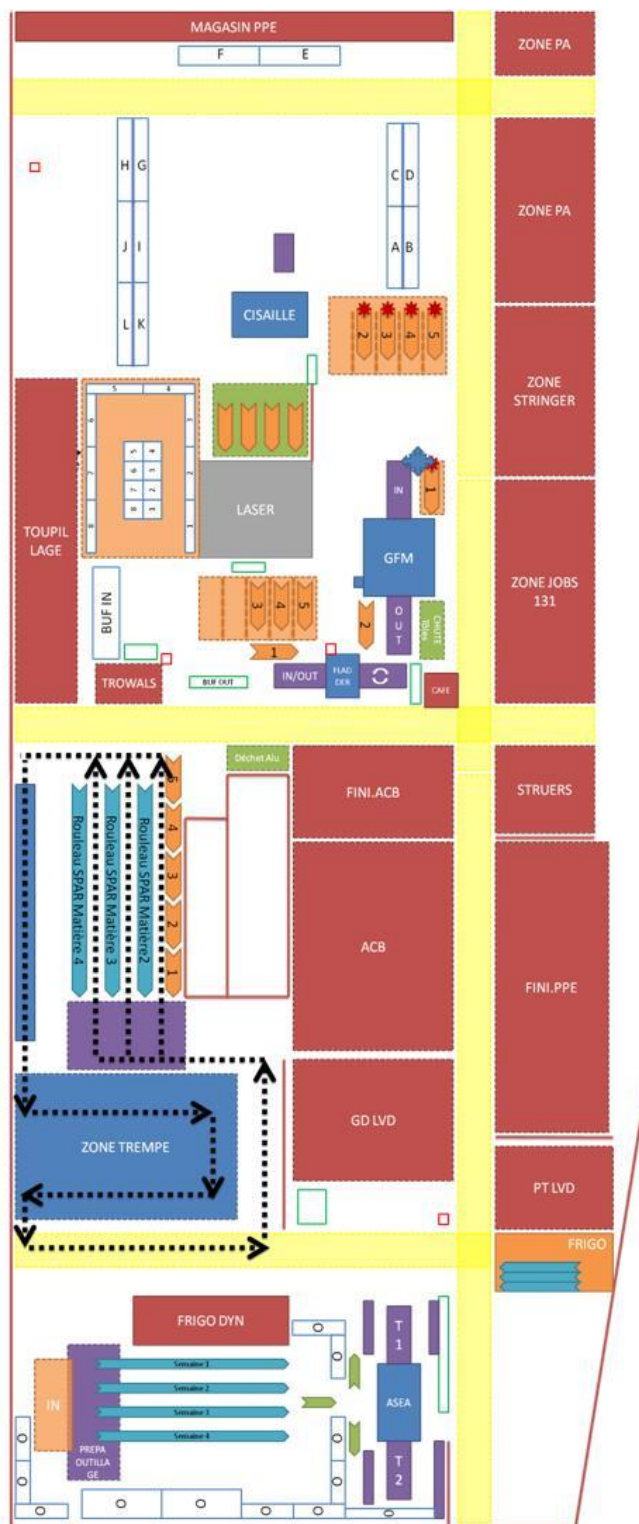


Figure 72:schéma de la zone en symbolique (objectif visé grâce aux projets FIFO)

Maîtriser le processus n'est cependant possible que quand la source est stabilisée et constante.

4.2. Stabilisation du processus

Pour stabiliser, il nous faut en plus des aménagements aux postes, une réorganisation du débit de pièces plus proche du besoin donc une réflexion au niveau de l'ordonnancement.

Pour rappel, dans les objectifs de la société, nous travaillons sur la phase 1 du projet SCI qui consiste au cadencement de l'usine PPE tôlerie :

Action à mettre en œuvre pour introduire le JIT en PPE tôlerie (projet SCI)				S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30	S31
Phase 1: cadencement de l'usine																					
1			Projet A: FIFO dans l'usine																		
2			tri de l'encours et régularisation des stocks tampon (outil: gomette sur gamme)																		
2			décision et mise en route des projets FIFO au poste																		
3			FIFO CISAILE																		
3			FIFO GFM-FLADDER-BUFFER																		
3			FIFO TREMPE																		
3			FIFO FRIGO																		
3			FIFO ASEA (pendant l'arrêt)																		
	4		FIFO BUFFER GFM																		
1			Projet B: Nesting standard																		
1			Projet C: Synchronisation du buffer GFM avec MAG FIN PPE																		
Phase 2: Flux tiré: KANBAN sur Nesting standard																					
			réflexion sur compatibilité																		

Tableau 16: planning micro de la phase de cadencement de l'usine

Plus particulièrement sur l'ordonnancement de la zone, ce qui correspond au projet B et C.

Le gros du travail est d'identifier tout d'abord nos besoins afin de les organiser et de les adapter au mieux à notre outil de production.

La méthodologie de travail pour cette partie est la suivante :

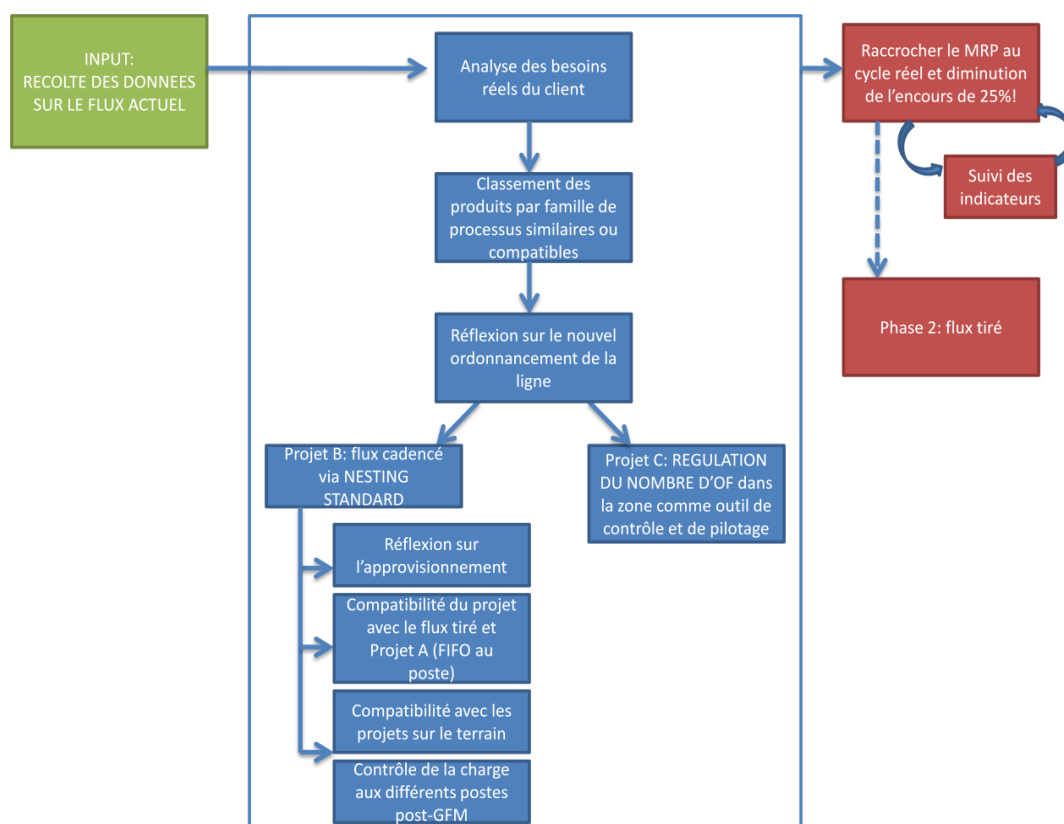


Figure 73:méthodologie réflexion sur l'ordonnancement

Le point critique de cette réflexion est de toujours garder l'objectif en ligne de mire afin de ne pas aller dans une direction incompatible avec la phase 2 : le flux tiré. Nous ne devons pas non plus oublier que l'objectif de la phase 1 est de réduire l'encours de 25%. Pour rappel le projet A nous permettra déjà de gagner 12% d'encours.

4.2.1. Analyse des besoins réels du client

4.2.1.1. Analyse sur base du passé

Pour connaître les besoins du client, nous commençons par regarder la production actuelle et passée afin de connaître son rythme. *Sommes-nous en rythme constant, existe-t-il des pics de production ?* Voici des questions auxquelles il faudra répondre. Pour cela nous devons lister tous les contrats réalisés en PPE tôlerie et récolter les données de consommation à partir du MRP (pour toutes les références).

Après transformation, nous obtenons le tableau ci-plus bas où les volumes obtenus sont répartis en fonction des données des programmes (séries et pré-série).

L'idée de ce tableau est de calculer combien de lot nous devrions produire par semaine et de façon régulière pour atteindre les objectifs de production. Pour le moment, l'unité de référence de production est la semaine, elle nous permet de garantir un minimum de pièces dans chaque OF pour des productions de petites séries.

Dans cette optique de stabilisation des processus, nous avons regardé les indicateurs de variabilité actuels (σ actuel, calculé sur base de la production par semaine cumulée et comparé à la moyenne) et l'objectif de régularisation (lissage : σ lissé).

TYPE	PROGRAMM	Nomenclature		NB OF	NB PC	LOT MOY	NB OF/SEM	σ ACTUEL	σ LISSE(1/10)
AIRBUS	A320	D574*	D574	1620	28288	17,5	50	37	5
	A340	F574*	F574	5899	46735	7,9	176	150	18
	A350	V574*	V574	565	1056	1,9			
	A380NUS	L531*	L531	545	4262	7,8			
	A380	L574*	L574	1475	10893	7,4	57	43	6
		A400M	M528*	M528	165	257	1,6		
	M531*		M531	10	10	1,0			
	M574*		M574	158	399	2,5			
EMBRAER	E145	145*	145	915	9740	10,6	30	18	3
	E170	170*	170	468	5547	11,9	14	9	1
	E190	190*	190	1577	13188	8,4	50	42	5
	L500	550*	550	324	615	1,9			
BORBARDIER	C-SERIES	C016*	C016	74	262	3,5			
	LJ895	2057*	2057	347	541	1,6			
DASSAULT	F7X	F7X*	F7X	1341	13428	10,0	43	27	4
PROTO							39	25	4
	TOTAL			15483	135221	8,7	459	351	46
	date de début extract			27/06/2011	High cadences				
	date de fin extract			19/02/2012	Mid cadences				
	nb de jour ouvrable			170	Low cadences				
	Nb semaine			34	PROTOTYPE				

Tableau 17: répartition du volume produit par programme⁸

Ce tableau fournit une image de la production moyenne qui étendue dans le temps, sur base graphique en cumulant la production au cours des semaines, nous permettrait de vérifier si les besoins des clients sont compatibles avec un rythme linéaire.

Pour le moment l'écart-type est important et non-structuré mais en lissant linéairement la production, nous pouvons contrôler cet écart-type.

À remarquer, 5 programmes (A350, A400M, L500, C-SERIES, LJ85) ont été regroupés sous le nom de « PROTO ». Ces programmes sont pour le moment à gérer de façon spécifique car leur cadencement est faible et par essence difficilement contrôlable.

Nous avons donc réparti les programmes par volume (HIGH-MID-LOW et PROTO données par le tableau ci-dessus) et nous les avons mis sur un graphique et ajouté une droite de régression linéaire.

⁸ sur 6 mois, 15.500 OF extraits et analysés sur base de la nomenclature (en annexe E)

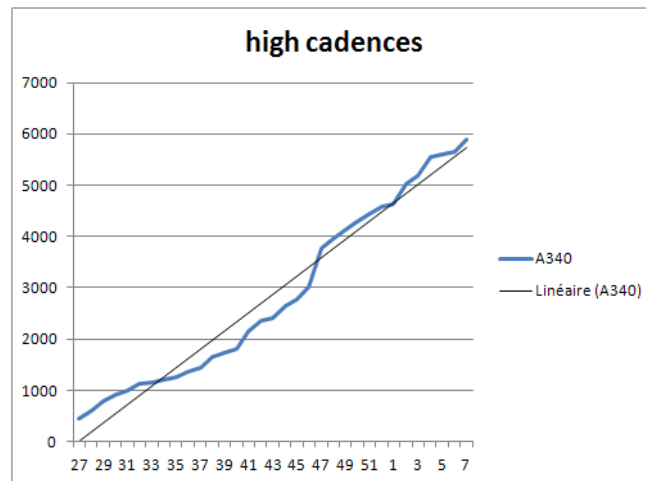


Figure 74: lissage graphique du besoin sur programmes "high cadences - A340"

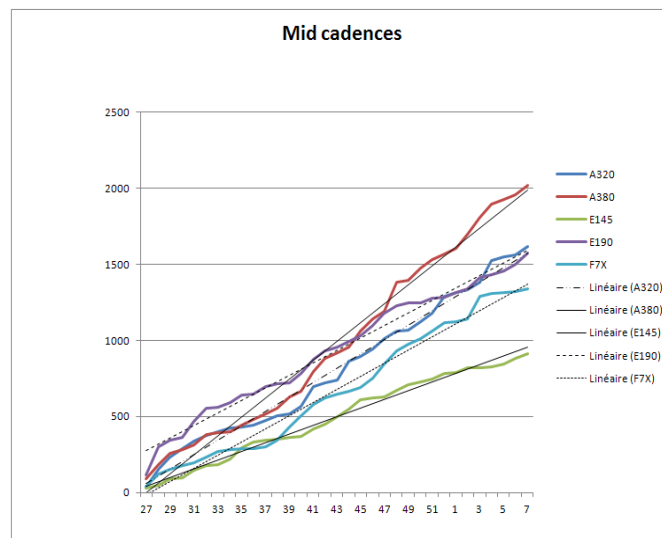


Figure 75: lissage graphique du besoin sur programmes "mid cadences"

La plupart des droites de régression linéaire passe par zéro, ce qui indique une bonne disposition au lissage.

Nous pouvons remarquer sur ces 2 graphiques que certains programmes comme l'E190 et l'A340 ont une tendance linéaire qui ne passe pas par zéro. Ceci est dû à une surproduction momentanée demandée par la planification durant la semaine 27-28 pour une prévision d'arrêt de chaîne.

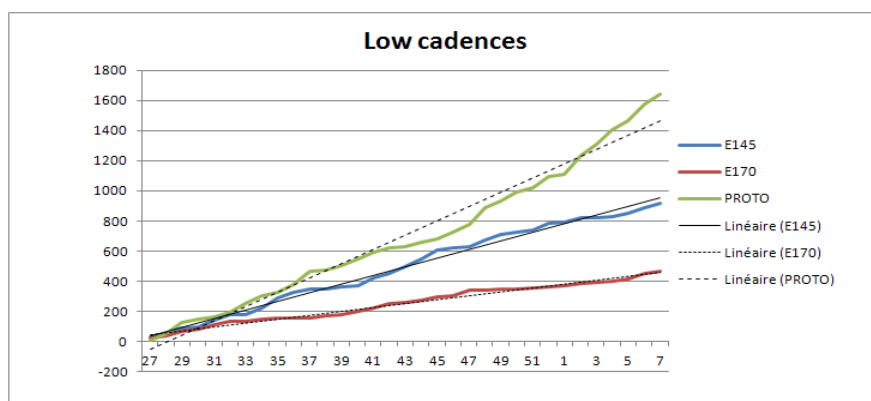


Figure 76: lissage graphique du besoin sur programmes "low cadences"

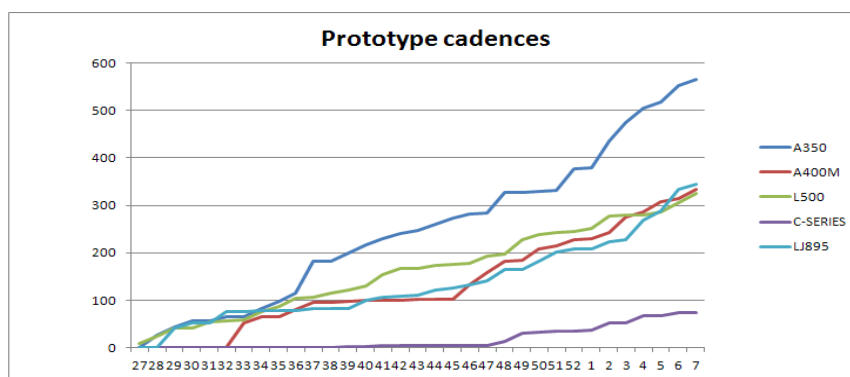


Figure 77: lissage graphique du besoin sur programmes "prototype cadences"

Au vu de ces deux autres graphiques, on peut donc lisser la charge et la répartir de manière constante pour obtenir un écart-type maîtrisé⁹ et nous permettra ainsi de maîtriser l'aléa puisque l'objectif sera, si nous voulons travailler à niveler le besoin à la semaine, de ramener l'aléa à un ordre de grandeur de 2 jours maximum (pour rappel il est de 24 jours pour le moment).

À remarquer que la charge des PROTO n'est pas lissée individuellement (cfr « prototypes cadences »). Mais si on les additionne, nous obtenons une droite linéaire correcte (cfr graphe « low cadence »). Nous pouvons donc les considérer comme un programme à part (programme PROTO).

4.2.1.2. Les besoins futurs et critiques de la théorie avancée

D'une part nous devons gérer l'évolution des programmes se trouvant actuellement en production série mais d'autre part nous devons prévoir la production à l'avenir des prototypes qui passeront en production série. Par exemple pour 2013 :

	cadence 2013	production hebomadaire	production mensuel
A320	440	8,8	36,7
A340	85	1,7	7,1
190	78	1,6	6,5
450/550	44	0,9	3,7
F7X	38	0,8	3,2
A380	28	0,6	2,3
C-Série	23	0,5	1,9
A350	20	0,4	1,7
170	18	0,4	1,5
A400M	11	0,2	0,9

Figure 78: résultat de la répartition du volume cadence 2013

Ce tableau met aussi en lumière un autre état de fait : la production en petite série se prête mal à une répartition de la charge chaque semaine même si les besoins sont constants (excepté

⁹ De plus ou moins 2 jours si on tire les besoins sur une semaine

pour le programme A320). Nous allons donc devoir envisager une production mensuelle alternée pour tous les autres programmes. Soit nous devons augmenter la taille de lot de 1 semaine à 1 mois.

En dessous de 2 avions par mois, nous devons classer les programmes dans la catégorie PROTO et la considérer comme telle.

4.2.1.3. La production mensuelle alternée

Nous devons lisser la charge de certains programmes (A340, 190, 450/550, F7X, A380) sur un mois, c'est-à-dire sur 4 semaines proche d'un cycle mensuel. Par contre, afin d'éviter une surproduction de la GFM certaines semaines, nous devons alterner les programmes pour ainsi lisser la charge sur la ligne.

PROGRAMME	CADENCE 2013	PRODUCTION HEBDO	PRODUCTION MENSUELLE	PLANNING HEBDO							
				S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
A340	85	1,7	7,1	7,0				7,0			
190	78	1,6	6,5		7,0				7,0		
450/550	44	0,9	3,7			4,0				4,0	
F7X	38	0,8	3,2			4,0				4,0	
A380	28	0,6	2,3				3,0				3,0
AUTRE (PROTO)			6,0				6,0				6,0
TOTAL/SEMAINE				7,0	7,0	8,0	9,0	7,0	7,0	8,0	9,0
TOTAL CUMULE				7,0	14,0	22,0	31,0	38,0	45,0	53,0	62,0
TOTAL CUMULE A340				7,0	7,0	7,0	7,0	14,0	14,0	14,0	14,0
TOTAL CUMULE 190				0,0	7,0	7,0	7,0	7,0	14,0	14,0	14,0
TOTAL CUMULE 450/550				0,0	0,0	4,0	4,0	4,0	4,0	8,0	8,0
TOTAL CUMULE F7X				0,0	0,0	4,0	4,0	4,0	4,0	8,0	8,0
TOTAL CUMULE A380				0,0	0,0	0,0	3,0	3,0	3,0	3,0	6,0
TOTAL CUMULE AUTRE				0,0	0,0	0,0	6,0	6,0	6,0	6,0	12,0

Tableau 18: production mensuelle alternée

Ce qui nous donne sous forme graphique de l'année 2013 :

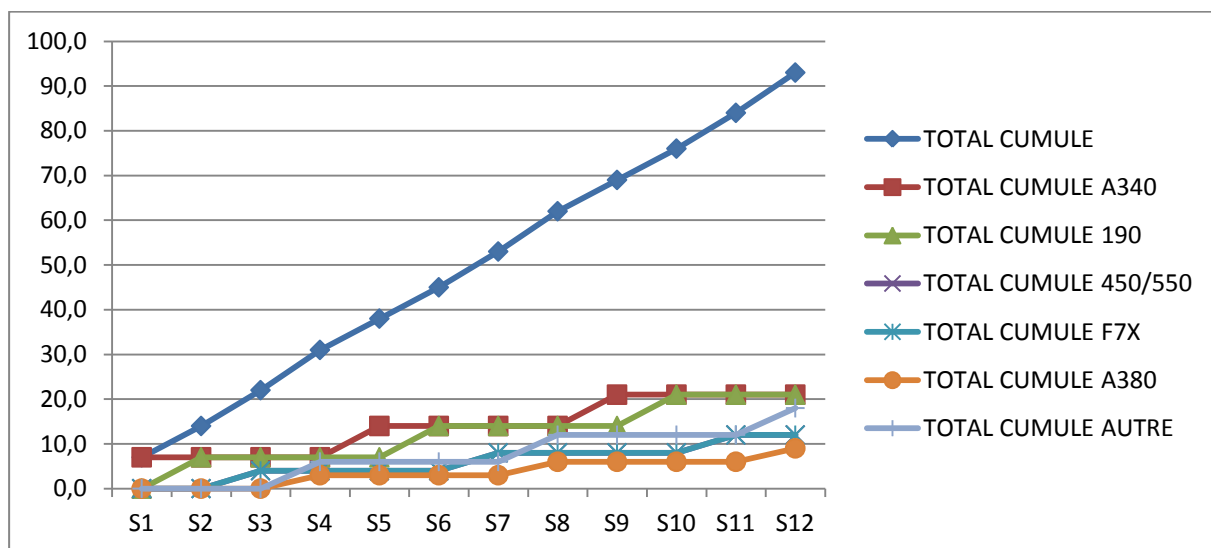


Figure 79: graphe de la production mensuelle alternée

Cette production alternée est donc la solution pratique pour lisser la charge de travail. Nous verrons que d'un point de vue charge/capacité sur la ligne, nous devons conforter ce graphe afin d'éviter les ruptures de charge sur certains postes.

Dans cette optique, afin de continuer cette réflexion sur la charge aux différents postes, nous devons nous intéresser aux processus.

4.2.2. Classement des produits par famille de processus compatibles

En PPE tôlerie il y a près de 500 familles de processus différentes. Pour pouvoir savoir où agir, nous devons évidemment savoir de quoi sont constitués les processus les plus importants afin d'établir une règle générale qui nous permettra d'assurer la charge au poste et garantir la cohérence des gares d'entrées et de sorties FIFO des postes.

Cette réflexion est plus que nécessaire afin d'identifier les processus clés et de les distinguer des exceptions. Dans ce genre de travail, un Pareto¹⁰ semble plus que pratique : en effet, 80% des pièces (pourcentage en volume prévu pour 2013) passent par 52 processus différents pour lesquels nous pouvons les regrouper en 13 processus sur la tôlerie (voir tableau en annexe D pour plus de détail). Voici le récapitulatif :

FAMILLE	%age TOTAL	ETAPE PROCESSUS LIGNE TOLERIE						
P252		GFM	BUF.GFM	TREMPE	PLIEUSE			
TOTAL 1	16,43							
P221		GFM	BUF.GFM	TREMPE	ASEA			FINI.PPE
P211		GFM	BUF.GFM	TREMPE	ASEA			FINI.PPE
TOTAL 2	16,04							
P213		GFM	BUF.GFM	ASEA	TREMPE			FINI.PPE
TOTAL 3	15,61							
P213		GFM	BUF.GFM	ASEA	TOUPI	TREMPE		FINI.PPE
TOTAL 4	11,40							
P251		GFM						
TOTAL 5	5,47							
P251		GFM	BUF.GFM	PLIEUSE				FINI.PPE
TOTAL 6	5,21							
P231		GFM	BUF.GFM	FINI.MAN				
TOTAL 7	3,99							
P221		GFM	BUF.GFM	ASEA	TREMPE	ASEA		FINI.PPE
TOTAL 8	2,40							
P231		GFM	BUF.GFM	TREMPE				FINI.MAN
TOTAL 9	1,28							
P242		GFM	BUF.GFM	LVD				ACB
TOTAL 10	0,82							
P213		GFM	BUF.GFM	ASEA				FINI.PPE
TOTAL 11	0,64							
P211		GFM	BUF.GFM	TREMPE	PLIEUSE	ASEA		FINI.PPE
TOTAL 12	0,47							
P251		GFM	BUF.GFM					FINI.PPE
TOTAL 13	0,47							

Tableau 19: répartition des processus tôlerie : récapitulatif¹¹

¹⁰Le principe de Pareto, aussi appelé principe des 80/20, est le nom donné à un phénomène empirique constaté dans certains domaines : environ 80 % des effets sont le produit de 20 % des causes.

¹¹ Les familles indiqués dans le tableau « P2XY » doivent être transposées en « P20XY » pour correspondre avec les gammes

Le Pareto nous permet de créer un diagramme de processus en décision de trajet de pièces. Ce diagramme vous permet en un coup d'œil de savoir la proportion de pièces qui viennent d'un certain poste pour partir vers un autre.

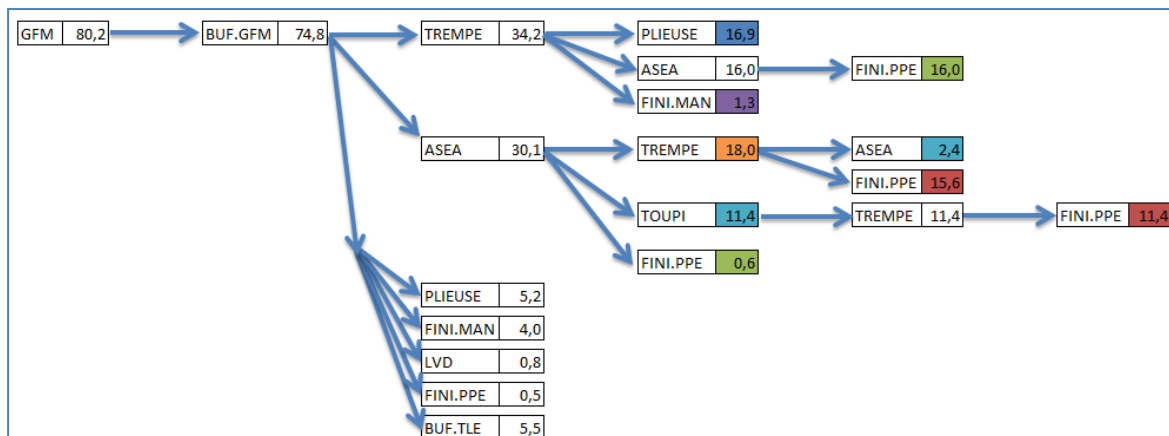


Figure 80: répartition graphique du PARETO des flux de PPE tôlerie

Ce qui nous donne les gares de sorties des poste BUF.GFM-TREMPE-ASEA, en effet nous connaissons maintenant les principales directions de flux. Ces gares sont pratiques pour les études Fifo vues précédemment.

		%age flux	%POSTE
TREMPE TO PLIEUSE		16,9	35,5
TREMPE TO FINI.PPE		27,0	56,8
TREMPE TO FINI.MAN		1,3	2,7
TREMPE TO ASEA		2,4	5,0
ASEA TO FINI.PPE		16,7	36,2
ASEA TO TOUPI		11,4	24,7
ASEA TO TREMPE		18,0	22,4
BUF.GFM TO TREMPE		34,2	42,7
BUF.GFM TO ASEA		30,1	37,5
BUF.GFM TO BUF.TLE		5,5	6,8
BUF.GFM TO PLIEUSE		5,2	6,5
BUF.GFM TO FINI.MAN		4,0	5,0
BUF.GFM TO LVD		0,8	1,0
BUF.GFM TO FINI.PPE		0,5	0,6

Tableau 20: répartition des gares de sortie des postes BUF.GFM-ASEA-TREMPE

Voici ce que pourrait devenir le modèle d'organisation du début de ligne en visuel et par station.

En fait ce graphique n'est qu'un diagramme de décision où chaque poste est représenté par une seule case, permettant ainsi la visualisation de carrefour de flux et de « contre-flux ».

Pour augmenter l'aspect visuel du graphique, les flèches sont de tailles proportionnelles à la taille du flux.

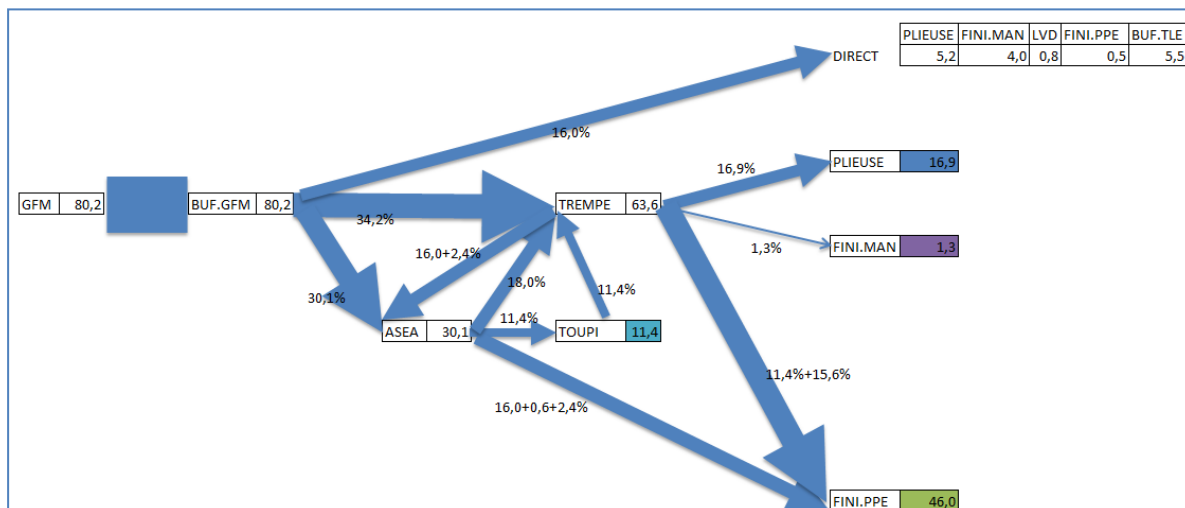


Figure 81: répartition graphique et proportionnelle des flux

On voit donc qu'en s'attaquant au FIFO entre les postes de TREMPE-ASEA-TOUPI-FRIGO (c.-à-d. les postes après trempe), on s'attaque déjà à 64% du flux ! De plus en ordonnant au mieux les 13 processus identifiés ci plus-haut, nous nous attaquons à plus de 80% du flux. Sachant que les 20% du flux restants passent aussi par les différents postes ci-plus haut, ceci constitue une solide première piste d'amélioration des processus.

Et n'oublions pas, comme nous le voyons sur le graphique ci-plus haut, que la GFM est le commencement de la plupart des processus, la réflexion sur l'ORDO doit donc démarrer de là.

4.2.3. Réflexion sur le nouvel ordonnancement de la ligne

La GFM constitue le cœur de l'ordonnancement, car c'est à partir de cette machine que démarrent la plupart des lots de produit. L'idée est donc de cadencer la GFM et de faire suivre la production de la suite de la chaîne grâce au FIFO.

Pour parvenir à cadencer l'usine, il faut donc rythmer la sortie de cette machine, c'est-à-dire rythmer l'opération de détournage des tôles.

- Il faut donc connaître les besoins, comme vu ci-plus haut, éviter de mélanger les programmes et mieux coller au besoin.
- Connaître les processus postérieurs à la GFM pour assurer leur compatibilité notamment en termes de charge et de capacité (ASEA, TREMPE ou TOUPILLAGE...).

Qui dit cadencement dit rythme et donc planning répété..., ce qui constitue une ébauche de « masque de production » à la GFM. Autrement dit, un planning hebdomadaire.

Semaine S (GFM)							
	LUN	MAR	MER	JEU	VEN	SAM	DIM
AM	High cadences	High cadences	Mid cadences	Mid cadences	Low cadences		
	High cadences	High cadences	Mid cadences	Mid cadences	Low cadences		
PM	High cadences	High cadences	Mid cadences	Mid cadences	PROTOTYPE		
	PROTOTYPE	PROTOTYPE	PROTOTYPE	PROTOTYPE			

High cadences	High cadences
Mid cadences	Mid cadences
Low cadences	Low cadences
PROTOTYPE	PROTOTYPE

Tableau 21: planning hebdomadaire de production des besoins répartis par cadence (appliqué au nesting standard)

Ce tableau créé à partir du nombre moyen d'OF produits en 2011-2012 (sur base des tableaux de début de chapitre), nous permet ainsi d'avoir une idée en terme de charge à la GFM (ndlr si chaque OF a la même charge de travail moyenne).

Du constat de cadence hebdomadaire (pour l'A320) et de la cadence mensuelle alternée (pour les autres programmes), on comprend dès lors que le détournage des tôles soit répétitif. D'où l'idée de faire une bonne fois pour toutes la programmation standard du détournage via ce que nous appellerons le NESTING STANDARD.

A partir de la définition des NEST standards et de la connaissance des processus principaux, nous pourrions mieux prévoir la charge de travail à tous les autres postes. À comprendre, le GFM constitue le cœur qui bat, les projets de FIFO constituent les artères et les veines et les machines suivantes sont les organes à alimenter...

L'étape suivante est donc de constituer les NEST standards.

4.2.4. Projet B : flux cadencé via NESTING STANDARD

Nous pouvons structurer la démarche du groupe de travail comme suit :

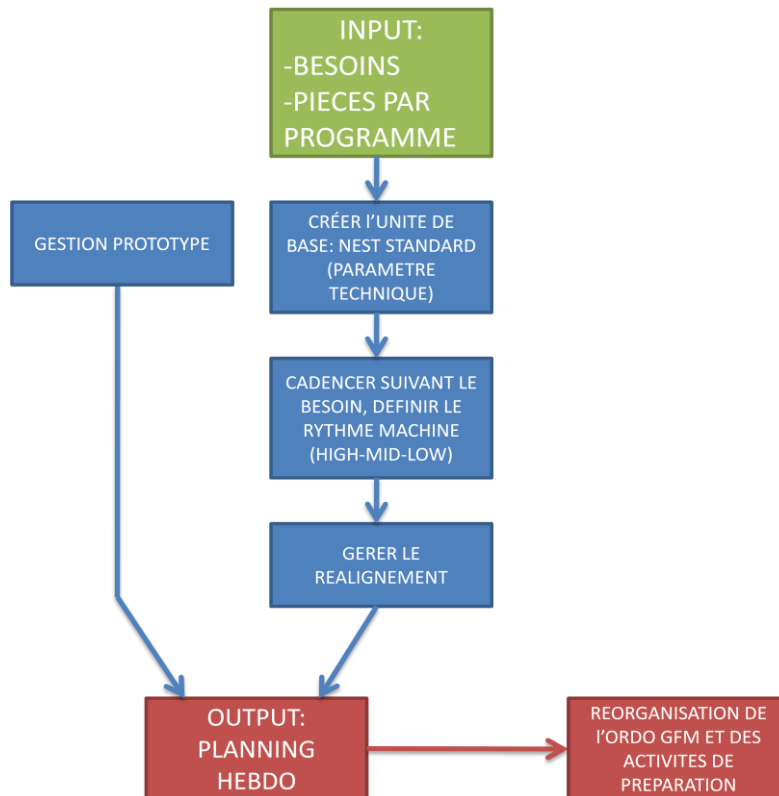


Figure 82: définition de la ré organisation de l'ordo à la GFM

Le Nesting standard se fait sur toutes les pièces de l'atelier appartenant aux programmes en production série (hors prototype donc).

4.2.4.1. Créer l'unité de base : NEST standard

Nous partons de toutes les pièces de l'atelier PPE tôlerie et nous les trions suivant :

1. **Leur programme.** Pas de mélange de programme sur un même NEST sinon nous aurons toujours un décalage par rapport au besoin ce qui va à l'encontre du JAT.
Eviter de mélanger dans un même NEST différents avions, car les fréquences de production (suivant le besoin) ne sont pas les mêmes.

Dans l'exemple ci-dessous chaque forme représente un programme différent :

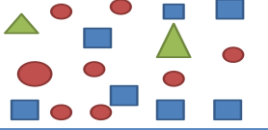
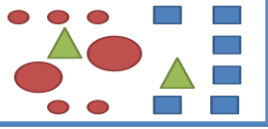
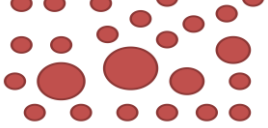
					
ACTUELLEMENT	NEST 1		2	8	7
	NEST 2		5	9	7
	NEST 3		2	7	6
NEST STANDARD	NEST STD 1		9	0	0
	NEST STD 2		0	24	0
	NEST STD 3		0	0	20

Tableau 22: comparaison théorique NEST spécifique et NEST STD

2. **Leurs paramètres techniques.** Ce paramètre exprime simplement que les pièces de 2 mm doivent être faites sur 1 tôle de 2 mm en respectant les tailles maximum de tôle, voire même en optimisant ces tôles.

Sur base de :

- L'épaisseur
- La matière
- La taille et la surface de la pièce sur la tôle évidemment soit la géométrie de la pièce,
- Tous les paramètres techniques liés au détourage en machine : sens des fibres, espace minimum entre les pièces,....

3. **Les flux** pour équilibrage de la charge ; en effet, chaque NEST créé représente une charge calculable sur base du parcours des pièces dans l'atelier (équilibrage de la charge ASEA-TREMPE-LVD), grâce au classement des flux par famille. Donc nous

pourrons calculer à partir de la sortie des NEST si la charge de travail est garantie aux postes suivants (voir explication en détail plus loin). Ce qui constitue un outil très pratique pour l'ordonnancement et la simplifiera sa tâche.

4.2.4.2. Cadencer suivant le besoin, définir le rythme machine

Nous savons maintenant combien d'avion nous devons produire grâce à l'analyse du besoin ci-plus haut. En prenant en compte...

- les NEST standards A320 qui doivent passer une fois par semaine,
- la production mensuelle alternée aux autres programmes mise en service,
- la durée d'usinage de chaque NEST à la GFM,
- et une plage horaire pour les imprévus, soit une fois par jour soit une fois par semaine,

... nous pourrons connaître avec une certaine précision le rythme de la machine. Bien sur ceci constitue un temps théorique auquel il faut prévoir des aléas de production au jour le jour, d'où le besoin de réaligner de temps en temps.

4.2.4.3. Gérer le réaligement

Pour commencer, petite définition :

Réaligner : c'est compter ce qui été réellement produit et le comparer avec ce qui était prévu et combler la différence.

Une fois toutes les 6 semaines (la période de 6 semaines est encore à déterminer) : régularisation du nombre de NEST faits. Une fois arrivé en semaine 6, 3 cas peuvent se présenter :

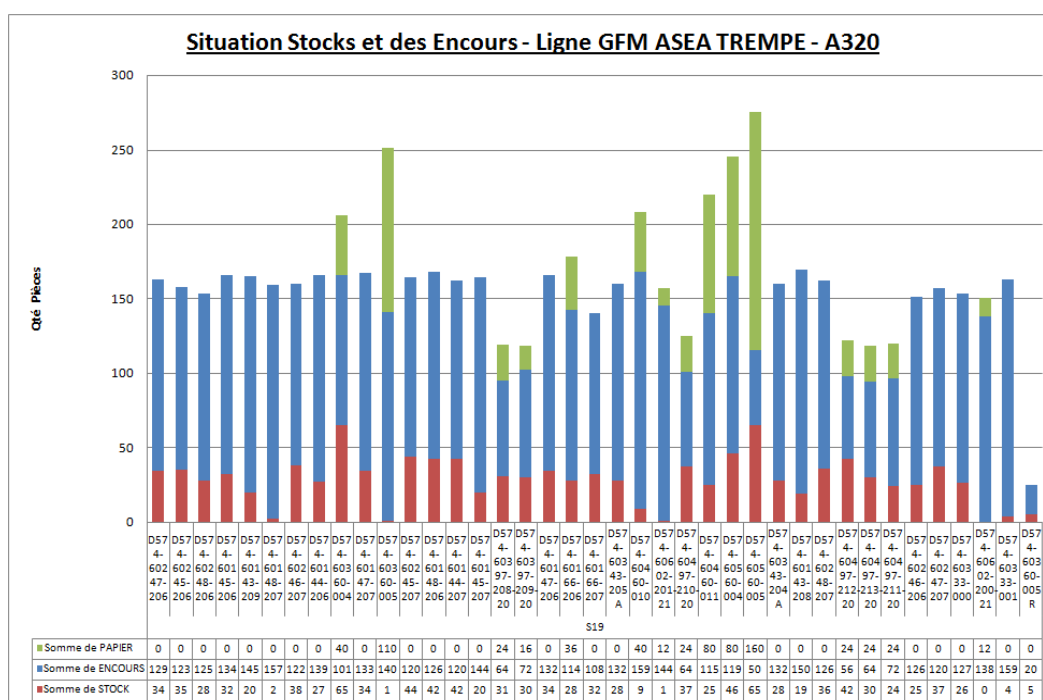
- Soit pendant les 5 premières semaines on n'a pas pu suivre les différentes cadences et donc il faut augmenter la charge de travail la 6^e semaine
- Soit pendant les 5 premières semaines on est équilibré dans les différentes cadences et donc la charge de travail de la 6^e semaine est régulière
- Soit pendant les 5 premières semaines on a produit plus que prévu alors la 6^e semaine on doit ralentir.

A320 besoin par an de 440 AC soit 51 AC /6 semaines
principe: une régularisation toutes les 6 semaines et une régulation annuelle

						TOTAL AV	SEM 6			TOTAL AV	SEM 52
N°NEST STANDARD	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 5	REGULATION	(AC REGUL)	SEM XXX	...	REGULATION SEM 1 à 51	(AC REGUL)
NEST 1	9	8	10	7	9	43	8			431	9
NEST 2	11	8	9	8	12	48	3			429	11
NEST 3	10	7	12	10	8	47	4			435	9
NEST 4	10	10	7	4	10	41	10			430	10
NEST 5	4	7	12	11	8	42	9			433	7
NEST 6	12	7	10	9	5	43	8			438	2
NEST XX	X	X	X	X	X	XX	51-XX			XXX	440-XXX

Tableau 23: principe de régulation des nest standard

De plus pour éviter une rupture de stock, il faut suivre l'état des stocks pour garantir l'approvisionnement du client, en s'assurant qu'un seuil minimum est garanti sur toutes les références par programme en fonction du temps de réaction du système :

**Tableau 24: situation encours et stocks sur le programme A320**

Par exemple pour l'A320, le stock minimum d'alerte serait de 64 pièces, somme de l'encours (en bleu) et du stock (en rouge). Exemple, la référence « B » atteint le seuil, donc nous devons relancer le NEST STD N°3 qui comporte aussi les REF « E » et « F » :

	A	B	C	D	E	F
stock	14	8	16	12	10	7
encours	56	56	60	60	62	64
parpier	12	8	8	14	8	4
NEST STD	NEST 1	NEST 3	NEST2	NEST2	NEST3	NEST3

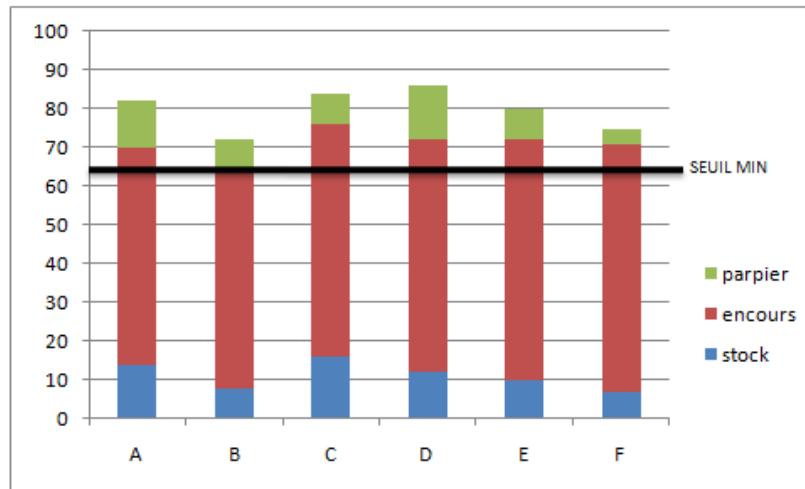


Figure 83: exemple d'application du seuil min sur relance d'un NEST standard

Évidemment pour le moment, le temps de réactivité du système est de 8 semaines, ce qui nous oblige à couvrir environs 2x4 semaines minimum de consommation. Ce seuil va donc devoir être recalculer régulièrement jusqu'à la stabilisation du cycle (voir plus loin, raccrocher le MRP au cycle réel)

4.2.4.4. Gestion des prototypes

Comme vu ci-plus haut, les PROTO constituent une exception du cadencement qu'il faut gérer.

Pour ce genre de pièces il faut absolument limiter la taille du lot à 2 ou 3 pièces maximum. Mais bien sûr, il est impossible de cadencer cette production, à part comme vu ci-plus haut dans l'étude des besoins en rassemblant tous les proto ensemble. Nous pouvons ainsi dégager une plage horaire de travail régulière et flexible sur la GFM :

Semaine S (GFM)							
	LUN	MAR	MER	JEU	VEN	SAM	DIM
AM	High cadences	High cadences	Mid cadences	Mid cadences	Low cadences		
	High cadences	High cadences	Mid cadences	Mid cadences	Low cadences		
PM	High cadences	High cadences	Mid cadences	Mid cadences	Low cadences		
	PROTOTYPE	PROTOTYPE	PROTOTYPE	PROTOTYPE			

High cadences	
Mid cadences	
Low cadences	
PROTOTYPE	

Tableau 25: planning hebdomadaire de production des besoins répartis par cadence (appliqué au nesting standard)

En règle générale les PROTO augmentent en cadence, il faut donc gérer le passage de PROTO vers LOW CADENCE. Nous resterons donc avec du NESTING spécifique jusqu'au moment où la production sera stabilisée et suffisante pour lancer une étude de NEST standard, c.-à-d. production de plus de 2 AC par mois.

4.2.4.5. Définition du planning hebdomadaire au poste GFM

Afin de faciliter le lancement au poste GFM, il faut prévoir des rappels visuels simples (comme un tableau) avec des horaires qui permettent de gérer facilement le poste par l'opérateur lui-même.

- Connaître les NEST de la journée, voir de la semaine et savoir quand passer le NESTING en machine (attention préparer l'horaire en tenant compte d'un temps de préparation et du temps d'usinage;

	HORAIRE NEST STANDARDS						
	LUNDI	MARDI	MERCREDI	JEUDI	VENDREDI	SAMEDI	DIMANCHE
6:00		NEST_STD_A380_05	NEST_STD_A340_02				
6:30	NEST_STD_A320_01						
7:00		NEST_STD_A380_06					
7:30			NEST_STD_A340_06				
8:00	NEST_STD_A320_03		NEST_STD_A340_11				
8:30		NEST_STD_A380_07					
9:00	NEST_STD_A320_04						
9:30							
10:00	NEST_STD_A320_12						
10:30		NEST_STD_A380_08					
11:00							
11:30	NEST_STD_A320_06						
12:00							
12:30							
13:00							
13:30	NEST_STD_A320_09						
14:00							
14:30							
15:00	NEST_STD_A320_01						
15:30							
16:00							
16:30							
17:00	NEST_STD_A380_12						
17:30							
18:00							
18:30							
19:00							
19:30							
20:00	NEST_STD_A380_07						
20:30							
21:00	NEST_STD_A320_04						
21:30							
22:00	NEST_STD_A320_04						

Tableau 26: planning hebdomadaire de répartition des nest standards sur la semaine

- Être au courant de la production réelle (tableau interactif avec opérateurs), afin d'éventuellement corriger l'horaire de la journée suivante (faciliter le ré alignement)
- Nomenclature standardisée des NEST : genre NEST_STD_A320_XX pour « NESTing » « STanDard » « A320 », le XX représentant le numéro spécifique du NEST ;
- Comme vu ci-plus haut, la gestion de la production se rapproche de l'opérateur GFM, les autres métiers d'ordonnancement et de préparation vont donc évolués.

4.2.4.6. Réorganisation de l'ordonnancement GFM et des activités de préparation

Dans un premier temps, l'effet ne sera pas significatif (tant que tous les programmes ne sont pas soumis au standard nesting). Mais dans le futur cela pourrait avoir un impact direct sur le nombre de pauses de la semaine (temps de préparation des NEST spécifique). Pour le moment, 100% des NEST sont spécifiques en fonction des fluctuations du MRP, mais une fois les NEST standards en vigueur, 70% seront faits et ne bougerons plus et seulement 30% des NEST seront spécifiques ou correction de NEST STD. Les temps de préparation des NEST seront donc divisés par 3...

Implantation et planning de mise en œuvre

1. Définir le/les programmes à traiter en priorité (A340 puis A380, A320, E190, F7X, E145, E170,...). En fonction de la cadence par exemple.
2. Définition du groupe opérationnel.
3. Extraire les différents P/N à réaliser par AC.
4. Constituer les NEST : Répartir les différentes pièces sur les différents NEST.
5. Définir un planning de transition entre ancien et nouveau système pour tous les programmes.

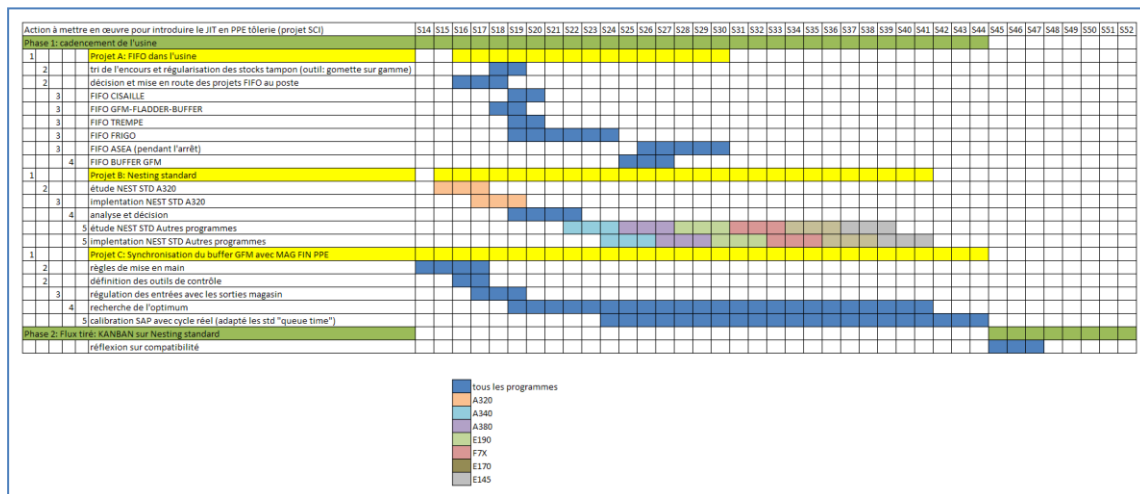


Tableau 27: planning d'action par projet

De plus avec les cadences aucune pièce ne devrait démarrer son cycle en retard. Donc l'effet au niveau de la gestion en urgence doit se niveler et se rapproche de 0 !

4.2.4.7. Améliorer la flexibilité

Toutes les activités ci-dessus concernent l'organisation de la GFM, cependant, il nous reste évidemment un risque important au niveau de la GFM, elle n'a pas de roue de secours. La GFM constitue le cœur de la tôlerie, si elle tombe en panne, les conséquences seront immédiates et désastreuses en flux tendu (objectifs). Il faut donc envisager l'utilisation d'une machine plus flexible que la GFM pour les gammes de rattrapage (pour se délester des NESTING) et pour les imprévus. La solution la plus rapide et la moins chère est de préparer un outillage pour une autre machine outil de l'usine PPE M-O, autre usine de PPE où plusieurs CN sont applicables comme roue de secours. D'ailleurs une réflexion doit être menée au plus vite.

4.2.5. Réflexion sur l'approvisionnement

Nous avons réfléchi sur comment répartir le besoin sur base des NEST standards, nous devons maintenant vérifier leur compatibilité avec la taille des tôles approvisionnées et gérer les conséquences. Sur base du ROI en annexe F qui conclut sur le principe suivant :

- Moins optimiser l'empilement des tôles passerait par le fait de gérer les chutes¹² qui risquent de devenir systématiques et nombreuses (à l'heure actuelle on n'a pas autant de chutes car chaque NEST est spécifique et optimisé) ce qui est impensable ;
- et réduire les dimensions des tôles de base d'une taille de 3660mm*1220mm à y*1220mm et éviter les chutes en s'adaptant au NEST standard, situation la plus idéale.

Cependant, cette réflexion de diminuer de taille de tôle doit :

- d'une part tenir compte des plus grandes pièces qui doivent logiquement rentrer dans les dimensions de la tôle. Exemple :

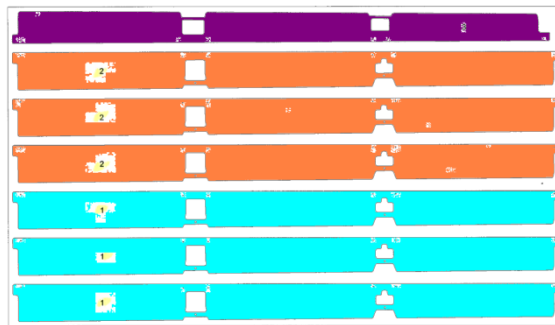


Tableau 28: exemple de grandes pièces conditionnant la taille d'une tôle

- d'autre part, il faut faire attention au fait que certaines références sont utilisées sur plusieurs programmes et nous devons donc vérifier la compatibilité entre eux.
- Enfin, certaines références sont utilisées dans d'autres usines telles que GPE par exemple et pour lesquelles la dimension « y » de la tôle a de l'importance.

La séquence de travail est donc la suivante, avant la révision de la taille d'une tôle :

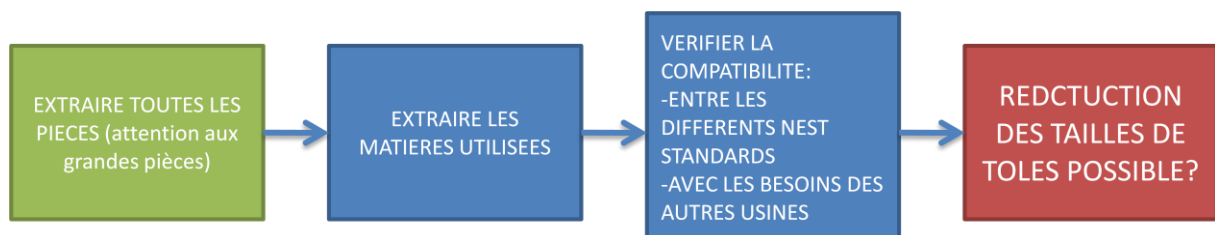


Figure 84: séquence de questionnement réduction sur la taille de tôle

Le point positif est que le prix ne change pas beaucoup en fonction de la taille des tôles, le prix au kilo est constant (environ 4€/kg) avec minimum une tonne de commande (réduisant la taille de tôle, on doit donc commander plus de tôle).

¹² Les déchets

Le point « bloquant » est qu'il faut un NESTEUR à temps plein pendant un mois pour créer tous les NEST standards, sans quoi nous ne pourrions pas nous décider intelligemment.

4.2.6. Compatibilité du projet NEST standard avec le flux tiré et le FIFO

Au vu de tous les nouveaux éléments, il semble important avant de continuer, de vérifier si nous sommes toujours dans la bonne direction.

Premièrement, du point de vue du projet d'implantation du FIFO au poste, pas de problème particulier. Une remarque simplement, prévoir les gares de sortie de poste de façon à simplifier la logistique.

- Pour le poste TREMPE, prévoir 5 gares de sortie (dont une générale):

		%age flux	%POSTE
TREMPE TO PLIEUSE		16,9	35,5
TREMPE TO FINI.PPE		27,0	56,8
TREMPE TO FINI.MAN		1,3	2,7
TREMPE TO ASEA		2,4	5,0

Tableau 29: répartition des gares de sortie du poste TREMPE

- Pour le poste ASEA, prévoir 4 gares (dont une générale) :

ASEA TO FINI.PPE		16,7	36,2
ASEA TO TOUPI		11,4	24,7
ASEA TO TREMPE		18,0	22,4

Tableau 30: répartition des gares de sortie de poste ASEA

- Pour le poste BUF.GFM, prévoir 5 gares de sortie (dont une générale) :

BUF.GFM TO TREMPE		34,2	42,7
BUF.GFM TO ASEA		30,1	37,5
BUF.GFM TO BUF.TLE		5,5	6,8
BUF.GFM TO PLIEUSE		5,2	6,5

Tableau 31: répartition des gares de sortie du poste BUF.GFM

Deuxièmement, du point de vue du flux tiré, le KANBAN générique est de par sa nature guidé par le seuil d'alerte sur le stock tampon avec le client (donc entre assy et PPE). Avec la solution cadencée nous ne sommes pas très loin puisque nous regardons déjà les stocks. Il nous faudra donc plus tard convertir le masque de production à la GFM (planning des NEST) en cartes KANBAN...

Ce qui reste réellement important est de ne pas mélanger les pièces des différents programmes sur un même NEST au risque de devenir incompatible avec le besoin.

Ceci constitue une vérification de la validité interne du projet, vérifions maintenant la validité externe.

4.2.7. Compatibilité avec les projets sur le terrain

Simplement, aucun projet sur la zone PPE tôlerie ne rentre en conflit avec ce projet.

4.2.8. Contrôle de la charge aux différents postes post-GFM

Au travers des différents points susmentionnés, nous avons géré le débitage des pièces, il faut maintenant nous assurer que l'ordonnancement sur les autres machines est bon et gérable. En d'autres termes, que ce que nous faisons sur un point ne reporte pas le problème plus loin.

Ici le travail sur les flux va nous être d'une grande utilité. Pour chaque NEST standard, une série de pièces lui est associée. Toutes ces pièces appartiennent à une famille de processus bien déterminée que nous avons simplifiée ci-plus haut en 13 processus.

Il nous faut pour chacun des NEST, déterminer sur quels postes les pièces passent. Ainsi de manière simplifiée¹³, nous allons vérifier que la charge à chaque poste sera équilibrée.

Exemple :

NEST appelant 20 pièces différentes									
FAMILLE	QTY	GFM	NB PASSAGE DE FAMILLE AU POSTE						
			BUF.GFM	TREMPÉ	ASEA	FINI.MAN	TOUPI	PLIEUSE	FINI.PPE
P252	5	1	1	1				1	
P221	8	1	1	1	1				1
P231	2	1	1	1		1			
P251	5	1	1					1	1
CHARGE SIMPLIFIEE		20	20	15	8	2	0	10	13

Figure 85: exemple de calcul de charge simplifiée

Dans cet exemple on voit que les postes FINI. MAN et TOUPI ont peut de charge de travail. Donc lors de la conception du planning des NEST Standard, il faudra s'assurer que les charges sont équilibrées sur base hebdomadaire et ce afin d'éviter des problèmes de cadence post GFM.

D'une manière générale, malgré la maîtrise des processus le FIFO, nous ne sommes pas à l'abri d'une défaillance du reste de la chaîne post-GFM. Un contrôle du volume d'encours est donc préférable.

¹³ En effet, le passage à un poste ne garanti pas la quantité de travail, étant donné qu'une pièce peut nécessiter plus de temps qu'une autre. Mais en règle générale la charge entre pièce est assez stable sauf pour quelques exceptions...

4.2.9. Projet C : Régulation du nombre d'OF dans la zone comme outil de contrôle et de pilotage

Le but de cette partie est de contrôler l'encours en dans la zone tôlerie et en instaurant un flux d'informations entre le buffer GFM et la Fin PPE (car le plus proche du client).

Ce qui nous donne un principe de travail simple :

Le volume dans la boucle est ainsi maîtrisé et constant en nombre de lots, c'est la vitesse du cycle qu'on règle (le cycle ralentit si besoin diminue et inversement).

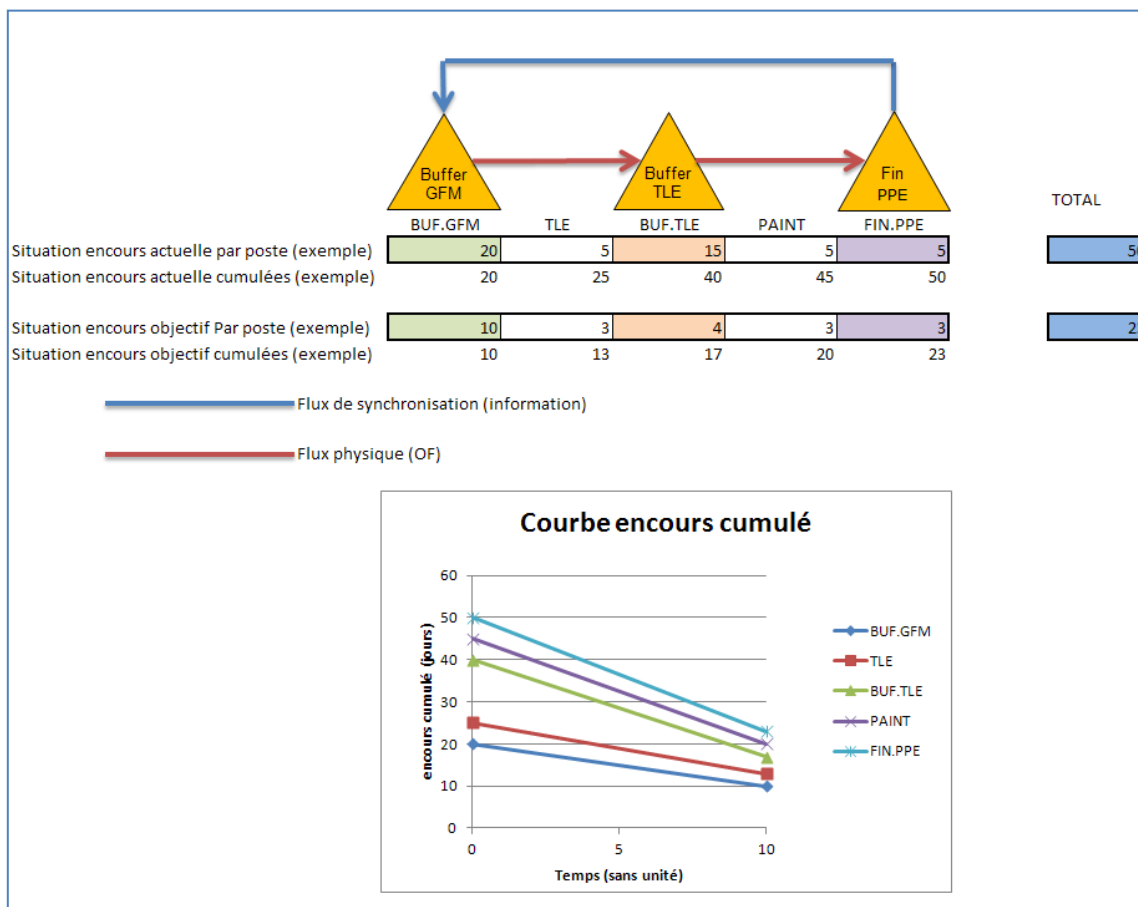


Figure 86: principe de synchronisation des buffers avec le client

Attention, pour éviter des ruptures d'approvisionnement en peinture, il faut fixer un seuil d'encours minimum au buffer tôlerie.

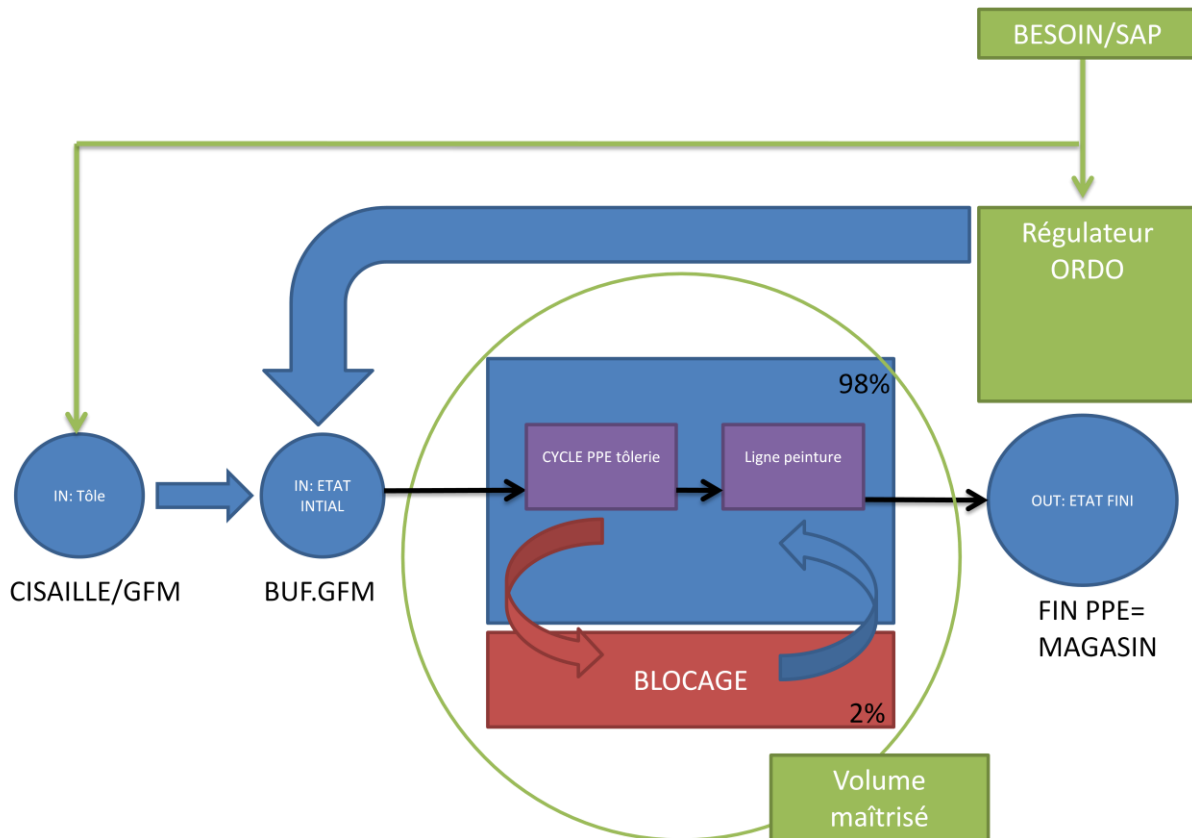


Figure 87: principe de régulation de l'encours

De ce schéma, on comprend mieux maintenant que l'ORDO a le pouvoir, avec un processus maîtrisé et stabilisé, d'accélérer ou de ralentir le cycle sans augmenter l'encours. En diminuant ou en augmentant simplement le nombre d'heures de travail (si on y regarde de plus près ce sont les prémices du flux tiré).

Une fois la communication introduite, comment diminuer l'encours :

- En régulant le nombre d'entrée et de sortie dans le système. Au début, plus de sorties que d'entrées, ce qui va permettre de vider l'encours tôlerie.
- Si l'encours se stabilise nous pourrions diminuer les standards « queue time » dans SAP sur base du constat d'accumulation dans le magasin final PPE.

4.2.10. Raccrocher le MRP au cycle réel et diminuer l'encours

Tant que le système reste piloté par le MRP, nous ne réduirons l'encours que lorsque nous diminuerons les temps de cycle dans le logiciel. En effet, si on accélère le cycle dans la réalité, les pièces vont se retrouver plus vite dans le stock du magasin (voir situation A devient B). Ce qui compte, ce n'est pas diminuer l'encours (situation B) mais bien de diminuer l'encours et le temps de stockage (situation C).

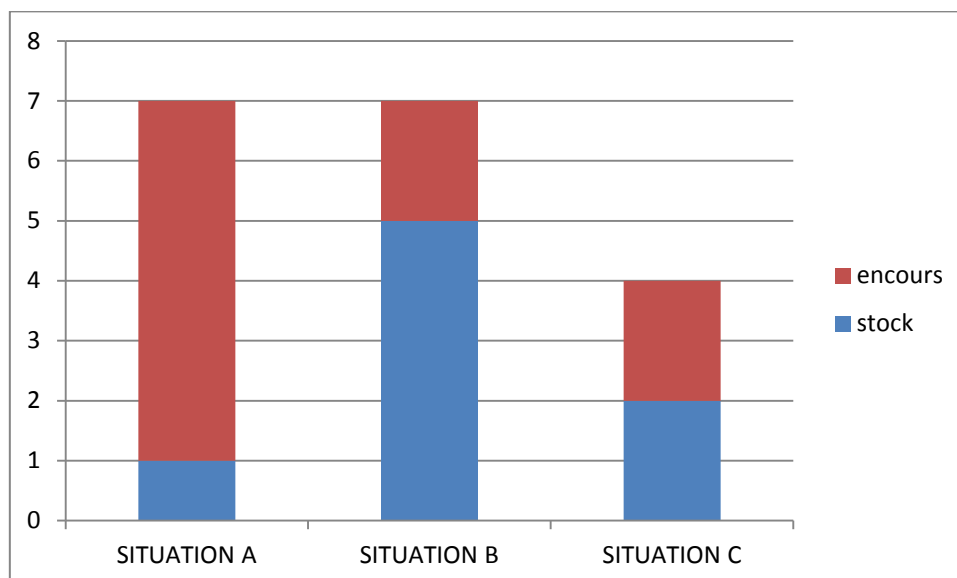


Figure 88: exemple de situations de réduction d'encours

En pratique, en prenant une référence pour laquelle nous étudierons les temps d'attente entre poste et une autre de confirmation, nous projetons de contrôler le cycle et de régler le MRP dessus.

Ce qui nous donne sur les graphiques des temps d'attente au poste :

- Pour la situation A (initial) :

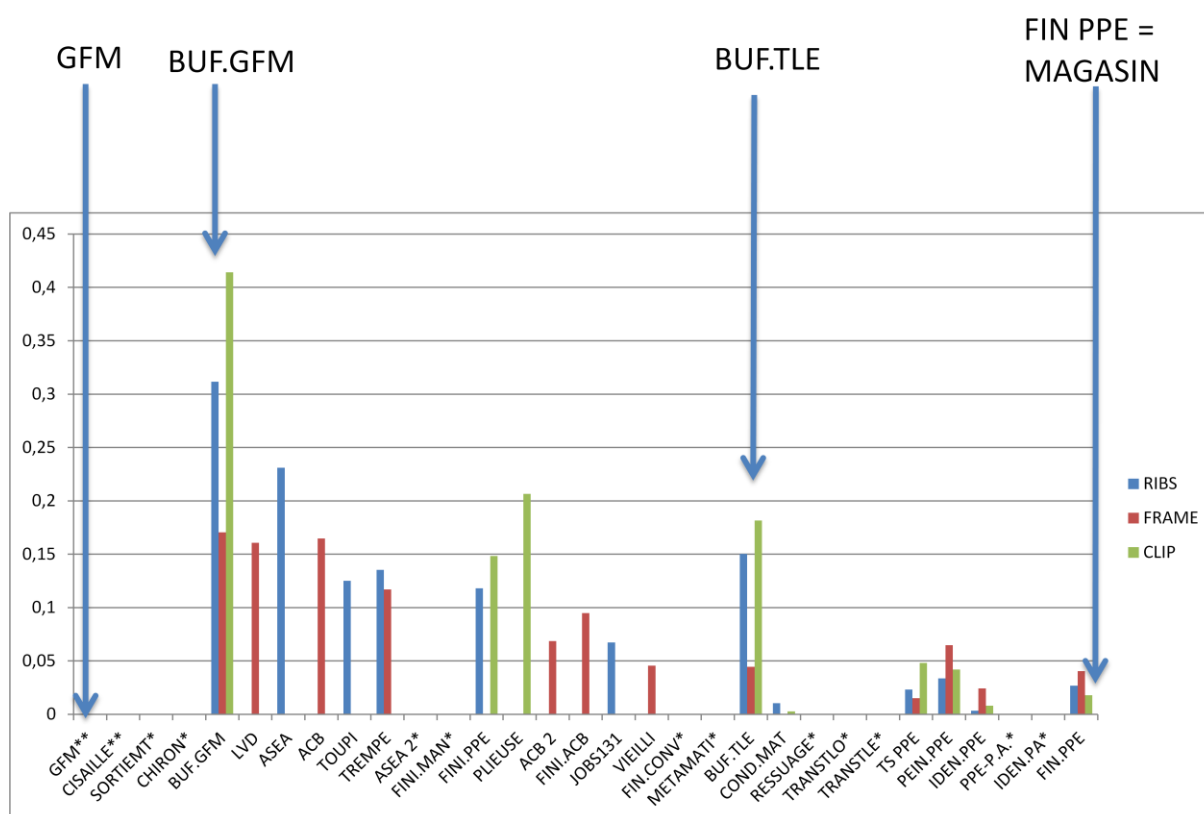


Figure 89: encours au poste pour la situation A

- Pour la situation B (accumulation des stocks tampon et au magasin):

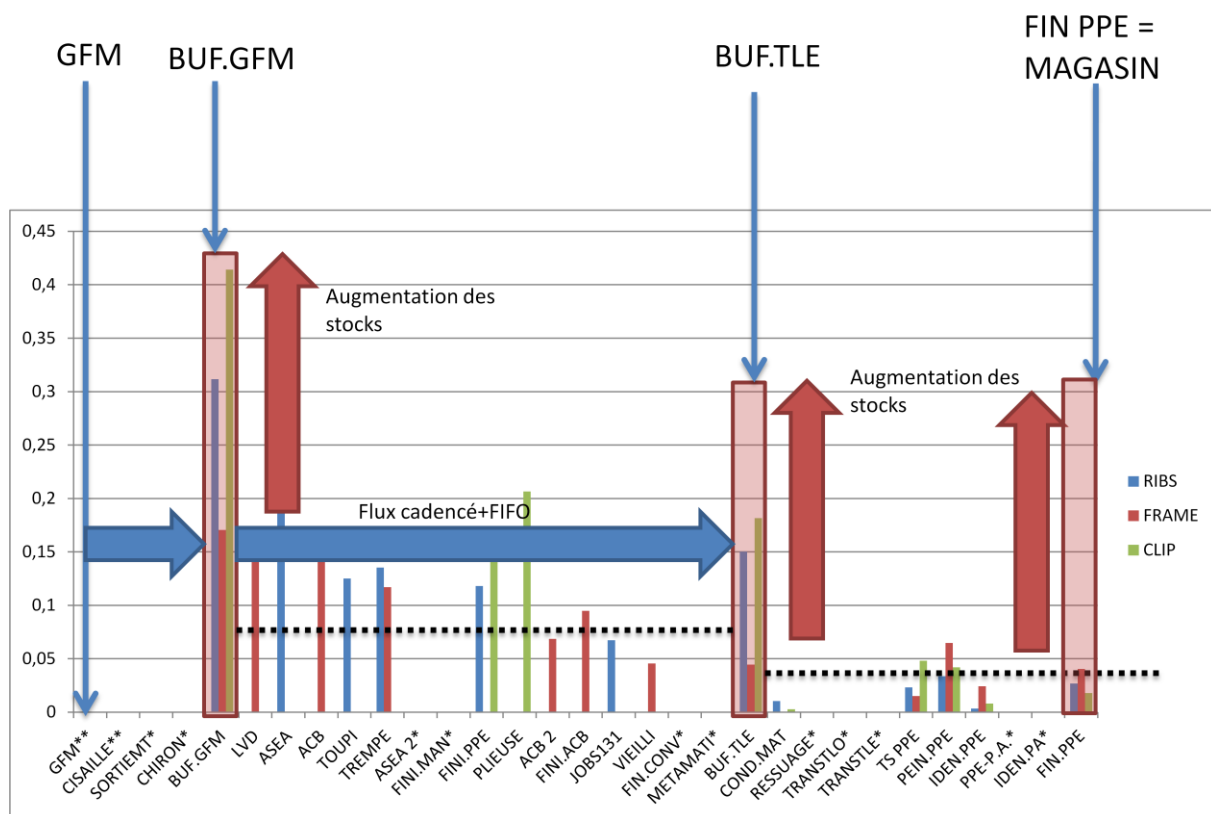


Figure 90:encours au poste pour la situation B

- Pour la situation C (en réduisant les « queue time » dans SAP):

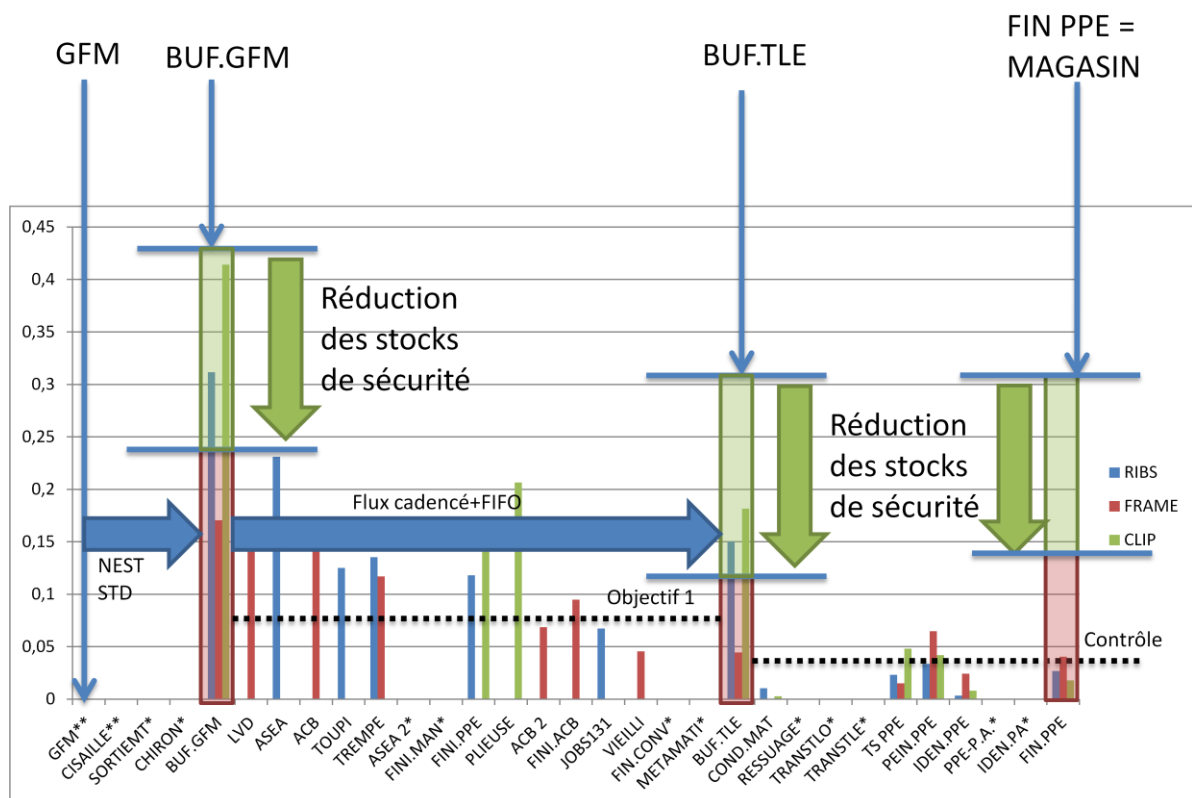


Figure 91:encours au poste pour la situation C

4.2.10.1. Mise en pratique de la réduction dans le MRP

La référence, prise pour calculer les nouveaux temps standards (par exemple, utilisons une rib 1320 « D574-60143-208»). La référence pour convenir doit :

- évidemment passer par les postes principaux de début de chaîne que sont dans l'ordre, la GFM, le BUF.GFM, l'ASEA, le TOUPILLAGE, la TREMPE et la FINITION PPE.
- Mais aussi faire partie d'une des familles de processus principales décrites ci plus-haut.

Les temps d'attente MRP sont appelés dans le système «QUEUE TIME » et tentent de compenser les défaillances du système par une temporisation dans le besoin, grâce aux temps de la référence nous allons régler les QUEUE TIME sur le cycle réel.

P2013			
REF = D574-60143-208			
RIB 957			
		WAS (13/03)	CIBLE
WorkCntr	Short text	Queue Time	Queue Time
	OUTILLAGES		
	Allocation FT		
GFM	Débit Svt Progr.	5	3
BUF.GFM	TRANSFERT		
ASEA	Formage Svt OT	3	2
TOUPI	Finition (toupillage) svt Fiche	1,5	1
TREMPE	Trempe fraîche svt Fiche	3	2
FINI.PPE 1	Finition Svt Fiche	1,5	1,5
FINI.PPE 2	Forer svt outillage - ébavurer	1,5	1,5
BUF.TLE	TRANSFERT		
COND-MAT	Vérifier cond. matière svt Fiche		
TS PPE	Préparer - Traiter svt Fiche - Vérifier	2	2
PEIN.PPE	Appliquer Svt Fiche	2	2
IDEN.PPE	Identifier svt Fiches et vérifier que		
FIN PPE	Final		

	WAS	IS
CYCLE	19,5	15
EN COURS		-23%

Tableau 32: étude des « queue time » et « safety time » sur pièce pilote

Attention, il faut rester attentif à tout moment au changement que l'on fait pour éviter des catastrophes, il faut contrôler sur le terrain si les changements ne provoquent pas de rupture de charge (ou l'inverse). Pour ça, changer les « Queue time » petit à petit et uniformément sur la chaîne, d'où l'importance de se rapprocher du cycle réel d'abord pour pouvoir comparer et rester réaliste.

4.2.10.2. Régler la sortie du BUF.GFM

Dernier petit réglage facile à réaliser :

À l'heure actuelle les lots gérés par le BUF.GFM sont lâchés 1 fois par semaine par vague dans la tôlerie. Une augmentation de la fréquence journalière de sortie des lots du buffer éviterait un encombrement goulot dans les premiers postes ASEA ou TREMPE.

Même capacité mais plus régulière : fixer une « erreur de lancement » avec où est la durée moyenne du cycle (exemple si 40 jours de cycle : ± 2 jours de jeu).

4.3. Développement du flux tiré

Le développement du flux tiré est l'objectif de ce travail, ce qui nous permettra d'atteindre le *Just-in-time*. Tout le travail fait (FIFO et ré-ordonnancement de la ligne) marque en fait une transition logique vers un flux tendu.

Pour rappel, la condition pour tirer le flux est de cadencer et maîtriser les flux (processus) en premier lieux. Ce chapitre définit donc les grandes lignes du « rêve ».

BUT du flux tiré :

- Désolidariser l'atelier du MRP et piloter les flux en fonction du besoin du client.
- Développer le flux tiré pour mettre en avant les problèmes liés à l'équipement, il faudra être prêt à les traiter. Pour ça il faudra continuer régulièrement à suivre les indicateurs.

Les moyens pour tiré le flux, outre les points déjà développés pour le cadencement :

- Le KANBAN
- Le KITTING

Revoici la méthodologie de travail utilisée :

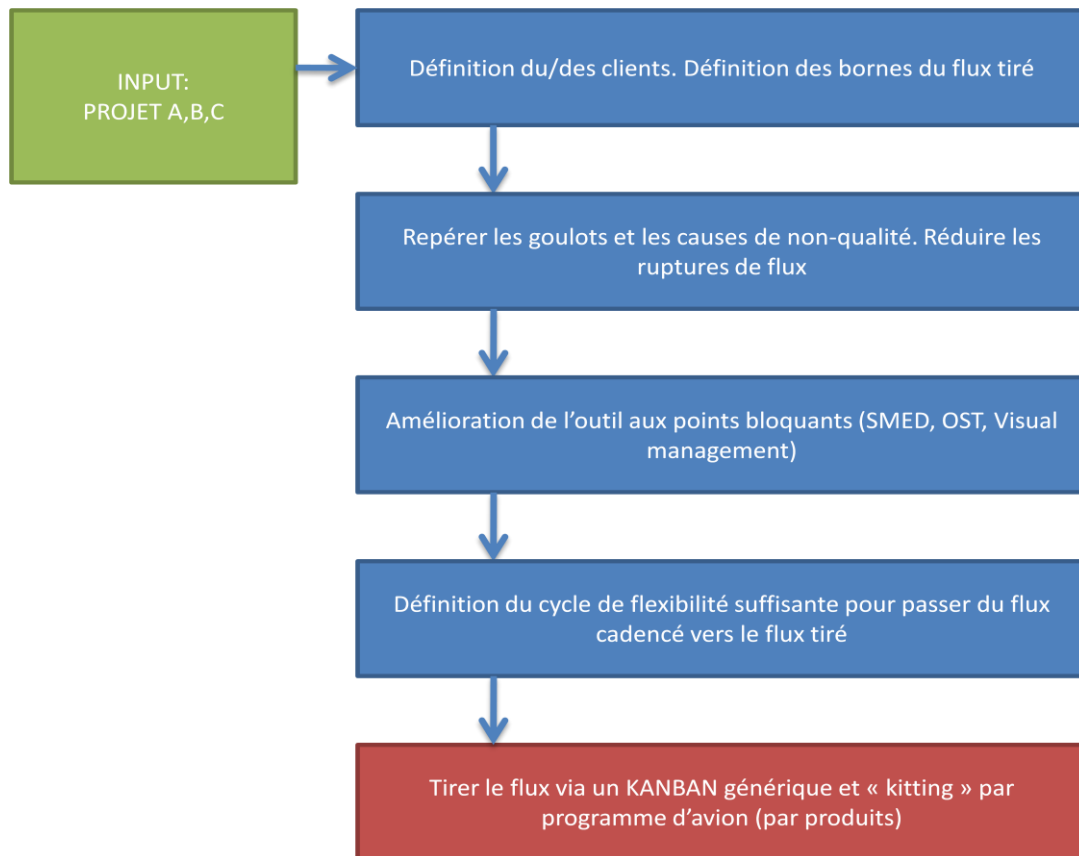


Figure 92: méthode de travail flux tiré (rappel)

La base du flux tiré est donc le besoin client que nous avons déjà dû étudier pour le cadencement de l'usine.

4.3.1. Besoin réel du client et définition des bornes du flux tiré

Notre client est évidemment l'avionneur mais par l'intermédiaire de l'usine d'assemblage ASSY. D'une façon générale, nous partons du flux cadencé vers un KANBAN :

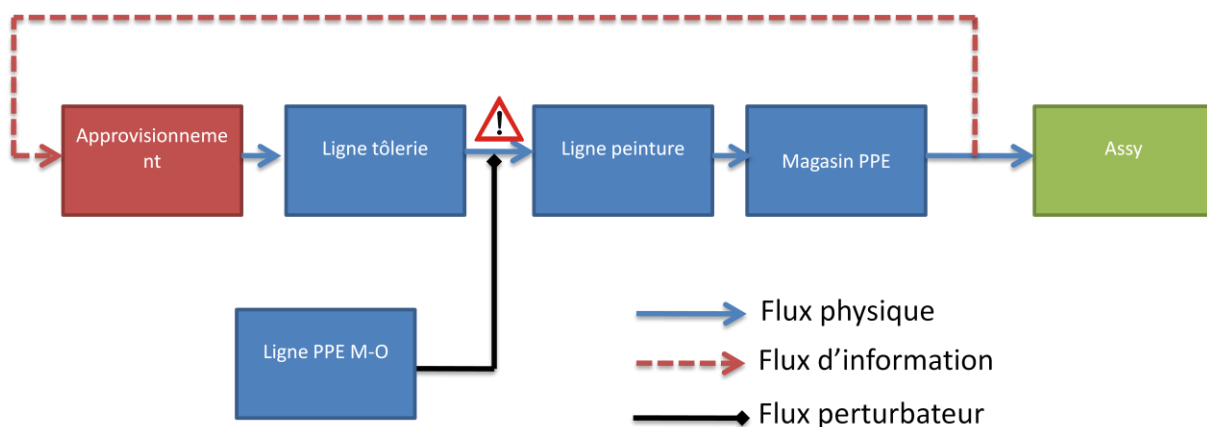


Figure 93: schéma de principe flux tiré

Ce schéma met en lumière un point dur du projet : la jonction de la ligne tôlerie avec la ligne peinture. Le KANBAN devra donc être étendu à toute l'usine, tous les flux arrivant sur la

ligne peinture devront être gérés : La ligne peinture étant commune entre la tôlerie et les machines outils.

De plus, nous connaissons toutes les références utilisées pour la production d'un assemblage. Ces références sont toutes consommées au même moment. La sortie magasin doit donc devenir un kit de toutes ces références. Le KANBAN sera donc un appel à un KIT de références, plus la production se rapprochera de ce KIT et plus nous serons proche du besoin réel du client !

Attention, plus nous sommes proches des besoins client, plus les risques de ruptures de flux doivent être maîtrisés.

4.3.2. Repérer les goulots et réduire les ruptures de flux

Comme expliqué ci-plus haut, le flux tiré va mettre en avant des problèmes liés à la productivité des machines. Le service Qualité et le service des méthodes (service qui s'occupe de l'amélioration de l'outil de production) doivent être prévenus et surtout prêts à agir en priorité sur ces problèmes de flux.

À l'heure actuelle, le service méthode est un service « pompier » qui atteint les feux que constituent les urgences et les problèmes journaliers : ils ne savent plus où regarder et travailler. Le flux tiré va leur permettre de recentrer leurs activités autour des réels problèmes de productivité.

Mettre en lumière le flux, implique un suivi rigoureux et régulier des indicateurs de cycles et de charge mais aussi la mise en place d'un management visuel sur le terrain permettant d'anticiper les problèmes (exemple : seuil d'alerte sur stock tampon, ...).

La première grosse phase de travail sera articulée autour de 3 axes :

- Augmenter la flexibilité des machines : ASEA, TREMPE, GFM, PLIEUSE,...
- Dédoubler les machines là où les risques de ruptures de flux sont les plus importants
- Planter le management visuel et faire « vivre les indicateurs »

Importer le flux tiré dans l'usine demande donc de la réactivité à tous les acteurs de la ligne pour améliorer les points bloquants.

4.3.3. Amélioration de l'outil aux points faibles

En parallèle à la volonté d'éviter les ruptures de flux, l'amélioration de l'outil doit aussi se faire au niveau des temps de préparation et de changement d'outil. Des chantiers OST et SMED doivent être mis en place aux machines dont les temps de « set up » sont importants. Ceci dans l'optique d'une augmentation de la flexibilité, condition importante pour tirer un flux de production.

4.3.4. Passage du flux cadencé vers le flux tiré

Pour bien comprendre voici un tableau de comparaison des principaux changements à envisager pour le changement d'un flux cadencé (poussé amélioré) vers un flux tiré :

Critères	Flux cadencé	Flux tiré
Déclenchement de la production	Masque de production : planning et réajustement via MRP	Consommation du client ASSY
Ligne de production	Rigide avec plage prévue pour flexibilité	Entièrement flexible
Charge au poste	Charge au poste assurée via le masque de production	Charge variable : polyvalence des opérateurs

Ce tableau met en avant deux axes de travail à commencer immédiatement :

- Améliorer la matrice de polyvalence des opérateurs
- Augmenter la souplesse du système

À partir des avantages et limites de la situation, regardons maintenant comment tirer, en pratique, ce flux en tôlerie PPE.

4.3.5. KANBAN générique et « kitting »

4.3.5.1. Principe applicable à la tôlerie et seuil de déclenchement de production

Comme nous l'avons vu avec le cadencement, l'opération au cœur de la tôlerie est le détournage via la GFM. Notre KANBAN et notre KITTING doivent donc être compatibles avec le NESTING standard.

Or comme les NEST STD ne mélange pas les programmes entre eux, pas de problème. Les seuils d'alerte pour l'envoi de la carte KANBAN doivent être simplement calculés programme par programme et dans chaque programme, NEST par NEST.

Donc chaque carte Kanban appelle un NEST, qui lui-même représente la charge à chaque poste (indiquer sur la carte KANBAN grâce aux calculs de flux ci-plus haut). De cette manière, nous n'avons plus à nous occuper du MRP, juste à combler le besoin en stock et connaître le seuil de déclenchement de la production¹⁴.

¹⁴ Largement décrit dans le cadencement chapitre 4

Après le cadencement de la production, nous arrivons à la situation suivante grâce au flux tiré :

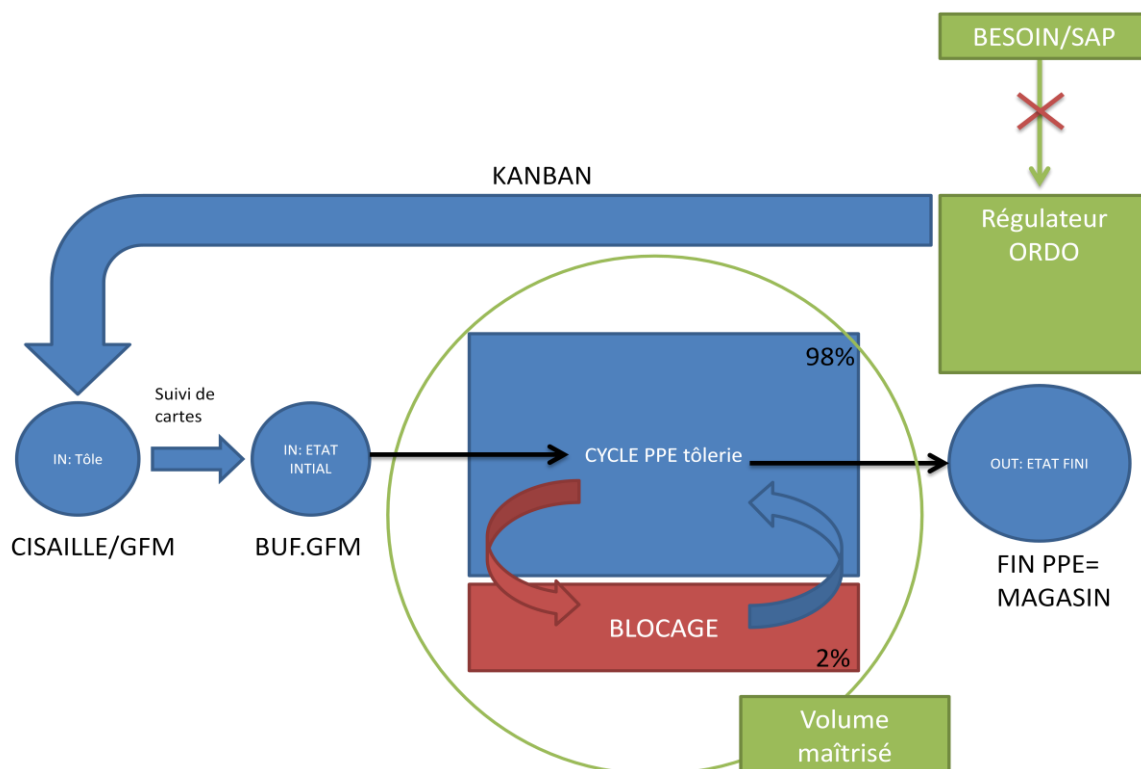


Figure 94: schéma de principe flux tiré après cadencement

Soit sur la répartition de l'encours :

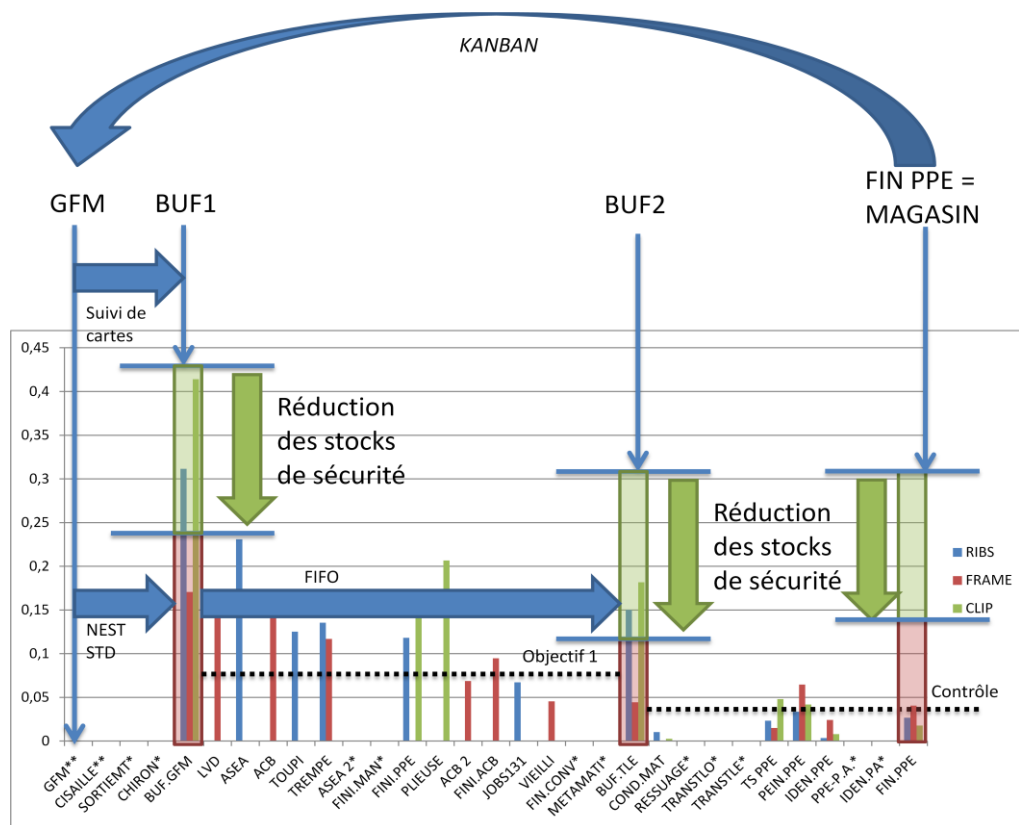


Figure 95: situation encours aux postes avec flux tiré

Encore une fois et comme pour le flux cadencé, les stocks de sécurité vont diminués, mais cette fois plus en modifiant le temps de cycle MRP mais en nivelant naturellement puisqu'on se déconnecte du MRP!

Pour éviter les pollutions, il faut passer toutes les familles de pièces sur le système KANBAN, par contre la carte dans un premier temps suit la tôle et le NEST avant d'être dissociée. Car dans un NEST, il y a plusieurs processus différents, qui font que les pièces détournées partent vers différents postes après GFM (et donc impossibilité pour la carte de se couper en morceau).

4.3.5.2. Calcul du nombre de carte

Pour le moment et à ce stade du projet, il est impensable de calculer le nombre de cartes nécessaires car la couverture à l'aléa est trop imprévisible (écart-type à la moyenne trop importante). Pour s'en convaincre, voici la méthode de calcul simple à appliquer:

Où,

N représente le nombre de cartes nécessaire dans le cycle de production

D est la consommation moyenne de produits par les clients par unité de temps

G représente le facteur de couverture contre les aléas et les changements de série

C représente le nombre de pièces contenues dans un container

On comprend dès lors mieux pourquoi passer par une phase de cadencement de l'usine avant d'introduire le KANBAN ou même de tirer le flux. Cette méthode nécessite une bonne maîtrise globale de la production et de son rythme.

En pratique nous allons donc devoir gérer un flux de carte de KANBAN au poste GFM.

4.3.6. Mise en pratique

4.3.6.1. Réorganisation des postes GFM-CISAILLE

Voici une liste de points de réflexion à mettre en place :

- Le support des cartes et la préparation :
Tout simplement disposé à côté de la cisaille, près du poste de préparation des tôles.
La préparation des cartes doit évidemment être suivie par l'ordonnancement et doit servir de « liste de tâche pour les deux postes que sont la cisaille et la GFM.

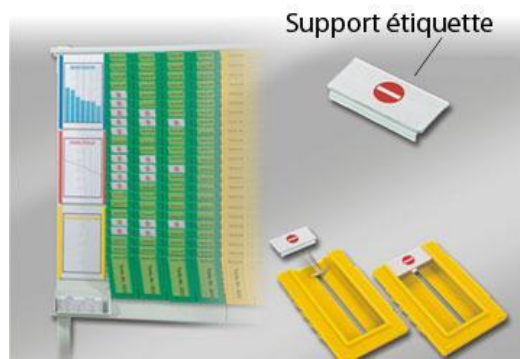


Figure 96: exemple de carte KANBAN (vu sur mecanontage.com)

- Le flux des cartes :

Les cartes doivent évidemment suivre la tôle, donc chaque chariot qui reçoit les tôles doit être équipé d'un porte-carte.



Figure 97: flux des cartes KANBAN dans l'atelier

Le flux d'information matérialisé par les cartes Kanban suit le trajet suivant:

1. L'ordonnancement prépare les cartes sur base des stocks magasin
2. La carte Kanban lue, les tôles sont préparées par l'opérateur et associées aux tôles via les chariots.

3. La carte Kanban suit les tôles jusqu'à la préparation sur la GFM
4. La carte est collectée et dissociée du lot.
5. Retour de la carte vers l'ordonnancement où elle est recyclée et retraitée pour le futur.

Ce flux d'information matérialisé par des cartes doit être suivi rigoureusement, ce qui implique un personnel au courant et apte.

4.3.6.2. Former le personnel concerné

Un changement de culture tel que le flux tiré implique pas mal d'effort en formation dans le futur, mais aussi dans l'immédiat.

AXE immédiat : création d'un ETP de liaison (à confirmer) pour suivre :

- La rédaction des cartes
- Suivi nesting
- Suivi des indicateurs
- Contrôle communication entrée BUF_GFM vs sortie magasin PPE

AXE futur : Renforcer la polyvalence du personnel afin de garantir la flexibilité de tout le monde. La formation du personnel doit rester dans les priorités du projet et des managers sur le long terme.

4.3.6.3. Management et respect des règles établies

Des règles doivent être clairement définies, et le manager doit veiller à leur respect rigoureux et régulier. Ensuite nous devons envisager le cas du non-respect de ces règles et savoir quoi faire pour la contrecarrer.

5. Conclusion générale

L'objectif de ce mémoire était d'analyser les modalités de transformation d'un processus sous flux poussé (MRP) à un processus sous flux tiré, pour la production de pièces non standardisées en petites séries produites dans l'atelier tôlerie PPE de la SONACA dans un délai de réalisation maîtrisé.

L'analyse des différentes solutions proposées par la littérature, d'une part et d'autre part du fonctionnement actuel du processus de production de l'atelier tôlerie de la SONACA, nous ont fait choisir une solution en deux étapes afin d'atteindre l'objectif du juste à temps. Nous pouvons matérialiser cet objectif par l'indicateur des pièces en retard SONACA (« PN à date de ») qui voudrait « 0 » alors qu'au moment il est de 15 à 20%.

La première étape consiste à mettre en œuvre le programme NESTING de manière à « nettoyer » puis maîtriser l'encours, en mettant sous contrôle le processus actuel via un aménagement sur le terrain. Le NESTING ou cadencement standard de découpe de tôles permettra de réduire l'encours de pièces d'au moins 20% et surtout d'éliminer le système d'urgence utilisé actuellement qui désorganise plus encore le processus. Il permettra en plus, d'initier d'autres développements positifs, tels que l'amélioration de synergies entre pièces, l'ergonomie et le management des espaces de travail moins encombrés de pièces, l'aménagement de gares d'entrées et de sorties de pièces, le management à vue, etc.

La seconde étape ne sera entamée qu'après la mise en place du Nesting sur tous les programmes de l'atelier tôlerie et la validation du fonctionnement du processus de produits de la tôlerie dans ces nouvelles conditions de travail. Cette seconde étape consistera à appliquer la philosophie du flux tiré. Les pièces non standardisées de petites séries seront mises en production par le critère de leur mise à disposition au moment requis sans générer de perturbation dans le processus de production. On introduit donc de la sorte beaucoup plus de flexibilité dans un processus qui est toujours cadencé en assurant une maîtrise bien meilleure du flux de production global (notion du flux tendu). L'encours des pièces devrait être réduit de la sorte de près de 65%.

La mise en place d'indicateurs pertinents dans le processus est un des éléments déterminants du succès de l'opération. L'indicateur ultime de fin de processus du « PN à date de » aura pour objectif « 0 » mais d'autres indicateurs positionnés dans le processus feront l'objet d'un suivi attentif et coercitif (temporairement définis), notamment les temps d'attente entre poste. La mise en œuvre et le succès d'un tel changement dans le mode de fonctionnement actuel du flux n'est pas possible sans la compréhension, l'adhésion et la participation de tous ses membres. Ces derniers doivent être convaincus que l'objectif est à la fois une amélioration de

la performance très importante dans un contexte de concurrence de plus en plus prononcée et aussi et surtout, une amélioration du quotidien des participants d'un processus beaucoup moins stressé qu'actuellement hors de la production de pièces non standardisées de petite séries.

6. Bibliographie

« *Produire juste-à-temps en petites séries* » de René Colin. 2002. MGCM Editions.

« *Gestion de la production et des flux* » de Vincent Giard. 2003. Economica Edition.

« *Le But, un processus de progrès permanent* » de Eliyahu M. Goldratt & J. Cox. Afnor Editions.

« *Factory Physics: Foundations of manufacturing management* » de Hopp W.J. et M.L. Spearman. 2000. 2ème édition, McGraw-Hill, New York (en anglais).

« *Manufacturing Planning and Control Systems* » de Vollmann T. E, W. L. Berry et D. C. Whybark. 2004.

« *For Supply Chain Management: The Definitive Guide for Professionals* » de P. Kaminsky P., Simchi-Levi D&E. 2003. 5ème édition, McGraw-Hill Professional (en anglais)

« *Creating Mixed Model Value Streams : Practical Lean Techniques for Building to Demand* » de Duggan K. J. 2002. Productivity Press (en anglais)

« *Gestion de production : les fondamentaux et les bonnes pratiques* » de Pillet M., Martin-Bonnefous C., Bonnefous P., Courtois A. 2012. Eyrolle.

« *Guide pratique des 5S et du management visuel pour les managers et les encadrants* » 2^e Edition de Hohmann C. 2012. Eyrolle.

« *Techniques d'amélioration continue en production : 33 méthodes et outils pour développer les savoir-faire* » de Robert Chapeaucou. 2010. Dunod.

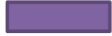
Annexe A : récapitulatif objectif

	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30	S31	S32	S33	S34	S35	S36	S37	S38	S39	S40	S41	S42	S43	S44	S45	S46	S47	S48	S49	S50	S51	S52		
PHASE 1 CADENCEMENT DE L'USINE (réduction de l'encours en %)	0	0	0	0,5	1,75	4,5	6,25	7,25	8,25	9,25	12,3	13,8	15,6	16,7	18,2	19	20,4	20,8	21,3	21,6	22,2	22,4	22,9	23,1	23,5	23,7	24,3	24,5	24,8	24,8	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	
Projet A: FIFO dans l'usine	0	0	0	0	0,75	3,25	5	6	7	8	9	9	9,6	10,2	10,8	11,4	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
FIFO USAILLE						0,25	0,25																																		
FIFO GRM-FLADDER-BUFFER						0,75	0,75																																		
FIFO TREMPE							1,5	1,5																																	
FIFO FRIGO									1	1	1	1																													
FIFO ASEA																																									
Projet B: NESTING STANDARD	0	0	0	0,5	1	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25		
A320				0,5	0,5	0,25										0,6	0,6	0,6	0,6	0,6																					
A340												1,5	1,5	0,75																											
A380															0,5	0,5	0,25																								
E190																		0,4	0,4	0,2																					
F7X																				0,25	0,25	0,25																			
E170																							0,15	0,15	0,1																
E145																										0,2	0,2	0,2													
Projet C: Synchronisation de buffer GFM avec MAG FIN PPE												0,5	0,5	0,95	1,35	1,35	1,7	1,7	2,05	2,05	2,4	2,4	2,75	2,75	3,1	3,1	3,45	3,45	3,75	3,75	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
Calibration SAP avec cycle réel												0,5	0,45	0,4	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,3	0,25											
ENCOURS ACTUEL EN ME	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		
OBJECTIFS SCI	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,98	0,97	0,96	0,96	0,95	0,94	0,93	0,93	0,92	0,92	0,91	0,90	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82	0,81	0,81	0,80	0,79	0,78	0,78	0,77	0,76	0,75	0,75	0,75	0,74		
ENCOURS PRESENTE DIRECTION GENERALE	1,00	1,33	1,66	1,10	1,09	1,08	1,07	1,06	1,05	1,04	1,03	1,02	1,01	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82	0,81	0,80	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	0,75	
ENCOURS SUR BASE DE LA PHASE 1	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	0,96	0,94	0,93	0,92	0,91	0,88	0,86	0,84	0,83	0,82	0,81	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78	0,78	0,77	0,77	0,77	0,76	0,76	0,76	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75		

Gestion de la production en petites séries : application dans le domaine aéronautique

TITRE		FIFO zone PPE tolérerie		N° DU CENTRE		REF. PROVISoire		N° D'ORDRE DEFINITIF(S)	
Frais Principaux Investissements		Frais Généraux associés au projet		TOLERIE		EMETTEUR			
Frais Investissements		Aménagements		120		II-1159		2405500	
Frais Principaux Investissements		Autres frais		MOTIF DE LA DEPENSE		Date :			
(1) Description de la dépense 5 sujets vont être traités en accord avec les autres projets de la zone (LEAN, KAIZEN, ...) et ce pour fin MAI 2012: ZONE 1 : aménagement d'une file indienne de chariots entre la cisaille et la gfm; 5 chariots à 1900 € ZONE 2 : aménagement de la zone de stockage des chutes de tôle et des tôles préparées pour la GFM (compatible avec bras de manipulation); travaux de menuiserie. ZONE 3 : aménagement d'une file indienne de chariots entre la gfm/fiadder/buffer (en récupérant une partie de la place qu'occupait la laser); démontage des rampes; CARO 2000 €(démontage rampe); FABRICOM 1300€ (déviator air); CARO 600€(démontage mobilier et évacuation); chariots 3*1400€ ZONE 4 : réaménagement de plusieurs rouleaux dynamiques FIFO en zone de picking de la trempe; CARO 2000€ ZONE 5 : aménagement du grand frigo en FIFO par rouleaux dynamiques (attention au froid et à l'humidité) ; rack dynamique 5000€		9 500,00 € 400,00 € 3 900,00 € 2 000,00 € 5 000,00 €		Nouvelles Techniques Complément à du matériel existant Remplacement de matériel vétuste Augmentation de cadence ou capacité Augmentation de productivité Matériel nécessaire suite à embauche Autres (à spécifier) (pièce de rechange)		X X X X		X	
(3) Coûts de l'installation Main d'oeuvre (Heures x €/Heure) Matières Autres coûts extérieurs Mise en état Tests Training Rechanges				UTILISATION Spécifique à un contrat (MSJ 500 Flaps) Equipement Général Atelier Mesures de Sécurité Matériel Administratif Investissement social Pièces de rechange - (Modifications) Pièces de rechange - Maintenance Autres (à spécifier)					
(4) TVA non Recupérable : Résumé d'imputation Comptable Euros				CIRCUIT D'AUTORISATION Rédigé pour : PPE tolérerie Plant Manager Infrastructures Industrielles Comptabilité Générale Logistique Direction Pré-série Direction Opérationnelle Direction Financière Approbation Finale Administrateur délégué		Signature 24.04.12 24.04.12 30.04.12 23/04 23/04 26/4/12 26/04		Date 24.04.12 24.04.12 30.04.12 23/04 23/04 26/4/12 26/04	
(5) MONTANT TOTAL AUTORISE		25.000 €							

Annexe C : symbolique pour projet FIFO

	Zone externe		Étagère simple sens numérotée
	Zone chutes/déchets		Étagère outillage
	Table de préparation		Étagère double sens
	Machine non-utilisée		Pointeuse
	Machine active		Potence (manipulation des tôles)
	Bureau/rouleau « statique »		N°Opération (opérateur 1)
	Allée de passage interzone		N°Opération (opérateur 2)
	Zone intermédiaire		N°Opération (opérateur 3)
	Paroi bien délimitée		Transporteur inter-poste
	Contour théorique (non-physiquement délimité)		Mouvement de convoyeur
	Mouvement manuel opérateur		Chariot de tôles/bacs
	Convoyeur automatique (grillage)		Chariot de tôles rotatif numéroté
	Mouvement chariot de tôles		Rouleau « dynamique »
	Étagère simple		Desserte (charrette à la main)

Annexe D : tableau de répartition Pareto des processus (part 1)

Sous-famille	%age TOTAL	ETAPE PROCESSUS LIGNE TOLERIE					ETAP PROCESSUS LIGNE PEINTURE						
		GFM	BUF.GFM	TREMPE	PLIEUSE	FINI.PPE	VIEILLI	BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	IDEN.PPE	FIN PPE
P2521617	1,00	GFM	BUF.GFM	TREMPE	PLIEUSE		VIEILLI	BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	IDEN.PPE	FIN PPE
P2524602	0,66	GFM	BUF.GFM	TREMPE	PLIEUSE		VIEILLI	BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	IDEN.PPE	FIN PPE
P2527020	0,66	GFM	BUF.GFM	TREMPE	PLIEUSE		VIEILLI	BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	PPE-P.A.	IDEN.PA
P2527200	0,47	GFM	BUF.GFM	TREMPE	PLIEUSE		VIEILLI	BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	IDEN.PPE	FIN PPE
P2523000	2,96	GFM	BUF.GFM	TREMPE	PLIEUSE			BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	IDEN.PPE	FIN PPE
P2522000	2,67	GFM	BUF.GFM	TREMPE	PLIEUSE			BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	IDEN.PPE	FIN PPE
P2521000	2,01	GFM	BUF.GFM	TREMPE	PLIEUSE			BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	IDEN.PPE	FIN PPE
P2521601	1,32	GFM	BUF.GFM	TREMPE	PLIEUSE			BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	IDEN.PPE	FIN PPE
P2521101	1,06	GFM	BUF.GFM	TREMPE	PLIEUSE			BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	IDEN.PPE	FIN PPE
P2521600	0,93	GFM	BUF.GFM	TREMPE	PLIEUSE			BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	IDEN.PPE	FIN PPE
P2521120	0,57	GFM	BUF.GFM	TREMPE	PLIEUSE			BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	PPE-P.A.	IDEN.PA
P2521021	0,49	GFM	BUF.GFM	TREMPE	PLIEUSE			BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	PPE-P.A.	IDEN.PA
P2521620	0,46	GFM	BUF.GFM	TREMPE	PLIEUSE			BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	PPE-P.A.	IDEN.PA
P2521404	0,43	GFM	BUF.GFM	TREMPE	PLIEUSE			BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	IDEN.PPE	FIN PPE
P2521020	0,38	GFM	BUF.GFM	TREMPE	PLIEUSE			BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	PPE-P.A.	IDEN.PA
P2521220	0,36	GFM	BUF.GFM	TREMPE	PLIEUSE			BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	PPE-P.A.	IDEN.PA
TOTAL 1		16,43											
P2217600	3,59	GFM	BUF.GFM	TREMPE	ASEA		VIEILLI	BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	IDEN.PPE	FIN PPE
P2217601	2,66	GFM	BUF.GFM	TREMPE	ASEA		VIEILLI	BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	IDEN.PPE	FIN PPE
P2217020	0,76	GFM	BUF.GFM	TREMPE	ASEA		VIEILLI	BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	PPE-P.A.	IDEN.PA
P2217000	0,48	GFM	BUF.GFM	TREMPE	ASEA		VIEILLI	BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	IDEN.PPE	FIN PPE
P2219201	0,45	GFM	BUF.GFM	TREMPE	ASEA		VIEILLI	BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	IDEN.PPE	FIN PPE
P2211901	1,45	GFM	BUF.GFM	TREMPE	ASEA		VIEILLI	BUF.TLE	COND-MAT	IDEN.PPE	FIN PPE		
P22111000	1,45	GFM	BUF.GFM	TREMPE	ASEA		VIEILLI	BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	IDEN.PPE	FIN PPE
P22112901	1,00	GFM	BUF.GFM	TREMPE	ASEA		VIEILLI	BUF.TLE	COND-MAT	IDEN.PPE	FIN PPE		
P22111600	0,98	GFM	BUF.GFM	TREMPE	ASEA		VIEILLI	BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	IDEN.PPE	FIN PPE
P2212000	0,97	GFM	BUF.GFM	TREMPE	ASEA		VIEILLI	BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	IDEN.PPE	FIN PPE
P2211620	0,76	GFM	BUF.GFM	TREMPE	ASEA		VIEILLI	BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	PPE-P.A.	IDEN.PPE
P2211120	0,66	GFM	BUF.GFM	TREMPE	ASEA		VIEILLI	BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	PPE-P.A.	IDEN.PPE
P2211400	0,46	GFM	BUF.GFM	TREMPE	ASEA		VIEILLI	BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	IDEN.PPE	FIN PPE
P22113000	0,38	GFM	BUF.GFM	TREMPE	ASEA		VIEILLI	BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	IDEN.PPE	FIN PPE
TOTAL 2		16,04											
P2133411	2,11	GFM	BUF.GFM	ASEA	TREMPE		JOBS131	BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	IDEN.PPE	FIN PPE
P2132411	1,50	GFM	BUF.GFM	ASEA	TREMPE		JOBS131	BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	IDEN.PPE	FIN PPE
P2131000	8,01	GFM	BUF.GFM	ASEA	TREMPE			BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	IDEN.PPE	FIN PPE
P2132005	3,34	GFM	BUF.GFM	ASEA	TREMPE			BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	IDEN.PPE	FIN PPE
P2131400	0,66	GFM	BUF.GFM	ASEA	TREMPE			BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	IDEN.PPE	FIN PPE
TOTAL 3		15,61											
P2133017	7,81	GFM	BUF.GFM	ASEA	TOUPI	TREMPE			BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	IDEN.PPE
P2132017	3,59	GFM	BUF.GFM	ASEA	TOUPI	TREMPE			BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	IDEN.PPE	FIN PPE
TOTAL 4		11,40											

Annexe D : suite tableau de répartition Pareto des processus (part 2)

Sous-famille	%age TOTAL	ETAPE PROCESSUS LIGNE TOLERIE					ETAPE PROCESSUS LIGNE PEINTURE				
		BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	FINI.PPE	FINI.PPE	BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	FIN PPE
P2517008	2.29	GFM					BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	FIN PPE
P2517608	1.01	GFM					BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	FIN PPE
P2518908	0.71	GFM					BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	FIN PPE
P2517408	0.67	GFM					BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	FIN PPE
P2518408	0.40	GFM					BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	FIN PPE
P2519408	0.38	GFM					BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	FIN PPE
TOTAL 5	5.47										
P2519913	0.71	GFM	PLIEUSE				BUF.TLE	COND-MAT	IDEN.PPE	FIN PPE	
P2517600	1.45	GFM	PLIEUSE				BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	FIN PPE
P2517601	1.20	GFM	PLIEUSE				BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	FIN PPE
P2517605	0.95	GFM	PLIEUSE				BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	FIN PPE
P2517401	0.90	GFM	PLIEUSE				BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	FIN PPE
TOTAL 6	5.21										
P2317600	0.93	GFM	FINI.MAN				BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	FIN PPE
P2317200	0.69	GFM	FINI.MAN				BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	FIN PPE
P2318600	0.66	GFM	FINI.MAN				BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	FIN PPE
P2317602	0.65	GFM	FINI.MAN				BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	FIN PPE
P2317604	0.58	GFM	FINI.MAN				BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	FIN PPE
P2317625	0.47	GFM	FINI.MAN				BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	FIN PPE
TOTAL 7	3.99										
P2217838	0.41	GFM	ASEA	TREMPE	ASEA	FINI.PPE	BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	FIN PPE
P2217635	1.99	GFM	ASEA	TREMPE	ASEA	JOBS131	BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	FIN PPE
TOTAL 8	2.40										
P2315603	0.76	GFM	TREMPE			FINI.MAN	BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	FIN PPE
P2315601	0.51	GFM	TREMPE			FINI.MAN	BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	FIN PPE
TOTAL 9	1.28										
P2429300	0.41	GFM	LVD			ACB	BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	FIN PPE
P2429100	0.41	GFM	LVD			ACB	BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	FIN PPE
TOTAL 10	0.82										
P2137600	0.64	GFM	ASEA			FINI.PPE	BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	FIN PPE
TOTAL 11	0.64										
P2113417	0.47	GFM	TREMPE	PLIEUSE	ASEA	FINI.PPE	BUF.TLE	COND-MAT	TS PPE	PEIN.PPE	FIN PPE
TOTAL 12	0.47										
P2517948	0.47	GFM				FINI.PPE	BUF.TLE	COND-MAT	IDEN.PPE	FIN PPE	
TOTAL 13	0.47										

Annexe E : tableau des nomenclatures suivant programmes :

Nomenclature	Programme	cadence 2013
D531	A320	440
D301	A320	440
C016	C-Série	23
550-	450/550	44
120-	N/A	0
135-	135	0
145-	145	0
170-	170	18
190-	190	78
2057	N/A	0
400C	N/A	0
400F	N/A	0
D574	A320	440
DP_L	N/A	0
DPF5	N/A	0
F301	A340	85
F539	A340	85
EP-E	N/A	0
EP-I	N/A	0
F574	A340	85
F7XC	F7C	38
IRT7	N/A	0
L301	A380	28
L531	A380	28
L539	A380	28
L574	A380	28
M301	A400M	11
M528	A400M	11
M574	A400M	11
M890	A400M	11
NP20	N/A	0
V301	A350	20
V531	A350	20
V574	A350	20
V892	A350	20

Figure 98: tableau des nomenclatures par programme

Annexe F : ROI sur calcul de la dimension des tôles du NESTING standard

But :

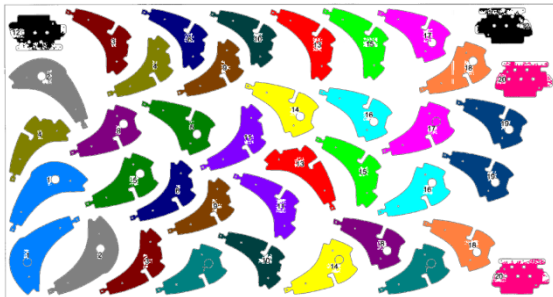
Décider s'il est préférable :

- de cisailer une tôle ou de créer plus de déchet.
- De mettre l'empilement au max ou bien d'étaler les pièces sur le nest.

Déterminer un certain nombre de scénarios basés sur les Nest A320 standard (proposé par manu le 25/4).

Nest standard proposition

Proposé sur base des besoins d'une semaine en A320 (ndlr : environ 9 avions par semaine)



Epaisseur 1.6 mm

Hypothèses

Coût matière

2.6kg/m³ avec en moyenne 4€/kg

Coût de stockage

Frais financier : 11%

Frais de système en urgence (sans rangement) : 14%

Cisaille

Taux horaire de la cisaille : 32€/heure

Préparation du bac de tôles entières (soit pour cisaille, soit pour GFM): 20 minutes

Préparation des tôles pour cisailage : 3 minutes/tôle

Coup de cisaille : 30 secondes/tôle

Préparation char : 2 minutes

Annexe F (SUITE 1): ROI sur calcul de la dimension des tôles du NESTING standard

GFM

Taux horaire de la cisaille : 89€/heure

Préparation de la table : Mise d'une tôle martyre et du plancher : 3 minutes

Tôles cisailées préparées sur chariot : Amené le chariot : 1 minute

Prise manuel de la tôle pour la mettre sur la table : 1,5 minute par tôle

Amener le bac de tôles entières devant la table : 5 minutes car il faut trouver le clark et amener le bac

Prise par ventouse de la tôle pour la mettre sur la table : 30 secondes par tôle

Enlever d'une tôle martyre et du plancher : 1 minute

Déplacer les pièces détournées et associer la gamme : 1 minute par type de pièces

Jeter les déchets de tôle : 1 minute par tôle

Séquence de travail :

ETAPE 1: lecture OF et préparation	5 min
↓	
ETAPE 2: recherche tôle sur sapin	20 min
↓	
ETAPE 3: préparation devant machine	3 min/tôle
↓	
ETAPE 4: découpage	1 min/tôle
↓	
ETAPE 5: préparation du char pour GFM	2 min
↓	
ETAPE 6: lecture OF et préparation machine	5 min
↓	
ETAPE 7: amené le chariot vers table GFM	1 min
↓	
ETAPE 8: préparation de la table GFM	3 min
↓	
ETAPE 9: prise manuel des tôles vers table GFM	1,5 min/tôle
↓	
ETAPE 10: usinage dans la GFM	XX min
↓	
ETAPE 11: Déplacer les pièces détournées et associer la gamme	2 min/gamme
↓	
ETAPE 12: Jeter les déchets de tôle	1 min/tôle
↓	
ETAPE 13: Enlever d'une tôle martyre et du plancher	1 min/tôle

ETAPE 1: lecture OF et préparation	5 min
↓	
ETAPE 2: recherche tôle sur sapin	20 min
↓	
ETAPE 3 bis: préparation devant GFM	3 min/tôle
↓	
ETAPE 6: lecture OF et préparation machine	5 min
↓	
ETAPE 7 bis: amené le bac vers table GFM via clark	5 min
↓	
ETAPE 8: préparation de la table GFM	3 min
↓	
ETAPE 9 bis: prise par ventouse des tôles vers table GFM	0,5 min/tôle
↓	
ETAPE 10: usinage dans la GFM	XX min
↓	
ETAPE 11: Déplacer les pièces détournées et associer la gamme	2 min/gamme
↓	
ETAPE 12: Jeter les déchets de tôle	1 min/tôle
↓	
ETAPE 13: Enlever d'une tôle martyre et du plancher	1 min/tôle

Annexe F (SUITE 2) : ROI sur calcul de la dimension des tôles du NESTING standard

Processus avec cisailage et récupération de la chute

Soit 6 empilements, sachant que le processus d'usinage pour cette unité représente 85 min, pas de chute !



MOD123			
PROCESSUS AVEC CISAILLAGE			
ETAPE	TEMPS	TAUX HORAIRE	COUT
1	5	32	2,7
2	20	32	10,7
3	18	32	9,6
4	6	32	3,2
5	2	32	1,1
6	5	32	2,7
7	1	32	0,5
8	3	32	1,6
9	9	32	4,8
10	85	89	126,1
11	40	32	21,3
12	6	32	3,2
13	1	32	0,5
TOTAL	201		187,95
NB TOLE	6		
NB GAMME	20		
NB TOLES EMPILEES	6		

Attention à la gestion des chutes et son coût de stockage:

$$25\% * 4 * 2600 * 1.22 * 1.22 * 0.0018 * 6 = 41.8\text{€}$$

Et le coût de remise en service : ?

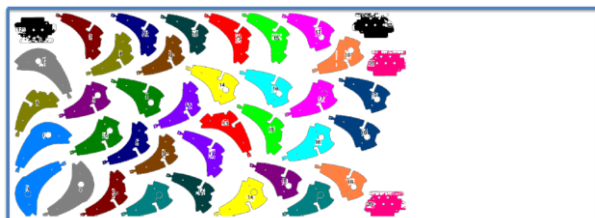
COUT TOTAL avec gestion de la chute incluse : 229.75 €

COUT TOTAL avec adaptation de la taille d'approvisionnement des tôles (donc plus de chute, la taille est bonne directement): 187.95 €

Annexe F (SUITE 3) : ROI sur calcul de la dimension des tôles du NESTING standard

Processus sans cisailage sans récupération de la chute

Soit 6 empilements, sachant que le processus d'usinage pour cette unité représente 85 min, avec de chute !



MOD123			
PROCESSUS SANS CISAILLAGE ET CHUTE			
ETAPE	TEMPS	TAUX HORAIRE	COUT
1	5	32	2,7
2	20	32	10,7
3bis	18	32	9,6
6	5	32	2,7
7bis	1	32	0,5
8	3	32	1,6
9	9	32	4,8
10	85	89	126,1
11	40	32	21,3
12	6	32	3,2
13	1	32	0,5
TOTAL	193		183,683333
NB TOLE	6		
NB GAMME	20		
NB TOLES EMPILEES	6		

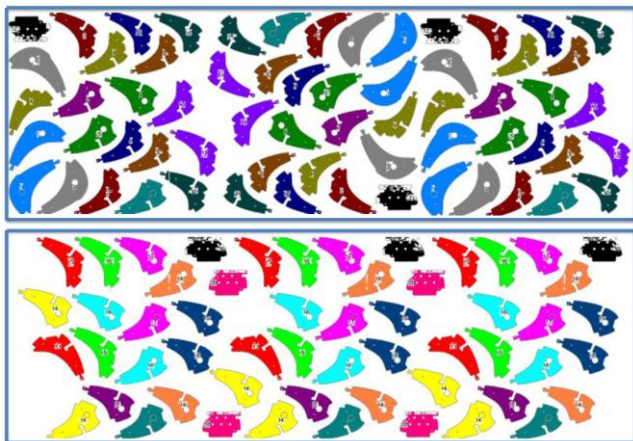
Attention au coût de la chute: $4 \times 2600 \times 1.22 \times 1.22 \times 0.0018 \times 6 = 167.2\text{€}$

COUT TOTAL avec gestion de la chute incluse : 350.88 €

Annexe F (SUITE 4) : ROI sur calcul de la dimension des tôles du NESTING standard

Processus sans cisailage sans récupération de la chute

Soit 2*3 empilements, sachant que le processus d'usinage pour cette unité représente 2*130 min (environ), pas de chute !

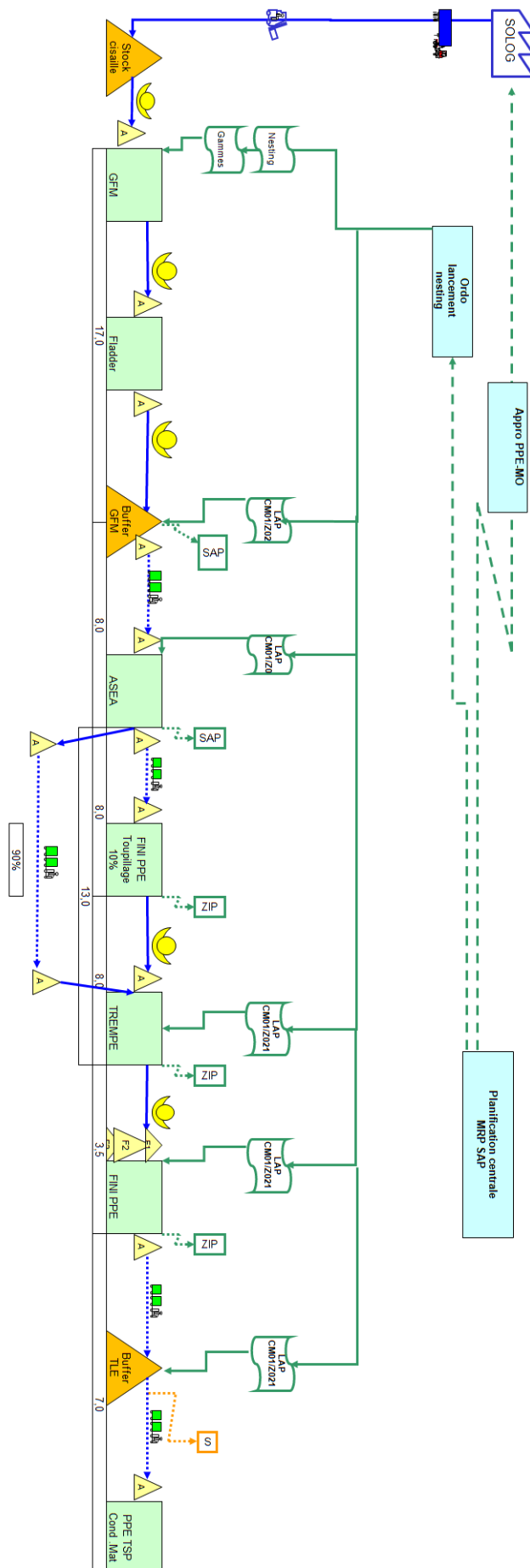


Soit deux fois le tableau suivant :

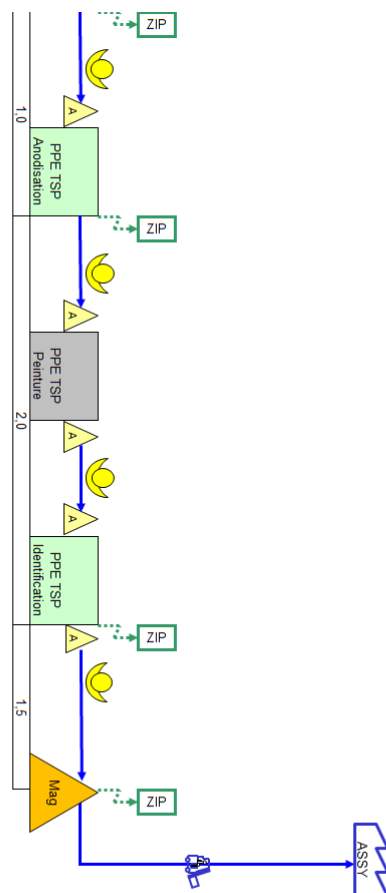
MOD123			
PROCESSUS SANS CISAILLAGE ET PIECES ETALEES			
ETAPE	TEMPS	TAUX HORAIRE	COUT
1	5	32	2,7
2	20	32	10,7
3bis	6	32	3,2
6	5	32	2,7
7bis	1	32	0,5
8	3	32	1,6
9	3	32	1,6
10	130	89	192,8
11	20	32	10,7
12	2	32	1,1
13	1	32	0,5
TOTAL	196		228,033333
NB TOLE	2		
NB GAMME	10		
NB TOLES EMPILEES	2		

COUT TOTAL avec gestion de la chute incluse : 456.1 €

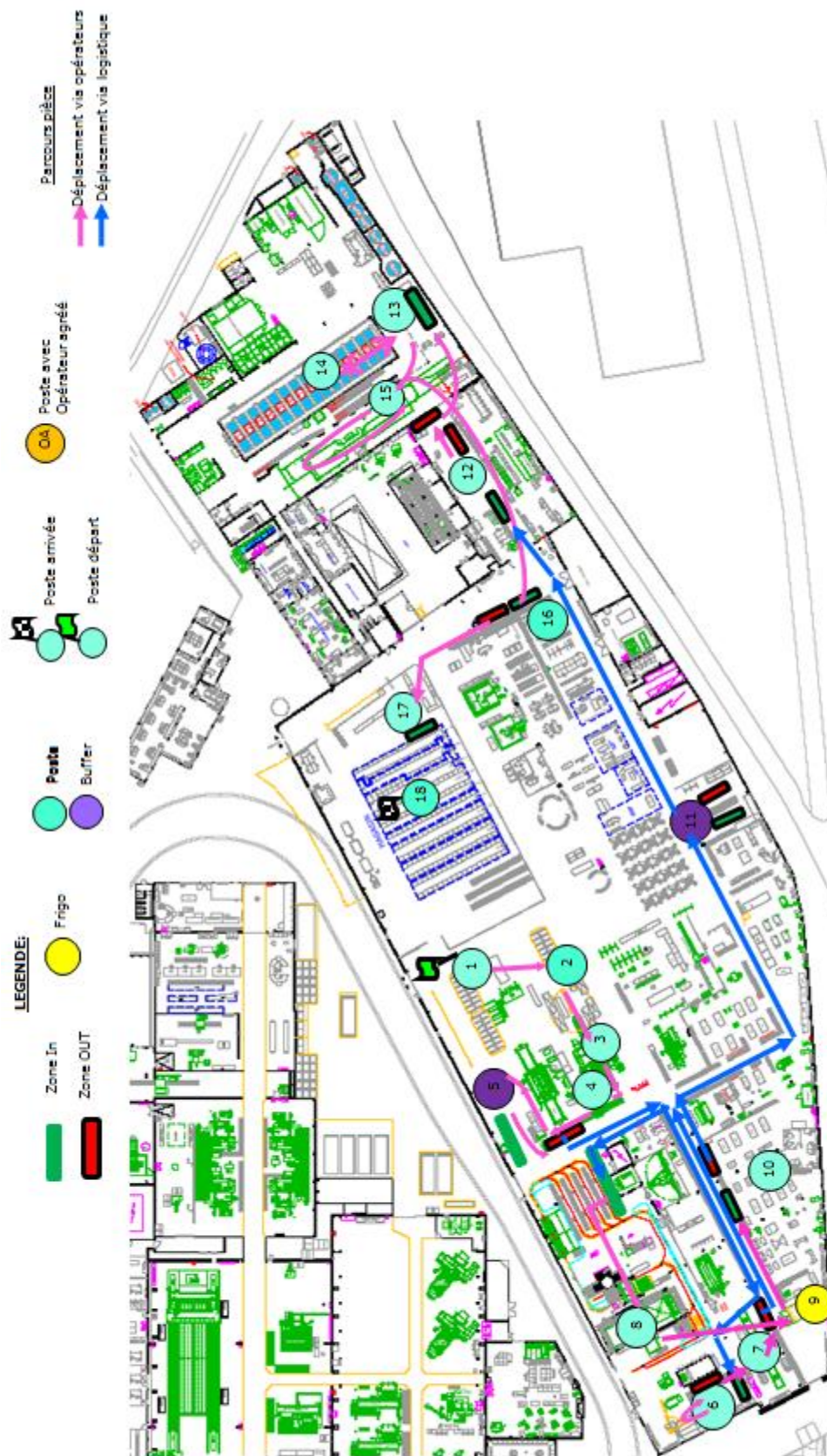
Annexe G : VSM ribs tôlées A320



Annexe G : suite VSM ribs A320



Annexe H : diagramme spaghetti pour ribs A320 tôlées



GAMME OPERATOIRE

- | | | |
|--|--------------------------|----------------------------------|
| 1. Sortie MT (cisaille) | 7. Asea | 13. TS PPE (mise en cadre) |
| 2. Stock en attente prise en charge GFM | 8. Tempo | 14. TS PPE (traitement) |
| 3. GFM | 9. Frigo | 15. Peinture PPE |
| 4. FLADDER | 10. Fini PPE | 16. Identification TS PPE |
| 5. Buffer GFM | 11. Buffer TLE | 17. Fin PPE (In rentrée magasin) |
| 6. Zone In préparation des outillages Asea | 12. Conductivité matière | 18. Mise en stock sur étagères |