

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



Ecole Nationale Polytechnique

Département de Génie Industriel

Mémoire de Projet de Fin d'Etudes d'Ingénieur

Thème

Contribution à l'amélioration de la productivité globale par la théorie
des contraintes

Application

CATEL, Câbleries de télécommunications d'Algérie



Réalisé par

M. Samy BOURIF

M. Idris LALAMI

Dirigé par

M. M. BOUZIANE (ENP)

M. S. ALIANE (CATEL)

Promotion 2011

DEDICACES

A mes très chers parents et grands parents,

Ma sœur,

Mon oncle,

Samy

A mes parents

Mes deux frères

Ma famille et mes amis

Idris

REMERCIEMENTS

Nous tenons à exprimer notre reconnaissance, tout d'abord, à notre promoteur M. BOUZIANE, enseignant de Génie Industriel à l'Ecole Nationale Polytechnique, pour son aide précieuse, ses remarques constructives, et ses encouragements.

Nous exprimons notre gratitude à l'ensemble du personnel de CATEL, en particulier notre encadreur M. ALIANE, directeur du développement, pour son accueil, sa confiance, et la qualité de ses conseils. Nous remercions aussi M^{me} BOUMAR pour la richesse de ses apports, son écoute, et sa disponibilité.

Nous remercions les membres du jury, qui nous font l'honneur d'évaluer notre travail.

Nos adressons également nos remerciements à tous les enseignants du département Génie Industriel et particulièrement M^{lle} ABOUN, qui nous ont encouragés tout au long de notre parcours et auxquels nous devons notre formation d'ingénieur.

Enfin, nos remerciements s'adressent à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

ملخص

لمواصلة إرضاء زبائننا ولتبقى لاعبا هاما في السوق، يجب على *كاتل* زيادة قدرتها لتلبية الطلب. التذبذب في أداء موارد الإنتاج وتقلبات الطلب، معا، يخلقان إختلالات في توازن قدرات نظام الإنتاج. هذه الإختلالات تؤدي إلى ظهور إختناقات.

نظرية القيود تعتبر أن إنسياب إنتاج عملية يقتصر على قدرة واحد من مواردها، هذا المورد هو إختناق العملية. بإتباع هذه الفكرة ، سمحت لنا نمذجة عملية الإنتاج في *كاتل* بكشف الإختناقات الموجودة في النظام، محو تلك التي يمكن محوها ، والتفكير في كيفية إدارة الوضعية القائمة بأكثر بساطة من خلال التركيز على الأهم. **كلمات مفتاحية :** الإختناق، القيد، إنسياب الإنتاج، نظرية القيود، تكنولوجيا الإنتاج الأمثل.

Résumé

Pour continuer à satisfaire sa clientèle et rester durablement un acteur important sur le marché. *CATEL* doit accroître sa capacité de répondre à la demande.

Les aléas dans les performances des ressources de production et les fluctuations de la demande, ensemble, créent des déséquilibres de capacités dans le système de production. Ces déséquilibres prennent la forme de goulots d'étranglement.

La théorie des contraintes considère que le débit de production d'un processus est limité par la capacité d'une seule de ses ressources, la ressource goulot.

Sur cette idée forte, une modélisation des processus de production à *CATEL* nous a permis de détecter les goulots du système, d'éliminer ceux qui pouvaient l'être, et de réfléchir sur comment gérer l'existant plus simplement en portant l'attention sur l'essentiel.

Mots clés : Goulot, Contrainte, Débit de production, Théorie des contraintes, TOC, OPT.

Abstract

To keep on satisfying its customers and to stay permanently an important actor on the market, *CATEL* must improve its capability to meet demand.

The uncertainties in the performance of production resources and fluctuations in demand, together, create capacity imbalances in the manufacturing system. These imbalances lead to emergence of bottlenecks.

The theory of constraints considers that a process output flow is bounded by the capacity of one of its resources, this resource is the bottleneck.

On this powerful idea, a manufacturing process modeling at *CATEL* allowed us to localize the bottlenecks, to exclude those who could be, and to think on how to manage existing situation more simply by focusing on the essential.

Keywords: Bottleneck, Constraint, Production Output Flow, Theory Of Constraints, OPT.

Table des matières

Introduction générale	10
CHAPITRE 1 Présentation de l'entreprise et problématique	12
1. Introduction	13
2. Présentation de CATEL.....	13
2.1. Implantation	13
2.2. Métier.....	13
2.3. Dates clés	14
2.4. Clients et produits	15
2.5. Démarche qualité	16
2.6. Organisation.....	16
2.7. Production.....	17
2.8. Innovation et développement continuel	18
3. Le projet d'étude.....	19
3.1. Contexte et problématique	19
3.2. Objectifs et périmètre du projet	20
3.2.1. Objectifs du projet	20
3.2.2. Délimitation du périmètre.....	20
4. Enjeu du projet	20
5. Plan de travail	23
6. Conclusion.....	23
CHAPITRE 2 Systèmes de production et pilotage des flux	24
1. Introduction	25
2. Généralités sur les systèmes de production	25
2.1. Définition.....	25
2.2. Typologie des systèmes de production	25
2.2.1. Typologie selon l'organisation des ressources	25
2.2.2. Typologie selon la relation avec le client	27
2.2.3. Typologie selon la classification V.A.T	28
3. Niveaux décisionnels en gestion de la production	30
4. Pilotage des flux de production	30
4.1. Définition et objectif.....	31
4.2. Points de pilotage.....	31
4.3. L'information sur la demande	32
5. Approches de pilotage des flux	33

5.1.	Approches par les besoins futurs (flux poussés).....	33
5.2.	Approches par renouvellement de consommation (flux tirés).....	34
6.	Méthodes de pilotage des flux	34
6.1.	La méthode MRP (Manufacturing Ressources Planning)	35
6.2.	La gestion de stock	36
6.3.	La méthode Kanban	37
7.	Conclusion.....	38
CHAPITRE 3 La théorie des contraintes.....		39
1.	Introduction	40
2.	Origines de la théorie des contraintes.....	40
3.	La vision processus.....	40
4.	La notion de goulot d'étranglement	41
4.1.	Le goulot	41
4.2.	Le non-goulot.....	41
5.	Dépendances et aléas	42
6.	Les neuf règles et une devise de la TOC	43
6.1.	Équilibre des capacités, équilibre du flux	43
6.2.	Niveau d'utilisation d'un poste non-goulot	44
6.3.	Utilisation des goulots et fonctionnement du système de production	45
7.	La démarche « Théorie des contraintes »	46
8.	Identification du goulot	47
8.1.	Configurations possibles goulot/non-goulot.....	47
8.2.	Détection du goulot.....	50
9.	Amélioration de la productivité : Approche par décomposition des temps	50
9.1.	Le TRS.....	50
9.2.	Principe de décomposition des temps	50
10.	Conclusion.....	51
CHAPITRE 4 Etude de l'existant		52
1.	Introduction	53
2.	Objectif.....	53
3.	Démarche générale	54
4.	Application de la démarche	54
4.1.	L'étape de préparation	54
4.1.1.	Définition de l'approche.....	55
4.1.2.	Périmètre.....	55
4.1.3.	Niveau de détail.....	56

4.1.4. Documents supports	56
4.2. L'étape de réalisation	57
4.2.1. Caractéristiques générales du système de production	57
4.2.2. Mode de pilotage du flux de production.....	62
4.3. L'étape de synthèse des informations	64
5. Conclusion.....	66
CHAPITRE 5 Détection du goulot.....	67
1. Introduction	68
2. Premières approches pour la détection du goulot.....	68
2.1 Approche par les stocks	68
2.2 Approche par analyse des inactivités.....	70
2.3 Approche par interview des opérationnels.....	72
2.4 Approche par analyse des investissements en capacité	73
3. Approche par modélisation et rapports charge/capacité.....	75
3.1. Demande du marché	75
3.2. Modélisation des processus	75
3.3. Calcul des charges	78
3.4. Calcul des capacités	78
3.5. Rapports Charge/Capacité	79
4. Conclusion.....	81
CHAPITRE 6 Actions d'amélioration.....	82
1. Introduction	83
2. Analyse des contraintes	83
2.1. La contrainte Q414	83
2.2. La contrainte OZM100/BM80	84
3. Optimisation de la charge sur les lignes OZM100/BM80.....	85
4. Optimisation de la capacité de l'atelier gainage.....	86
4.1. Optimisation du temps utile.....	86
4.2. Adaptation du temps d'ouverture	92
5. Comment gérer l'existant	94
6. Le processus de progrès permanent.....	95
7. Conclusion.....	96
Conclusion générale.....	97
Bibliographie.....	99
Annexes.....	102

Liste des figures

Figure 1 : Emplacement géographique de CATEL	13
Figure 2 : Photographie CATEL	13
Figure 3 : Organigramme de CATEL.....	17
Figure 4 : Organisation en ligne de production	26
Figure 5 : Organisation en ateliers spécialisés	26
Figure 6 : Organisation en industrie de process	27
Figure 7 : Relation délai-type de production.....	28
Figure 8 : La classification V.A.T.....	28
Figure 9 : Les décisions en pilotage des flux	31
Figure 10 : Points de pilotage des flux	32
Figure 11 : Visibilité sur la demande et incertitude	33
Figure 12 : Pilotage par les besoins futurs.....	33
Figure 13 : Pilotage par renouvellement de consommation	34
Figure 14 : Principe du MRP.....	36
Figure 15 Principe de la gestion de stock	37
Figure 16 Principe du Kanban	38
Figure 17 : Un goulot d'étranglement	42
Figure 18 : Processus de production avec goulot en amont	44
Figure 19 : Processus de production avec goulot en aval.....	45
Figure 20 : Débit d'un goulot et débit global d'un processus	45
Figure 21 : Goulot, débit du système, et stocks.....	46
Figure 22 : Les seize configurations de base des goulots/non-goulots	49
Figure 23 : Principe du TRS	51
Figure 24 : Processus et organisation des ressources	58
Figure 25 : Codification du produit CATEL	61
Figure 26 : Diagramme des flux de production.....	61
Figure 27 : Production de type V	62
Figure 28 : Points de pilotage de flux.....	63
Figure 29 : Méthode de pilotage /CATEL.....	64
Figure 30 : Accumulation conjoncturelle de stocks	69
Figure 31 : Méthode de pilotage /CATEL.....	69
Figure 32 : Approche par inaktivités dues aux manquants.....	70
Figure 33 : Flux physique du macro-processus de production/CATEL.....	70
Figure 34 : Inactivité due à une lenteur en amont (Isolation).....	71
Figure 35 : Inactivité due à une lenteur en aval (Gainage).....	71
Figure 36 : Relation Isolation – Assemblage	73
Figure 37 : Investissement en capacité de l'exercice 2010	73
Figure 38 : Notion de capacité utile	78
Figure 39 : Illustration d'une répartition des charges	79
Figure 40 : Diagramme des flux de production.....	80
Figure 41 : Flux de production et chiffre d'affaire.....	84
Figure 42 : Ordonnancement des OFs et rendement du goulot	90

Liste des tableaux

Tableau 1 : Retards de livraison Tranche 1&2.....	21
Tableau 2 : Retards de livraison Tranche 3.....	22
Tableau 3 : Niveaux décisionnels d'un système de production	30
Tableau 4 : Grille d'analyse.....	57
Tableau 5 : Macro-processus de production	58
Tableau 6 : Moyens matériels	58
Tableau 7 : Equipements de l'atelier assemblage	59
Tableau 8 : Synthèse des informations.....	65
Tableau 9 : Classification des arrêts machines CATEL.....	71
Tableau 10 : Modélisation adoptée pour le calcul du rapport charge/capacité	77
Tableau 11 : Rapports Charge/Capacité par poste de charge.....	80
Tableau 12 : Nouvelle répartition des charges	83
Tableau 13 : Nouveaux rapports charges/capacité.....	86
Tableau 14 : Résultats d'une réduction de moitié des « manques câble ».....	91
Tableau 15 : Résultats d'une réduction de moitié des « manques câble » et des temps de chargement.....	91
Tableau 16 : Résultats d'une réduction de moitié des "manques câbles", des temps de chargement, et des temps d'arrêts des utilités.....	91
Tableau 17 : Décomposition temporelle des ressources de l'usine	92
Tableau 18 : Rapports Charge/Capacité avec 306 jours de temps de d'ouverture	93
Tableau 19 : Rapports Charge/Capacité avec 306 jours de temps de d'ouverture et réduction des temps d'arrêt.....	93

Liste des graphiques

Graphique 1 : Effectif par groupe socioprofessionnel.....	17
Graphique 2 : Variété de la demande	60
Graphique 3 : Temps d'arrêt M120.....	87
Graphique 4 : Temps d'arrêt OZM100	87
Graphique 5 : Temps d'arrêt BM80	87
Graphique 6 : Temps d'arrêt AND120.....	87
Graphique 7 : Temps d'arrêt BMN150 (en jour/année).....	88

Liste des abréviations

AND120	Ligne de gainage AND120
Assem	Assemblage
AT	Algérie Télécom
BM80	Ligne de gainage BM80
BMN150	Ligne de gainage BMN150
Cabalé	Armeuse Cabalé
Fab	Fabrication
GMM	Assembleuse GMM
LTT	Armeuse LTT
M120	Ligne de gainage M120
Mont	Montage
NT3	ligne d'isolation N°3
OF	Ordre de Fabrication
OPT	Optimized Production Technology
OZM100	Ligne de gainage OZM100
P1	Assembleuse Pourtier 1
P2	Assembleuse Pourtier 2
P3	Rubaneuse Pourtier 3
P4	Rubaneuse Pourtier 4
Q413	Quarteuse 413
Q414	Quarteuse 414
Rub3	Rubaneuse 3
Rub4	Rubaneuse 4
RubCoax	Rubaneuse coaxiale
Setic1	Quarteuse Setic 1
Setic2	Quarteuse Setic 2
SZ1	Assembleuse SZ1
SZ2	Assembleuse SZ2
T2	Ligne d'isolation N°2
T4	Ligne d'isolation N°4
T5	Ligne d'isolation N°5
T6	Ligne d'isolation N°6
TOC	Theory Of Constraints (Théorie des contraintes)
TRE	Taux de rendement économique
TRS	Taux De Rendement Synthétique

Introduction générale

L'entreprise doit constamment accroître sa capacité de répondre à la demande du marché. Cela devient chaque jour plus difficile en présence de facteurs déséquilibrants dans son environnement.

Ces facteurs déséquilibrants peuvent avoir pour source des fluctuations de la demande, des problèmes d'approvisionnement en matière première, un manque de fiabilité des ressources ou encore des règles de gestion inadéquates. La combinaison de ces facteurs crée des déséquilibres de capacités dans le système de production de l'entreprise.

Ces déséquilibres s'accroissent et se traduisent par des retards de production.

La problématique de ces retards rencontrée dans le cas de l'entreprise CATEL est le point de départ de notre projet.

Dans ce mémoire, nous expliquons l'enjeu pour CATEL de remédier à cette problématique. Nous présentons la démarche empruntée pour mettre en lumière le déséquilibre à l'origine des retards. Enfin, nous montrons qu'un choix d'actions ciblées permet d'améliorer considérablement le débit de production et réduit les retards.

Sur un plan méthodologique, l'accumulation des retards de production est due à la combinaison de deux éléments basiques:

- la dépendance des événements dans le système de production ; et
- les fluctuations aléatoires de l'environnement.

Globalement, notre travail consiste à modéliser ces deux éléments dans le système de production, comprendre le phénomène de création des retards, et définir les actions d'amélioration appropriées.

Notre projet à CATEL commence par une étude de l'existant pour établir une connaissance claire des dépendances existantes dans le système de production.

Ensuite, nous assumons que les ressources de production sont réparties en deux catégories : des ressources qui disposent d'une réserve de capacité leur permettant de rattraper les retards (les non-goulots), d'autres n'ont pas cette caractéristique, ce sont les goulots.

C'est le goulot qui détermine le retard global d'un processus. Il sera, à ce titre, le point focal de notre approche. Une fois la ressource goulot localisée, nous remonterons aux causes des fluctuations aléatoires qui limitent sa capacité.

Agir sur les causes de perturbation du goulot permettra l'amélioration du débit global de production et la réduction des retards.

L'ensemble de notre travail est structuré de la manière suivante :

Le Chapitre 1 dresse le contexte général de ce projet mené à CATEL.

Il inclut une présentation de l'entreprise CATEL, l'expression de la problématique et de son enjeu, les objectifs assignés à ce projet, et enfin, le plan de travail que nous avons établi.

Le Chapitre 2 expose une base de concepts sur les systèmes de production et le pilotage des flux.

Pour bien définir les caractéristiques du système de production en place, ce chapitre nous fournit un préalable théorique très utile pour structurer notre démarche de l'étude de l'existant à CATEL.

Le chapitre 3 expose les concepts essentiels de la Théorie des Contraintes.

La Théorie des Contraintes est une philosophie de management qui se concentre sur la performance du goulot pour améliorer la productivité globale du système.

Notre travail s'inspire fortement des principes de cette théorie. Il sera essentiel d'appréhender ces principes pour comprendre notre démarche.

Le Chapitre 4 présente le travail d'étude de l'existant mené en entreprise.

Sur la base des concepts exposés au chapitre 2, nous préparons, dans ce chapitre, une démarche d'étude de l'existant. Le déroulement de cette démarche et ses résultats y sont exposés.

A la fin de ce chapitre, nous aurons constitué une base riche d'information sur les caractéristiques globales du système de production en place.

Le chapitre 5 est consacré à la détection du goulot du système.

Ce chapitre explique l'approche que nous avons suivie pour détecter le goulot d'étranglement.

A l'issue de ce chapitre, la ressource goulot du système de production sera clairement identifiée. Cette ressource fera l'objet de toute notre attention pour optimiser son utilisation.

Enfin, **Le chapitre 6** est consacré à l'amélioration du débit global de la production.

Après l'effort d'investigation pour détecter le goulot, nous remontons dans ce chapitre des effets aux causes pour identifier les actions d'amélioration adéquates.

L'optimisation du temps utile sur la ressource goulot permettra d'améliorer la productivité globale de l'usine et répondre ainsi à la problématique des retards de production.

CHAPITRE 1 Présentation de l'entreprise et problématique

« Une usine parfaitement équilibrée, ça n'existe pas. »

Le But [Goldratt et Cox]

1. Introduction

Dans ce premier chapitre nous présentons le lieu de déroulement de notre projet d'étude ; nous expliquons l'enjeu de la problématique et les objectifs assignés à ce projet.

Nous le terminons par un plan travail.

2. Présentation de CATEL

Les câbleries de télécommunications d'Algérie « CATEL » est une société par actions au capital social de 1002 MDA. Elle a été créée par scission de ENICAB en 1998. Son activité consiste à fabriquer et à commercialiser des câbles de télécommunication.

2.1. Implantation [Web 1]

CATEL est située à une quinzaine de kilomètres à l'Est d'Alger, dans la zone industrielle de « Oued Smar », elle s'étend sur une superficie globale de 37 657m². La figure suivante décrit le plan d'accès au site de CATEL.

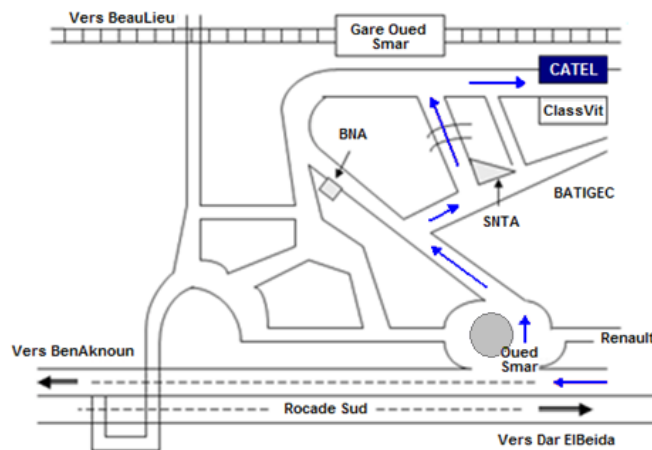


Figure 1 : Emplacement géographique de CATEL

2.2. Métier

CATEL a pour objet le développement, la production et la commercialisation de fils et câbles de télécommunication (à conducteurs en cuivre et à fibres optiques), le tout à usage public, domestique, industriel et spécial.

Riche d'une longue expérience dans le métier du câble, CATEL est aujourd'hui la référence nationale dans la production du câble de télécommunication.

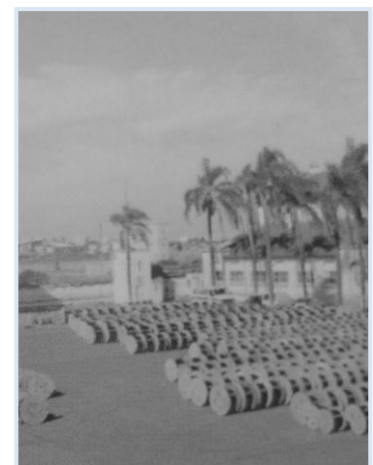


Figure 2 : Photographie CATEL

Son activité initiale est la production et la commercialisation des câbles de télécommunications « en cuivre ». Depuis récemment CATEL offre, par le biais de sa filiale CATEL FIBROPTIC, des câbles « à fibre optique ».

Fournisseur des grands noms de la téléphonie et de la signalisation en Algérie, CATEL a acquis une grande notoriété et s'est affirmée désormais comme un partenaire reconnu pour la fourniture des câbles de télécommunication.

2.3. Dates clés [Doc 1]

1928	Création de l'unité câblerie téléphonique de Oued Smar par la société française LTT « Lignes Télégraphiques & Téléphoniques Nord Africaines » - Période coloniale.
1929	Construction du premier câble téléphonique souterrain d'Afrique du Nord entre Oran, Alger et Constantine. L'effectif de l'usine était de 1500 travailleurs.
1933	Période difficile pour LTT engendrée par la crise mondiale de 1929. L'effectif est passé de 1500 à 800 en 1950 puis tombé à 350 en 1965, après le recouvrement de l'indépendance de l'Algérie.
1968	Nationalisation de l'usine LTT par le gouvernement algérien et rattachement de l'unité à la société nationale SN METAL.
1969	Transfert de l'unité de la SN METAL à la société nationale SONELEC.
1983	Restructuration organique de la SONELEC et naissance de l'entreprise ENICAB.
1989	ENICAB accède à l'autonomie et devient une Entreprise Publique Economique.
1998	Restructuration par scission de l'ENICAB et naissance de trois sociétés dotées de statut de SPA dont CATEL au capital de 50 MDA.
2003	Notification par le CNCI du plan de mise à niveau. Obtention de la certification à la norme ISO 9001 version 2000.
2004	Augmentation du capital social de l'entreprise qui passe de 50 MDA à 180 MDA.
2005	Création d'une joint-venture avec le Holding MATELEC Sal, pour la production de câbles à fibres optiques.
2007	CATEL a ouvert son capital au même Holding. Augmentation du capital social de l'entreprise qui passe de 180 MDA à 1 002 MDA. Reconduction de la certification à la norme ISO 9001 version 2000.
2009	Certification du câble de signalisation ZPAU par SGS Qualitest.

2010	Certification à la norme ISO 9001 version 2008. Certification des câbles télécommunication à conducteur en cuivre et à fibre optique par LABEL Qualité France.
2011	Reconduction de la certification de CATEL à la norme ISO 9001 version 2008. Engagement de l'entreprise dans la certification du SME 14001.

2.4. Clients et produits [Doc 1]

Le portefeuille clients de la société CATEL est constitué principalement d'Algérie Télécom, d'institutions de l'Etat, d'ESTEL (Filiale SNTF/Siemens Rail) et de la SONATRACH. Il englobe également plusieurs clients nationaux et étrangers, citons entre autres: INFRATELE, RETELEM, THALES, MARTEC, SNEF, Global Telecom System, Filphone, Beta Télécommunications et autres.

CATEL accompagne ses partenaires dans de grands projets nationaux tels que le projet BACKBONE en fibre optique d'Algérie Télécom et le renouvellement de la signalisation des lignes électrifiées et non électrifiées des chemins de fer algériens.

La gamme de produit de CATEL est variée, allant des câbles « télécom cuivre » et « télécom fibres optiques » aux câbles « à applications industrielles » en passant par les câbles « de signalisation ferroviaire ».

Familles de câbles « télécom cuivre »

- Câbles urbains souterrains et autoportés
- Câbles unipolaires de raccordement aérien
- Câbles unipolaires de raccordement pour équipements centraux et intérieurs
- Câbles téléphoniques pour installations privées
- Câbles téléphoniques armés



Familles de câbles « télécom fibres optiques »

- Câbles à fibres optiques monomode armé.
- Câbles à fibres optiques monomode non armé.
- Câbles à fibres optiques multimode armé.
- Câbles à fibres optiques multimode non armé.



Familles de câbles « de signalisation ferroviaire »

Câbles locaux de signalisation
Câbles principaux de signalisation de voie
Câbles principaux de signalisation d'aiguillage



Familles de câbles « à applications industrielles »

Câbles détection incendie
Fils de câblage rigide



2.5. Démarche qualité [Doc 1]

Dans un souci de développement de pérennité et d'adaptation aux exigences du marché, CATEL s'est engagée dans la mise en place d'un système de management de la qualité pour améliorer les performances de son management et mettre en œuvre une véritable dynamique d'amélioration continue.

Dotée de ce système, CATEL s'oriente en permanence vers la satisfaction de ses clients et l'anticipation de leurs besoins explicites et implicites.

Le déploiement de la démarche est motivé par la volonté de CATEL à démontrer son aptitude à fournir d'une manière régulière un produit conforme aux exigences de ses clients.

Depuis 2003, CATEL est certifiée conformément à la norme ISO 9001 v2000, et depuis 2010 selon la norme ISO 9001 v2008.

Consciente de l'importance croissante de l'environnement dans sa stratégie de développement, CATEL s'est engagée dans la mise en place d'une démarche environnementale en vue de sa certification selon la norme ISO 14001.



2.6. Organisation [Doc 2]

La figure suivante présente l'organigramme de CATEL, il est articulé en sept (07) Directions placées sous l'autorité du directeur général :

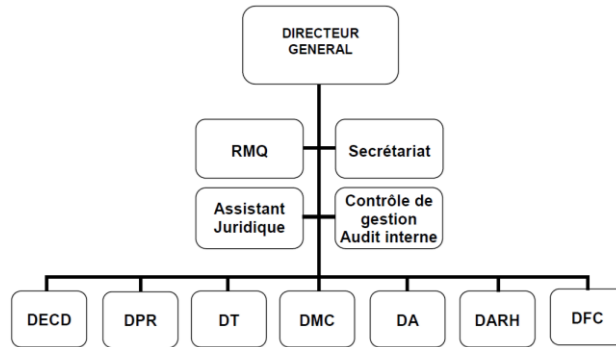


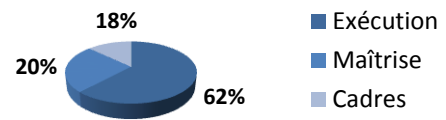
Figure 3 : Organigramme de CATEL

DECD : Direction des Etudes, du Contrôle et du Développement
 DPR : Direction Production
 DT : Direction Technique
 DMC : Direction Marketing et Commerciale

DA : Direction des Approvisionnements
 DARH : Direction de l'Administration et des Ressources Humaines
 DFC : Direction des Finances et Comptabilité
 RMQ : Responsable Management Qualité

• **Structure de qualification**

CATEL compte un effectif de 325 agents.
 Le graphique ci-contre illustre la structure de qualification de cet effectif.



Graphique 1 : Effectif par groupe socioprofessionnel

2.7. Production

• **Processus de production « câbles en cuivre »** [Web 1]

Le processus de production des câbles à conducteurs en cuivre est constitué de cinq (05) activités :

Tréfilage
Tréfilage du fil en cuivre de 8 mm
Isolation
protection du fil de cuivre nu par une couche de polyéthylène ou de PVC
Assemblage
Assemblage des fils isolés en paires ou en quartes. Assemblage des quartes en torons de huit, quatorze ou vingt-huit paires. Assemblage des torons en câbles.



Gainage

Revêtement final du câble : enrobage à chaud en polyéthylène.



Conditionnement

Conditionnement du câble



• **Processus de production « câbles à fibres optiques »**

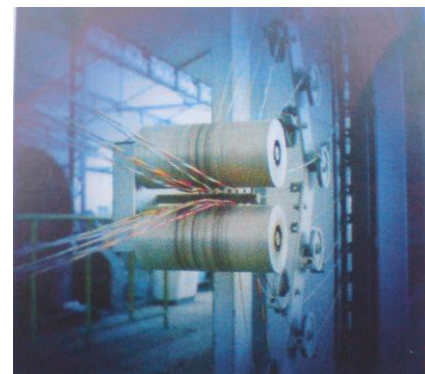
Le processus de production des câbles à fibres optiques suit un processus analogue à celui du câble en cuivre. Il est développé au niveau d'un atelier de production composé de quatre différentes lignes comportant les phases suivantes :

1	Coloration
2	Mise en tubes
3	Assemblage
4	Gainage

2.8. Innovation et développement continuel [Doc 1]

Dans le souci de prendre en charge la fabrication des différents câbles faisant l'objet de demande récurrente par les clients pour divers usages spécifiques, CATEL s'est équipée auprès des meilleurs équipementiers mondiaux pour disposer de machines de dernière technologie et d'outillage de haute précision.

CATEL compte, à la faveur de ses moyens et de sa maîtrise technologique, réaliser certains câbles spécifiques tels que : les fils et câbles souples, câbles de données et de contrôle, câbles d'instrumentation, câbles d'énergie solaire, câbles pour pompes immergées, câbles de manutention...etc.



Le plan de développement de CATEL mobilise d'importants moyens financiers pour le renouvellement et la valorisation de son potentiel de production.

3. Le projet d'étude

3.1. Contexte et problématique

CATEL fait face à des contraintes de plus en plus fortes et contradictoires. Des contraintes qui sont à la fois externes (qui concernent le respect des délais et des coûts face aux clients), et internes (qui concernent les aléas dans le processus de production : durée de vie de l'outil de production, disponibilité des moyens humains et des matières premières).

Avec un catalogue de produits diversifié, CATEL comprend l'importance de maîtriser ses flux de production pour continuer à satisfaire ses clients et rester durablement un acteur important sur le marché.

Dans ce contexte, le problème qui préoccupe l'entreprise concerne **les retards fréquemment constatés dans le programme de production** qui engendrent des retards de livraison des clients.

L'impact de ces retards se lit sur le chiffre d'affaire de l'entreprise. A titre illustratif, pour l'année 2010, l'écart de réalisation du chiffre d'affaires, induit par de tels retards, a été estimé lors de l'élaboration du budget de clôture à plus de 14% par rapport au prévu, soit environ 1 000 000 KDA.

Par ailleurs, les retards de livraison discréditent l'image de marque de l'entreprise et conduisent les clients à s'approvisionner auprès du marché étranger.

Le système de production est saturé et les capacités installées dans l'usine sont théoriquement suffisantes pour assurer la production nécessaire. Cependant, les résultats sont peu satisfaisants et le débit de production reste en deçà de celui attendu.

Eu égard à l'exigence grandissante de ses clients, CATEL doit absolument améliorer le débit de sortie de son usine.

Le projet qui nous est proposé par CATEL d'analyser le fonctionnement actuel de son système de production et d'apporter une proposition afin d'améliorer le débit de production généré par les capacités existantes en usine.

3.2. Objectifs et périmètre du projet

Nous expliquons ci-dessous les objectifs assignés à ce projet et le cadre le délimitant:

3.2.1. Objectifs du projet

Pour aborder le problème posé, nous nous proposons de procéder à une analyse du système de production en place pour comprendre sa structure et son mode de fonctionnement.

Il sera approprié ensuite de localiser le goulot d'étranglement du processus, et d'agir sur les facteurs qui limitent la performance du flux de production¹.

Sur cette idée, les objectifs à atteindre pour ce projet ont été fixés par le demandeur de l'étude comme suit :

- Caractériser la structure et le mode de fonctionnement du système de production existant.
- Identifier le goulot d'étranglement de l'usine; la ressource critique limitant le débit de production.
- Analyser les contraintes qui entourent le goulot et identifier les actions adéquates permettant d'améliorer le débit de production.

3.2.2. Délimitation du périmètre

CATEL produit des câbles de télécommunication sous deux technologies différentes : les câbles « en cuivre » et les câbles « à fibres optiques ».

La problématique énoncée précédemment est essentiellement rencontrée dans le processus de production du câble « en cuivre ». Par conséquent, notre étude se concentre sur ce dernier.

Les ressources utilisées pour la production du câble à fibres optiques sont indépendantes de celles utilisées pour le câble en cuivre. De ce fait, une abstraction sur la production du câble à « fibre optique » est tout à fait possible.

4. Enjeu du projet

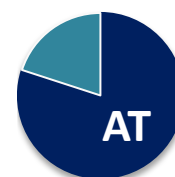
Pour comprendre le problème exprimé par CATEL et identifier l'enjeu de l'étude que nous allons mener, nous avons souhaité établir une mesure concrète du problème posé, avant d'entamer la substance de notre travail.

Le problème exprimé se matérialise par des retards de livraison des clients de CATEL, nous avons choisi d'examiner un échantillon historique pour quantifier ces retards.

¹ Le flux de production correspond à une circulation d'entités physiques au travers d'un processus de production, il est caractérisé par un débit.

- **Carnets de commandes**

La consultation des carnets de commandes des trois dernières années nous indique que le client « Algérie Télécom » représente plus de 80%² du marché de CATEL.



Le 20% restant est réparti entre clients nationaux et étrangers (MDN, ESTEL, ALSTOM, détaillants).

Nous nous sommes donc intéressés particulièrement aux commandes émises par « Algérie Télécom » pour mesurer les retards de livraison.

- **Relation client « Algérie télécom »**

Algérie Télécom constitue le client le plus important de CATEL. La relation client avec Algérie Télécom est une relation contractuelle trisannuelle (trois ans). Le contrat comporte les quantités de produits commandés par référence, ainsi que l'échéancier de livraison.

Le contrat structure les commandes en trois tranches, une tranche pour chaque année.

Chaque tranche commence le 15 juillet de l'année présente et se termine le 14 juillet de l'année suivante.

Ensuite, chaque tranche est divisée en deux semestres.

- **Retards de livraison**

L'état de réalisation du « contrat Algérie Télécom³ » permet de comparer les prévisions du contrat aux réalisations. Ainsi, on peut faire apparaître l'ampleur des retards de livraison.

Les résultats de cette comparaison sont présentés de manière agrégée dans le tableau suivant:

	Quantité prévue (Km câble)	Quantité réalisée (Km câble)	Date prévue de livraison	Date de livraison	Écart enregistré
1 ^{re} tranche du 15/07/2008 au 14/07/2009	24 290,30	24 290,30	15/07/2009	31/10/2009	3 mois et 15 jours
2 ^{eme} tranche du 15/07/2009 au 14/07/2010	11 400,00	11 400,00	15/07/2010	31/01/2011	6 mois et 15 jours

Note : « Km câble » signifie kilomètre de câble

Tableau 1 : Retards de livraison Tranche 1&2

² Mesure en chiffre d'affaire

³ Dans notre cas, la période du contrat avec Algérie Télécom va de juillet 2008 à juillet 2011

Pour la tranche en cours, un retard par rapport aux prévisions du premier semestre est déjà enregistré. (Voir tableau 2)

	Quantité prévue (Km/câble)	Quantité réalisée (Km/câble)	Écart (km/câble)	Date prévue de livraison	Date de livraison	Écart enregistré
1er semestre du 15/07/2010 au 14/01/2011	5 772,40	2 715,40	3 057,00	15/01/2011	-	> 4 mois & 15 jours

Tableau 2 : Retards de livraison Tranche 3

La mesure des retards de livraison concernant le contrat « Algérie Télécom » nous a permis de quantifier la problématique posée par le demandeur de l'étude.

Dans le cas d'Algérie Télécom, la relation client est contractuelle.

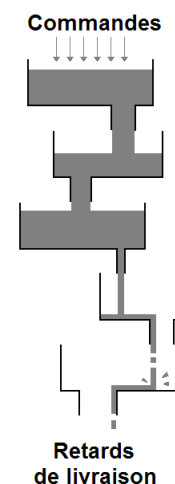
La demande est quasiment totalement connue sur un horizon confortable. Tout ce qui est produit sera certainement vendu et il suffit pour l'usine de maintenir simplement un flux de production régulier.

Par ailleurs, bien avant de signer un quelconque contrat, CATEL en vérifie la faisabilité –en quantités et délai de livraison- en fonction des capacités de production de l'usine.

Ce sont ensuite les aléas perturbant le flux de production qui font que le programme de production n'est pratiquement jamais respecté, les délais de production s'allongent et les retards de livraison en deviennent une conséquence.

Enfin, il est important de souligner l'enjeu stratégique de ce problème.

Nombreux des projets nationaux menés dans le secteur des télécommunications dépendent fortement de la fourniture en câble de CATEL. Le bon déroulement de ces projets est aussi déterminé par la qualité de service de CATEL.



5. Plan de travail

Pour approcher méthodiquement la problématique formulée, nous avons établi un plan de travail nous permettant d'orienter nos premières recherches bibliographiques et d'entamer le travail sur le terrain de manière structurée :

- Tout d'abord, nous allons commencer par mener une étude de l'existant, l'objectif est de caractériser le système de production en place à CATEL.

Sur ce point, nous nous intéresserons à la structure physique du système de production et à son mode de pilotage du flux de production.

- A l'issue de l'étude de l'existant, nous aurons constitué une base riche d'informations et une connaissance suffisante du système de production. Nous pourrons alors dérouler efficacement une démarche pour détecter le goulot d'étranglement.
- Suite à l'identification du goulot, on procédera à l'analyse des contraintes qui limitent le flux de production pour définir les actions d'amélioration adéquates.

Ce plan de travail oriente nos recherches bibliographiques sur deux volets :

- Les premières recherches seront relatives aux typologies des systèmes de production et aux modes de pilotage des flux de production (Chapitre 2).

Elles nous permettront de structurer une démarche pour l'étude de l'existant (Chapitre 3).

- Les secondes recherches seront portées sur « la théorie des contraintes ». (Chapitre 4)

L'objectif est de bien appréhender les principes de cette théorie avant de les mettre en application. (Chapitre 5)

Nous consacrerons un dernier chapitre aux actions d'amélioration permettant d'accroître la productivité globale de l'usine.

6. Conclusion

L'entreprise présentée et le problème explicitement formulé, nous retenons de ce chapitre la dynamique de développement de CATEL et l'enjeu pour elle d'améliorer sa qualité de service.

A présent, pour préparer une démarche méthodologique d'étude de l'existant, nous commençons par établir un état de l'art sur les typologies des systèmes de production et les modes de pilotage de flux.

Reprendre les concepts de la gestion de production avec un apport de classification s'avère essentiel pour mener au mieux l'étude de l'existant.

Nous exposons ces concepts dans le chapitre suivant.

CHAPITRE 2 Systèmes de production et pilotage des flux

« Des intuitions sans concepts sont aveugles. »

[Emmanuel Kant]

1. Introduction

Ce chapitre contient un état de l'art sur deux volets, le premier est relatif aux typologies des systèmes de production, et le deuxième concerne les modes de pilotages des flux de production

L'objectif de ce chapitre est de constituer une base théorique qui nous sera utile pour préparer une démarche d'étude de l'existant (Chapitre 4).

2. Généralités sur les systèmes de production

2.1. Définition

Un système de production est un ensemble de ressources réalisant une activité de production. La production est la transformation de ressources conduisant à la création de biens ou de services. [Giard, 2003]

2.2. Typologie des systèmes de production

Il existe différents types de systèmes de production. Nous retrouvons dans la littérature une typologie selon l'organisation, selon la relation avec le client, et selon la classification V.A.T. Cette dernière classification est particulièrement intéressante dans le cadre de notre problème. La classification V.A.T est reconnue comme un outil de première approche pour la détection du goulot dans un système de production.

2.2.1. Typologie selon l'organisation des ressources

Selon le mode d'organisation des ressources, on retrouve quatre principaux types de systèmes de production :

a) Organisation de type « série unitaire »

La production mobilise l'essentiel des ressources de l'entreprise sur une période assez longue pour réaliser un nombre très limité de projets de production. Les exemples classiquement donnés concernent les travaux publics ou la construction navale. [Giard, 2003]

b) Organisation en ligne de fabrication ou d'assemblage

Un système productif est organisé en ligne de production (ou chaîne de production) lorsque les équipements sont agencés pour permettre à un flux de transiter systématiquement par la même séquence de postes de travail. De telles structures sont couramment trouvées dans la production de masse (l'industrie automobile par exemple). [Giard, 2003]

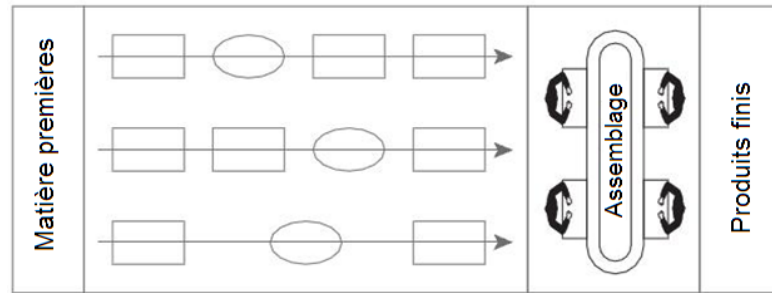


Figure 4 : Organisation en ligne de production [Courtois et *al*, 2003]

c) Organisation en ateliers spécialisés

Ce mode d'organisation intervient lorsque tous les équipements assurant une même fonction technique sont réunis en un même lieu ; l'itinéraire emprunté pour la fabrication de deux produits différents n'a aucune raison d'être identique; dans ce cas, la littérature spécialisée parle de **job shop**.

Lorsque l'itinéraire est identique pour toutes les commandes utilisant un même groupe de machines, on parle alors de **flow shop**, sachant qu'une commande peut ne pas utiliser toutes les machines de ce groupe et que les temps opératoires peuvent varier fortement sur une même machine, ce qui distingue cette structure productive de la ligne de production ou d'assemblage.

Ce mode est généralement la conséquence d'une production relativement diversifiée de produits finis ou de composants, chacun d'eux faisant l'objet d'une production limitée. [Giard, 2003]

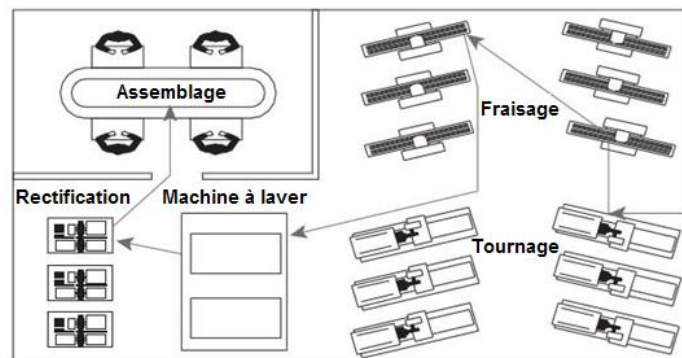


Figure 5 : Organisation en ateliers spécialisés [Courtois et *al*, 2003]

d) Les industries de process

Ce dernier mode d'organisation se retrouve dans les industries lourdes de transformation de matières premières. Ce type d'organisation se caractérise par un flux important et régulier de matières premières arrivant dans le système productif pour y être transformées en une ou plusieurs matières premières « élaborées ». [Giard, 2003]

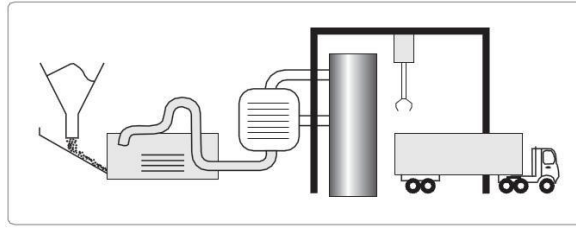


Figure 6 : Organisation en industrie de process [Courtois et *al*, 2003]

2.2.2. Typologie selon la relation avec le client [Courtois et *al*, 2003]

Dans la classification selon la relation avec le client, on distingue trois types de production et de vente : La vente sur stock, la production à la commande, et l'assemblage à la commande.

a) Vente sur stock

Le client achète des produits existant dans le stock créé par l'entreprise. On retient ce type de production pour deux raisons principales.

Lorsque le délai de fabrication est supérieur au délai de livraison réclamé ou accepté par le client. Il faut alors produire à l'avance pour satisfaire le client en s'appuyant sur des prévisions. Ou bien lorsqu'on veut produire en grande quantité et ainsi diminuer les coûts.

b) Production à la commande

La production à la commande n'est déclenchée que si l'on dispose d'un engagement ferme du client. On évite alors (sauf cas d'annulation) le stock de produits finis. Ce type de production est préférable au type « vente sur stock », car il conduit à une diminution des stocks, donc des frais financiers. Ainsi, on aura tout intérêt à choisir ce type de production lorsque cela sera possible, c'est-à-dire lorsque le délai de mise à disposition correspondant au délai de production est accepté par le client. Cette organisation est obligatoire pour les produits non standards.

c) Assemblage à la commande

Ce type de production se situe entre les deux premiers. On fabrique sur stock des sous-ensembles standards. Ces sous-ensembles sont assemblés en fonction des commandes clients. Cette organisation permet de réduire de façon importante le délai entre la commande et la livraison d'un produit. En effet, le délai apparent est réduit à l'assemblage des sous-ensembles. Cette organisation réduit la valeur des stocks et permet de personnaliser les produits finis en fonction des commandes clients.

❖ Comparaison « sur stock » / « à la commande »

Il est évident qu'une entreprise a tout intérêt à ne produire que ce qui est acheté. Pour cela, il faut que son délai de production soit inférieur au délai acceptable par le client.

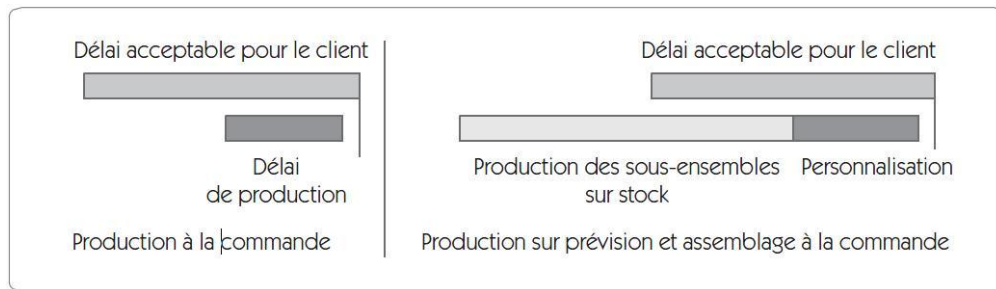


Figure 7 : Relation délai-type de production [Courtois et *al*, 2003]

2.2.3. Typologie selon la classification V.A.T

Cette classification se base sur le rapport de la variété des matières premières à celle des produits finis, on peut distinguer selon ce principe trois types de production, V, A et T.

Si l'on représente le flux des matières dans un système avec l'entrée des matières premières en bas et l'expédition des produits finis en haut, ces trois lettres apparaissent.

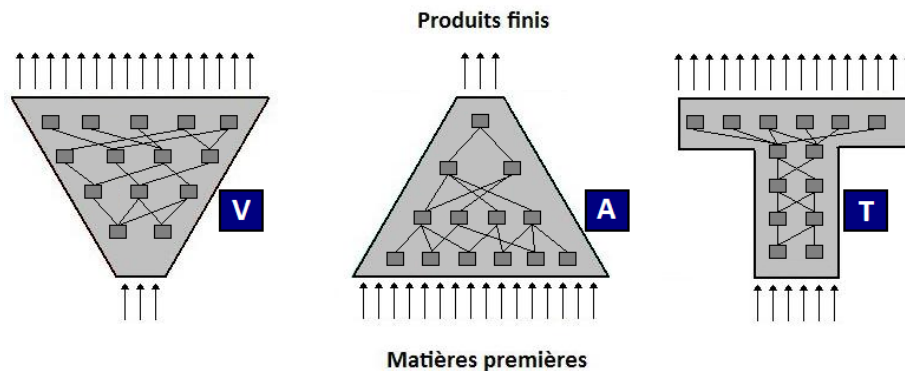


Figure 8 : La classification V.A.T [Marris, 1994]

La classification VAT n'a connu qu'une diffusion très limitée, mais reste d'un apport considérable lors des étapes d'analyse du déséquilibre existant dans un processus de production⁴.

a) Les productions en V [Marris, 1994]

Le type en V correspond souvent à des industries de première ou deuxième transformation dans lesquelles il y a, en général, plus de références différentes de produits finis que de types différents de matières premières.

- **Caractéristiques d'une production en V**

Plus de références de produits finis que de matières premières et de composants. Ceci reflète l'existence de "points de divergence" ; des transformations de matière par une machine qui fabrique différents produits en fonction des réglages.

⁴ La classification VAT donne des interprétations aux déséquilibres de capacités rencontrés en pratique

- Presque tous les produits sont élaborés de la même manière ; une ressource travaille sur le produit toujours au même niveau dans le processus (à la *n*ème opération de la gamme), le caractère de l'opération est plus générique, l'équipement est peu polyvalent.
- L'outil de production représente un investissement important ; la composante de main-d'œuvre dans le prix de revient est relativement faible. Les modifications du processus nécessitent donc des investissements élevés.
- Elles fabriquent en général de grandes quantités en peu de temps. Souvent seules les capacités de stockage limitent le niveau des stocks. D'importants moyens de suivi sont donc nécessaires.

b) Les productions en A [Marris, 1994]

Le type en A regroupe les entreprises à prédominance d'assemblage mais dont la gamme de produits finis est limitée. Les produits achetés sont plutôt des composants ou des matières qui vont subir leur deuxième ou troisième transformation.

▪ **Caractéristiques d'une production en A**

- Un ou plusieurs stades d'assemblage.
- Un grand nombre de composants fabriqués et achetés sont assemblés pour constituer un éventail relativement limité de produits finis différents. Il y a donc plus de références de composants et de matières premières que de produits finis.
- La standardisation est limitée. Les produits finis sont fabriqués à partir d'un assemblage de sous-ensembles qui leur sont spécifiques.
- Les machines sont assez polyvalentes et travaillent sur toute une famille de composants. Il est assez fréquent qu'un composant passe plusieurs fois sur la même machine à différents stades de la gamme.
- La fabrication a tendance à utiliser des lots de tailles importantes ("économiques", voire "très économiques").

c) Les productions en T [Marris, 1994]

Le type en T est une évolution du type en A.

Pour accroître l'éventail des produits offerts en conciliant la production de masse et la personnalisation des produits, une usine en T se caractérise par un large éventail de produits finis obtenus par une personnalisation tardive des sous-ensembles.

L'assemblage final, l'ultime étape de la production, regroupe plusieurs sous-ensembles différents pour créer un produit fini personnalisé correspondant à un créneau du marché ou aux besoins d'un client individuel. Les sous-ensembles sont communs à plusieurs types de produits finis différents.

▪ **Caractéristiques d'une production en T**

- Beaucoup des sous-ensembles sont communs à plusieurs types de produits finis (la "différenciation retardée").
- La fabrication et la plupart des approvisionnements sont déclenchées sur prévisions, tandis que l'assemblage final se fait sur commandes externes ou internes (provenant des services commerciaux ou du circuit de distribution).
- On fait souvent la distinction entre deux entités : l'assemblage final et la fabrication. La fabrication amont (un mélange de V et de A) peut être réalisée sur le même site, dans une autre usine du groupe, chez des sous-traitants ou tout simplement chez des fournisseurs complètement indépendants. Ce qui importe c'est l'existence d'un assemblage final effectué à partir de sous-ensembles communs.

3. Niveaux décisionnels en gestion de la production

Après la présentation des typologies des systèmes de production, nous allons nous intéresser aux niveaux décisionnels de la gestion de production pour introduire le volet consacré au pilotage de flux.

Les décisions en gestion de production sont habituellement classées selon trois niveaux : le niveau stratégique, tactique, et opérationnel.

Les décisions stratégiques : correspondent à des choix qui impactent l’avenir à long terme de l’entreprise. Exemple : choix d’investissement dans une installation de production.

Les décisions tactiques : correspondent à un ensemble de décisions à moyen terme. Exemple : le programme des volumes à produire sur plusieurs mois.

Les décisions opérationnelles : correspondent à l’ensemble des décisions prises sur le court terme pour coordonner les flux. Exemple: l’ordonnancement des ordres de fabrication.

Niveau	Horizon	Décisions
Stratégique	Long terme	Conception
Tactique	Moyen terme	Planification (Charges/Capacités)
Opérationnel	Court terme	Ordonnancement

Tableau 3 : Niveaux décisionnels d’un système de production

4. Pilotage des flux de production

Après avoir exposé les typologies des systèmes de production et les différents niveaux décisionnels de la gestion de production, nous consacrons la suite de ce chapitre à un état de l’art sur le pilotage des flux dans les systèmes de production.

4.1. Définition et objectif

Plusieurs définitions existent dans la littérature pour « le pilotage des flux » selon le cadre d'étude dans lequel elles figurent. Nous en retenons celle formulée dans [Dallery, 2000].

« Le pilotage des flux consiste, pour chaque entité qui traverse la chaîne logistique et à chaque étape, à définir quand et en quelle quantité lancer l'activité »

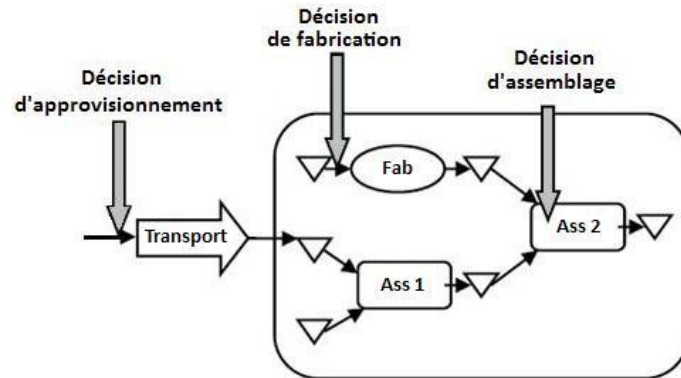


Figure 9 : Les décisions en pilotage des flux [Dallery, 2000]

Parmi les niveaux décisionnels que nous avons présentés, le pilotage des flux concerne les décisions prises sur le moyen et court terme.

L'objectif du pilotage des flux vise à programmer l'activité de production de manière à garantir un niveau de service pour le client tout en minimisant les coûts.

Pour assurer un niveau de service élevé, on peut imaginer qu'il suffirait de mettre en place des stocks importants. Cependant, le coût associé à une telle option serait très important.

De même, il serait aisé de réduire les coûts si le niveau de service offert au client était négligé.

L'enjeu du pilotage des flux est de trouver le meilleur équilibre entre la maximisation du niveau de service et la minimisation des coûts associés⁵.

4.2. Points de pilotage [Souilah, 2008]

Les décisions relatives au pilotage des flux se prennent à des étapes déterminées appelées **points de pilotage**.

Multiplier le nombre de points de décision augmente la finesse du contrôle des flux mais augmente en même temps la complexité du pilotage. Il faut donc trouver le bon compromis et définir de manière appropriée les points où décider du déclenchement des flux.

Les points de pilotage sont généralement positionnés :

- selon la décomposition physique du processus de production ;

⁵ On utilise aussi les termes « Efficience » et « Réactivité » pour désigner les deux objectifs de minimisation des coûts et maximisation du niveau de service.

- en amont d'activités à forte valeur ajoutée ;
- en amont d'activités de diversification des produits
- en amont d'activités rendant les produits plus facilement périssables ou augmentant le risque d'obsolescence ;
- en amont de zones avec espaces de stockage physique limités.

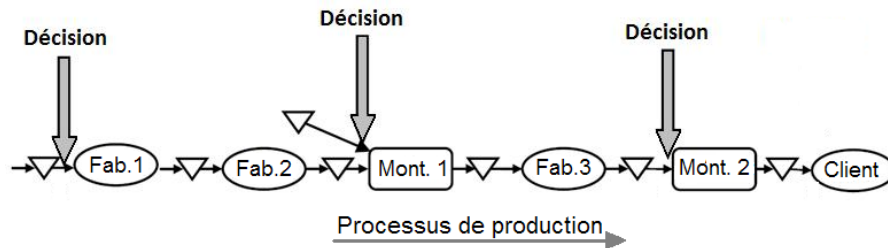


Figure 10 : Points de pilotage des flux

4.3. L'information sur la demande [Souilah, 2008]

Le pilotage des flux consiste, en définitive, à prendre des décisions pour déclencher des flux physiques à partir de flux d'information.

L'une des principales informations nécessaires au processus de pilotage est l'information sur la demande.

L'information dont on dispose sur la demande pour piloter les flux peut être de différentes natures :

- a) **Les commandes fermes** : ce sont des commandes définitives. Elles constituent une information fiable tant sur les quantités que les dates de besoin. Elles représentent un engagement de la part des clients.
- b) **Les prévisions** sur la demande future, qui sont de deux types :
 - Les commandes prévisionnelles : ce sont des commandes transmises par le client mais qui comportent une incertitude sur la quantité et/ou la date des besoins. Elles fournissent une information anticipée plus ou moins fiable au fournisseur. Les commandes fermes viennent ensuite soit confirmer, soit ajuster les commandes prévisionnelles.
 - Les prévisions de la demande : ce sont des données provenant d'études prospectives de marketing ou obtenues à l'aide de méthodes quantitatives ou qualitatives de prévision.
- c) **Pas d'information sur la demande future** : Dans ce cas il n'y a pas d'information disponible sur les demandes à venir. La seule information dont on dispose pour piloter les flux est le comportement de la demande passée.

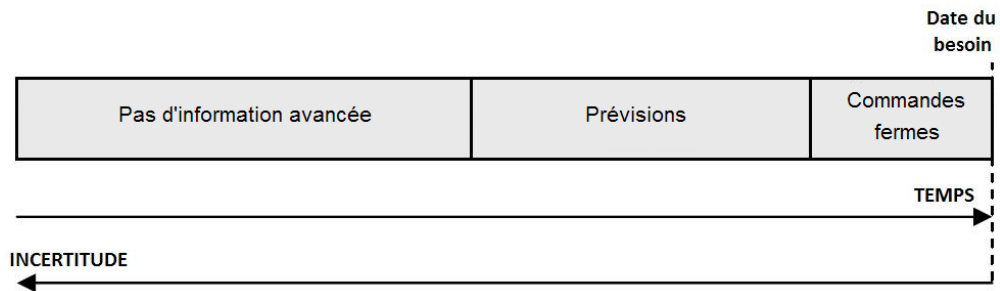


Figure 11 : Visibilité sur la demande et incertitude

Les deux premiers types d'information, à savoir : les commandes fermes et les prévisions, constituent ce qu'on appelle une *information anticipée* sur la demande. Plus on s'éloigne dans le temps de la date du besoin et plus l'incertitude sur la demande augmente.

5. Approches de pilotage des flux

Pour décrire un système de pilotage des flux, il faut spécifier les points de contrôle du flux, d'une part, et d'autre part, spécifier les règles de pilotage qui permettent de réagir face à un état donné du système. Ces règles sont définies dans le cadre d'approches et méthodes de pilotage, nous les présentons dans le présent paragraphe.

Les différentes méthodes qui ont été développées tiennent compte de l'information disponible sur la demande et des caractéristiques des systèmes de production.

5.1. Approches par les besoins futurs (flux poussés)

Lorsque l'entreprise dispose d'une information anticipée sur la demande (commandes ou prévisions) et qu'elle l'utilise pour prendre les décisions de pilotage de flux, on se trouve dans une approche de **pilotage par les besoins futurs**. On se base sur la connaissance plus ou moins certaine des demandes futures.

Le pilotage de flux dans cette approche a pour caractéristique d'être **centralisé**.

La figure 12 illustre le processus de pilotage dans l'approche par les besoins futurs.

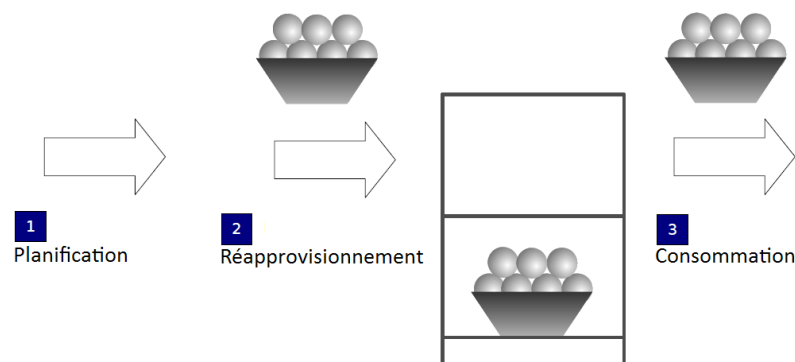


Figure 12 : Pilotage par les besoins futurs [Hachen, 2010]

5.2. Approches par renouvellement de consommation (flux tirés)

Lorsque l'entreprise se trouve dans un cas où elle n'a pas d'information avancée sur la demande ou que celle-ci n'est pas suffisamment fiable pour être exploitable, on est obligé d'adopter un mode de pilotage dans lequel on « réagit » à la demande au fur et à mesure qu'elle se produit. Se basant sur le comportement passé de la demande, le pilotage a pour principe de renouveler les produits consommés : on lance (en production ou en approvisionnement) pour les périodes à venir des quantités calculées en fonction des consommations des périodes passées. Il s'agit de l'approche de **pilotage par renouvellement de stock**.

Le pilotage de flux dans cette approche a pour caractéristique d'être **décentralisé**.

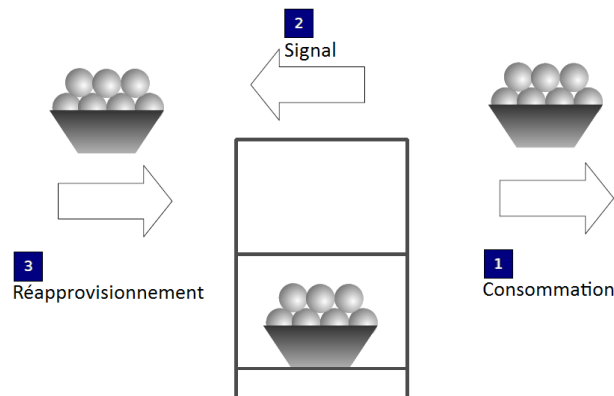


Figure 13 : Pilotage par renouvellement de consommation [Hachen, 2010]

Remarque :

Pour désigner les deux approches de pilotage, on parle plus communément de flux poussés et de flux tirés. C'est la manière de déclencher les flux en fonction de la consommation qui distingue les deux approches.

Les flux sont dits tirés lorsque la production est déclenchée par une consommation en aval. Cela correspond aux méthodes de renouvellement de stock.

Les flux sont dits poussés lorsque la production se fait avant qu'une consommation ne se réalise. C'est le cas des méthodes de pilotage par les besoins futurs.

6. Méthodes de pilotage des flux

Nous venons de présenter les deux approches de pilotage des flux existantes. A chacune de ces approches correspondent plusieurs méthodes de pilotage.

Nous présentons dans ce paragraphe une description de chaque méthode.

6.1. La méthode MRP (Manufacturing Ressources Planning)

Cette méthode repose sur une approche de pilotage par les besoins futurs.

La première caractéristique de cette méthode est sa simplicité.

a) Objectifs [Gallaire, 2008]

L'objectif du MRP est de calculer les quantités de composants nécessitées par le carnet de commande et les prévisions. Il suggère les quantités à approvisionner et à fabriquer ; et planifie la charge de travail sur chaque centre de production.

b) Principe

Le MRP pilote la fabrication en fonction du programme de production qui est élaboré à partir d'une information anticipée sur la demande.

Les besoins en composants sont déterminés par éclatement de la nomenclature.

Le MRP met en œuvre la séquence des plans suivants :

- Le plan Industriel et Commercial (PIC).

Le PIC est établi conjointement par la direction générale, la direction de la production et la direction commerciale à partir du carnet de commandes et des prévisions commerciales.

Il tient compte du plan stratégique de l'entreprise et définit les volumes de vente par familles de produits, les niveaux de stocks, les besoins en équipements et en ressources.

- Le plan Directeur de Production (PDP).

Ce plan a pour objectif de définir les types et les volumes de produits finis à fabriquer en tenant compte des prévisions, des commandes, et de l'état des stocks. Il constitue un point de départ pour le calcul des besoins en composants.

- Calcul des besoins nets.

Les quantités de composants, de matières premières et de produits semi-finis nécessaires à la fabrication des produits prévus par le PDP sont définies pour chaque période de l'horizon de temps.

- Gestion de l'atelier.

Il concerne le lancement et le suivi des ordres d'achat et de fabrication, l'ordonnancement, le suivi de fabrication.

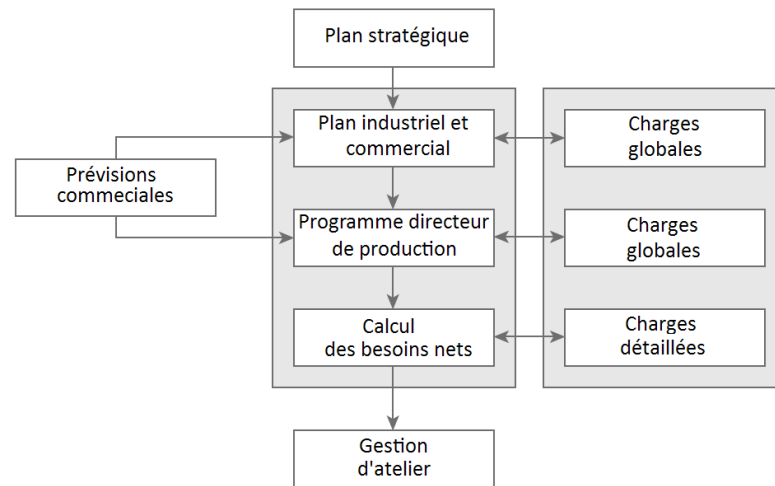


Figure 14 : Principe du MRP [Courtois et al, 2003]

6.2. La gestion de stock

La gestion de stock est une méthode de pilotage de flux qui repose sur une approche par renouvellement de la consommation. Cette méthode consiste à gérer le niveau d'un stock - sujet à consommation- alimenté par un système d'approvisionnement donné.

a) Objectifs [Gaspart, 2005]

L'objectif de cette méthode est de décider de l'approvisionnement d'un stock en fonction des consommations clients. La gestion de stock permet de décider de quand et combien commander de manière à maîtriser le coût des stocks et éviter les ruptures.

b) Principe [Gallaire, 2008]

La gestion de stocks vise à minimiser le coût de stockage en respectant un niveau de service donné. Pour cela, il existe diverses politiques de gestion des stocks, de la plus triviale à la plus sophistiquée, on trouve les méthodes suivantes.

La méthode de réapprovisionnement (dates fixes, quantités fixes)

Ce type de politique prévoit de commander à date fixe une quantité fixe.

La méthode de recombplètement périodique (dates fixes, quantités variables)

A date fixe, un ordre est lancé pour ramener le stock à son niveau maximum. Un des inconvénients est que l'on est amené, à certains moments, à lancer des ordres pour des quantités très différentes de la quantité économique.

La méthode du point de commande (dates variables, quantités fixes)

L'atteinte d'un certain niveau de stock (le point de commande) déclenche l'ordre de réapprovisionnement. Le point de commande est le niveau de stock nécessaire à la couverture des besoins entre le lancement de l'ordre et la réception correspondante. La quantité commandée est la quantité économique.

La méthode à quantités et dates variables

Cette méthode requiert une attention permanente. Elle ne s'utilise que pour des articles coûteux.

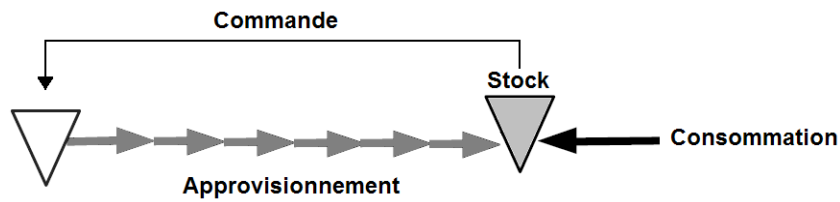


Figure 15 Principe de la gestion de stock

6.3. La méthode Kanban

La méthode Kanban repose sur une approche de pilotage par renouvellement de la consommation.

Cette méthode est l'un des outils d'application de la philosophie « Lean ⁶ ». Le bon fonctionnement du système Kanban nécessite la considération des éléments de réflexion apportés par cette philosophie.

Cette méthode n'est en fait qu'une méthode d'organisation et de gestion d'atelier, et ne va pas au-delà.

a) Objectifs [Lamouri et Thomas, 1999]

Les principaux objectifs de la méthode Kanban sont les suivants :

- appeler la production par l'aval, c'est-à-dire à partir de la consommation réelle du client (interne ou externe) ;
- rendre plus facile l'établissement des priorités en les reliant directement à la consommation réelle ;
- Réduire les stocks et les temps de défilement et révéler les dysfonctionnements des flux.
- Décentraliser la fonction planification des productions.

b) Principe [Gallaire, 2008]

Dans le cadre de productions par lots ou en séries, répondant à des commandes régulières, le kanban (qui signifie « étiquette ») pilote la fabrication en fonction des consommations réelles des clients.

Chaque unité de conditionnement constituée est accompagnée d'un kanban. Lorsqu'un client consomme le contenu d'une unité de conditionnement, il retourne le kanban à son fournisseur. Cela indique au fournisseur, d'une manière visuelle, simple et instantanée le niveau des stocks (en rangeant les kanban sur un planning précisant différents niveaux).

⁶ Le lean est aussi appelé « production au plus juste »

Le fournisseur connaît à quel niveau de stock minimum il doit engager une production pour ne pas mettre en rupture son client.

Une boucle de kanban est donc constituée entre un client et son fournisseur.

Lorsqu'il n'y a plus de kanban sur le planning, la production est interdite (le stock maximum est atteint).

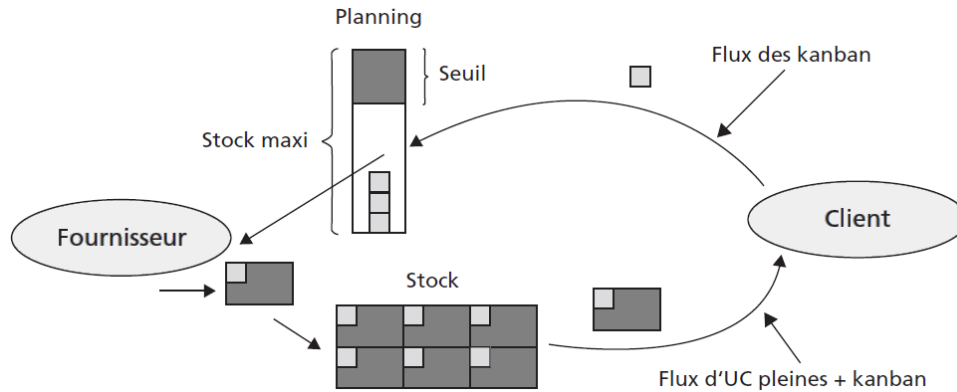


Figure 16 Principe du Kanban [Gallaire, 2008]

7. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons introduit les différentes typologies de systèmes de production pouvant être rencontrés. D'autre part, nous avons présenté les principes et les caractéristiques des principaux modes de pilotage des flux.

Cette base théorique étant constituée, l'intérêt pour notre cas d'étude sera de l'employer dans une démarche d'étude de l'existant. Cela fera l'objet du chapitre 4.

Le chapitre suivant (Chapitre 3) traite d'un état de l'art sur « la théorie des contraintes ».

En associant les principes de cette théorie à la vision globale établie par l'étude de l'existant, nous aboutirons à la détection du goulot (Chapitre 5).

CHAPITRE 3 La théorie des contraintes

« En toute chose, c'est la fin qui est essentielle. »

[Aristote]

1. Introduction

Dans ce chapitre, nous exposons un état de l'art sur la théorie des contraintes, que l'on désigne aussi par « O.P.T⁷ ».

Les principes de cette théorie sont à la base de l'approche adoptée dans ce projet.

La compréhension des principes exposés dans ce chapitre sera essentielle pour assimiler notre démarche.

Commençons par expliquer ce que le terme « contrainte » signifie.

Une contrainte est un facteur qui limite la performance d'un système. Dans notre cas, la contrainte correspond à ce que nous avons appelé « goulot d'étranglement » dans les chapitres précédents.

La Théorie des Contraintes est une philosophie de management qui se concentre sur les performances des contraintes pour améliorer la performance globale du système.

Cette théorie livre les méthodes pour identifier et gérer la contrainte du système de façon à en maximiser l'usage, les performances.

2. Origines de la théorie des contraintes [Hohmann, 2010]

L'origine de la théorie des contraintes remonte aux années 70 et à la création d'un logiciel, OPT pour *Optimized Production Technology*. Son implémentation avec des résultats impressionnants au sein de quelques compagnies américaines suscita l'attention des experts dans les années 80.

La diffusion de la théorie des contraintes est due à son auteur, Eliyahu Goldratt et à son livre "The Goal". En version française, il est paru sous le titre "Le but⁸".

Bien que l'approche fût initialement liée au logiciel OPT, Goldratt le juge aujourd'hui sans intérêt.

Pour se démarquer du logiciel, il a choisi l'appellation : Théorie des contraintes.

Dans son approche, il présente une manière différente d'appréhender l'entreprise et son management dans sa globalité.

3. La vision processus

Pour présenter l'approche de la théorie des contraintes, il est important d'introduire la notion de processus.

Selon la norme ISO 9001v2000 le processus est défini comme : un ensemble d'activités corrélées ou interactives qui transforme des éléments d'entrée en éléments de sortie.

⁷ Optimized Production Technology

⁸ Le But, un processus de progrès permanent, Goldratt et Cox 3ème Edition, AFNOR, 2006.

La vision en processus considère les opérations nécessaires à l'élaboration d'un produit et organise les moyens et les ressources de façon à minimiser pertes et gaspillages. Ainsi par exemple : on place les machines nécessaires à l'exécution de la gamme dans l'ordre et proches les unes des autres.

4. La notion de goulot d'étranglement [Hohmann, 2009]

Les activités étant organisées par processus, la production est structurée en séquence de tâches ou d'événements qui sont interdépendants.

Une analogie avec une chaîne permet de dire que tout comme la solidité de la chaîne est celle de son maillon le plus faible, la performance globale d'un système ne peut excéder la performance de sa contrainte.

On démontre par l'absurde que tout système subit au moins une contrainte, sans quoi il serait en mesure d'atteindre indéfiniment des performances élevées.

4.1. Le goulot

Reprenons la définition de la contrainte : la contrainte est un facteur qui limite la performance d'un système. Les contraintes peuvent être de natures très diverses (Contrainte de marché, d'approvisionnements, de capacité...etc.).

Pour notre cas d'étude, nous assumons qu'il existe une contrainte qui limite le débit de production du système par une utilisation 'sous optimale' de sa capacité. Nous nous intéressons donc aux contraintes de capacité.

La définition de la contrainte de capacité, autrement désignée par le terme "goulot", est la suivante : « Le goulot est une ressource dont la capacité est en moyenne juste égale ou inférieure au besoin. »

L'expression « en moyenne » apporte une notion d'horizon qui est indispensable. Il faut que la période soit suffisamment longue pour filtrer les goulots temporaires et faire apparaître les goulots « structurels ».

L'identification du goulot est la clef pour un management réussi par la TOC⁹. Si certains goulots sont évidents, il faut néanmoins s'assurer qu'il s'agit bien de **LA** contrainte, sans quoi, toute action risque de rester stérile.

4.2. Le non-goulot

A l'inverse du goulot, les ressources ayant des capacités en moyenne supérieures au besoin, donc avec des excédents de capacité, sont des non-goulots

⁹ TOC : Abréviation de Theory Of Constraints, qui signifie Théorie des contraintes

Dans le processus de la figure ci-dessous, symbolisé par une analogie hydraulique inspirée de la couverture de [Marris, 1994] et mettant en jeu cinq ressources ayant des débits différents, on voit que la ressource R3, qui a le débit le plus faible, est le goulot d'étranglement du processus. Les autres ressources sont des non-goulots.

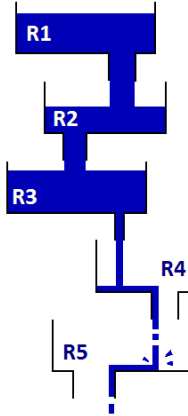


Figure 17 : Un goulot d'étranglement [Marris, 1994]

5. Dépendances et aléas

A l'origine de la théorie des contraintes, on admet l'existence de deux éléments de perturbation "basiques", sans lesquels toute ressource ne serait limitée que par sa capacité théorique. Ces deux phénomènes perturbateurs qu'on retrouve dans tout processus de production sont :

- Les **dépendances**, comme expliqué dans la vision processus, c'est à dire la nécessité pour une ressource d'attendre que le produit à traiter soit mis à sa disposition par une autre ressource ;
- Les **aléas** affectant chaque ressource.

Les aléas sont toutes ces perturbations inévitables et impossibles à prédire. Ils regroupent les variations de performances, les pannes, micro-arrêts, manques d'approvisionnement, opérateur qui quitte temporairement son poste, petits problèmes de qualité ...etc.

Les dépendances proviennent de la nécessaire synchronisation des différentes tâches pour accomplir un cycle de travail.

Ainsi la première dépendance peut-elle être la mise à disposition de la matière première, puis la disponibilité de la ressource suivante...etc.

Plus un processus est complexe, plus les dépendances croissent. Les dépendances provoquent des vagues, des successions d'attentes et d'activités.

Au final, les aléas et les dépendances se combinent pour perturber avec efficacité tout système.

Depuis "toujours" on cherche à équilibrer les capacités des ressources, mais du fait des perturbations ceci est quasiment impossible, et en définitive si l'on construit un processus avec des ressources strictement identiques sur lesquelles les produits passent séquentiellement, le même phénomène apparaît : **les délais et les stocks augmentent et le débit baisse.**

Ce constat est au cœur de la théorie des contraintes, qui édicte neuf règles et une devise pour gérer au mieux ces ressources contraintes et différer voire annuler le besoin d'investissement dans des capacités et des moyens supplémentaires. [Hohmann, 2010]

6. Les neuf règles et une devise de la TOC [Courtois et al., 1999]

Les neuf règles de cette théorie sont :

- Règle 1. Équilibrer le flux et non les capacités.
- Règle 2. Le niveau d'utilisation d'un non-goulot n'est pas déterminé par son propre potentiel, mais par d'autres contraintes du système.
- Règle 3. Utilisation et plein emploi d'une ressource ne sont pas synonymes.
- Règle 4. Une heure perdue sur un goulot est une heure perdue pour tout le système.
- Règle 5. Une heure gagnée sur un non-goulot n'est qu'un leurre.
- Règle 6. Les goulots déterminent à la fois le débit de sortie et les niveaux de stock.
- Règle 7. Souvent le lot de transfert ne doit pas être égal au lot de fabrication.
- Règle 8. Les lots de fabrication doivent être variables et non fixes.
- Règle 9. Établir les programmes en prenant en compte toutes les contraintes simultanément.
Les délais de fabrication sont le résultat d'un programme et ne peuvent donc pas être prédéterminés.

Une devise : l'optimum global n'est pas la somme des optima locaux.

Dans notre approche, l'objectif est de détecter le goulot et d'en maximiser le temps utile. A ce titre, nous n'allons pas aborder l'ensemble des règles de la TOC, mais nous nous intéressons particulièrement aux règles de 1 à 6.

6.1. Équilibre des capacités, équilibre du flux

Les entreprises cherchent fréquemment sur un processus de production l'équilibre des capacités. La recherche de cet équilibre est bien difficile à réaliser car, comme nous l'avons montré précédemment, on connaît mal les capacités à cause de l'existence de phénomènes perturbateurs (les aléas).

Ces aléas ne se produisent en général pas tous en même temps sur tous les postes du processus. Chaque fois qu'un aléa se produit sur un poste de production, les autres postes de

du processus vont subir indirectement les conséquences de cet aléa, par exemple : lors d'une rupture d'approvisionnement, tous les postes en aval sont impactés.

On peut alors observer un phénomène d'accumulation des aléas qui va générer un accroissement des délais, donc des retards.

La logique de la théorie des contraintes préconise donc de ne pas chercher à équilibrer les capacités, mais de les utiliser telles qu'elles sont, de manière à créer un flux adapté à la demande. C'est **la règle 1 de la TOC : Equilibrer le flux, non les capacités.**

Dans notre cas d'étude, nous allons nous baser sur la capacité décrite dans l'étude de l'existant et chercher comment mieux exploiter le système en place pour optimiser le débit.

6.2. Niveau d'utilisation d'un poste non-goulot

L'idée de base de la TOC est fondée sur la distinction entre deux types de ressources :

« Les goulots », et les « non-goulots ».

Prenons un exemple sur un processus de production composé de deux ressources :

X ressource goulot de capacité 100 pièces à l'heure ; A ressource non-goulot de capacité 120 pièces à l'heure. Supposons que la ressource X alimente, dans le processus, la ressource A.

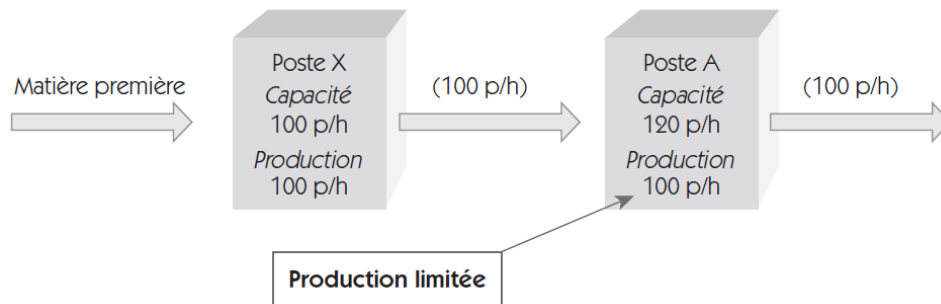


Figure 18 : Processus de production avec goulot en amont [Courtois et al, 2003]

Le goulot ayant une capacité limitée à 100 pièces par heure, on ne pourra jamais transférer plus de 100 pièces par heure au niveau de A.

On peut observer que la production d'un poste aval dépend elle aussi toujours de la capacité de production d'un poste amont, si celui-ci a une capacité inférieure à celle du poste aval.

C'est **la règle 2 de la TOC : Le niveau d'utilisation d'un non-goulot n'est pas déterminé par son propre potentiel, mais par d'autres contraintes du système.**

Cette considération est à prendre très sérieusement en compte, car elle modifie sensiblement la perception que l'on peut avoir de la productivité d'un poste de production.

On peut approfondir cette idée en supposant cette fois un processus de production composé des mêmes ressources, mais dans un ordre inverse. (Voir figure ci-dessous)

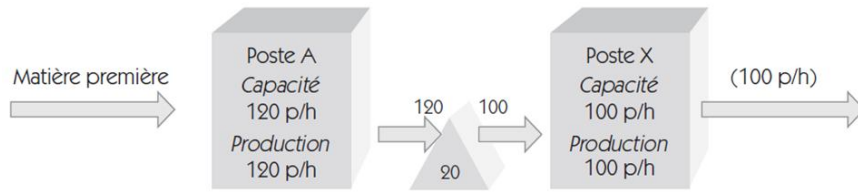


Figure 19 : Processus de production avec goulot en aval

Si on décide de produire en saturant la capacité, La première heure d'utilisation de la ligne, il va se créer un stock d'encours de 20 en amont de X.

Ces stocks ne pourront jamais être absorbés du fait de l'existence du goulot. Si on continue à fonctionner ainsi, les en-cours vont s'accumuler indéfiniment.

D'où **la règle 3 de la TOC : L'utilisation et le plein emploi d'une ressource ne doivent pas être synonymes.**

Chaque poste de production s'intègre dans un système plus global qui lui impose son fonctionnement. Cette idée est à retenir pour essayer d'organiser et de faire fonctionner au mieux le système de production de l'entreprise.

6.3. Utilisation des goulots et fonctionnement du système de production

Reprenons le schéma précédent, celui où un non-goulot alimente un goulot, et supposons que cette configuration se trouve dans un processus plus global, c'est à dire qu'il existe une suite au processus en aval du poste X.

A partir de là, si l'on considère que la ressource goulot n'est pas approvisionnée pendant un certain temps, ce qui ne lui permet de produire que 90 pièces au lieu de 100. La conséquence est que l'on ne va pouvoir produire qu'un maximum de 90 pièces dans toute la suite du processus. (Voir figure ci-dessous)

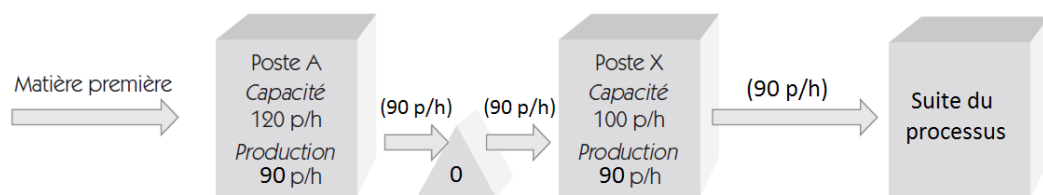


Figure 20 : Débit d'un goulot et débit global d'un processus

Ce constat conduit à la **règle 4 de la TOC : Une heure perdue sur un goulot est une heure perdue pour tout le système.**

Inversement, toute capacité supplémentaire dégagée pour le goulot sera profitable au système entier.

Il faut alors chercher à protéger les goulots puisque ce sont eux qui déterminent le débit global de la production. Si un stock est indispensable quelque part, c'est bien juste en amont d'un

goulot. Un poste non-goulot n'aura pas besoin d'une telle protection car il dispose d'une capacité suffisante qui lui permet de compenser le retard d'une éventuelle rupture d'approvisionnement.

Cette dernière proposition nous amène à la **règle 5 de la TOC : Une heure gagnée sur non-goulot est un leurre.**

Si une amélioration du flux est réalisée sur un non-goulot, elle ne produira aucun effet sur l'ensemble du flux. Il est par exemple inutile de réduire le temps de changement de série ou de moderniser une ressource non goulot.

Ainsi, toutes les actions de diminution des temps de réglage ou d'amélioration de la fiabilité doivent être revues à la manière TOC en privilégiant les goulots.

Le goulot a une importance fondamentale. Comme le montre la figure 27, c'est le goulot qui va déterminer non seulement le débit du système, mais aussi les niveaux de stocks et encours dans le processus.

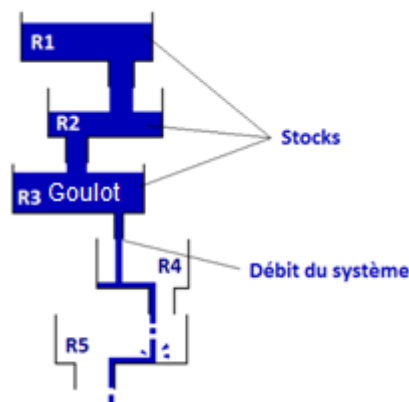


Figure 21 : Goulot, débit du système, et stocks

C'est la **règle 6 de la TOC : Le goulot détermine à la fois le débit de sortie et les niveaux de stock.**

7. La démarche « Théorie des contraintes » [Hohmann, 2009]

La logique proposée par les auteurs de la TOC repose sur cinq étapes :

- 1- **Identifier** la (ou les) contraintes du système.
- 2- Parvenir à **exploiter** la contrainte.
- 3- **Subordonner** en conséquence toutes les décisions pour exploiter la contraintes comme défini en 2;
- 4- Si les demandes clients nécessitent davantage de capacité, **Augmenter** la capacité de la contrainte ;
- 5- **Recommencer** au point 1 à mesure que le système évolue et éviter que la routine devienne la contrainte.

La répétition en boucle des cinq étapes démontre que la TOC est un management dans lequel rien n'est jamais acquis, elle fait appel à un processus itératif ; **un processus d'amélioration permanent.**

Ce qu'il faut retenir dans cette démarche c'est qu'il ne sert à rien d'améliorer le débit de ressources non goulots, car elles ne pourront excéder le débit du goulot. Il faut donc focaliser les efforts de recherche de productivité et d'amélioration sur la ressource goulot.

Pour notre cas, nous nous concentrons sur l'accomplissement des deux premières étapes de la démarche TOC ; à savoir ; identifier la contrainte du système, ensuite optimiser son exploitation.

8. Identification du goulot

Nous présentons, dans ce paragraphe, les différentes configurations possibles dans lesquelles on peut retrouver un goulot.

Nous verrons ensuite quelles approches sont classiquement utilisées pour le détecter.

8.1. Configurations possibles goulot/non-goulot [Marris, 1994]

Dans les systèmes de production, les goulots et les non-goulots peuvent se retrouver dans diverse configuration. Dans l'ouvrage de Philip Marris¹⁰, seize configurations différentes de base sont citées :

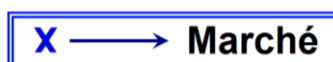
(Note : X représente toujours un Goulot et A toujours un Non-Goulot)

Un goulot alimente un non-goulot.



Le goulot X peut produire 100 unités par jour. Le marché achète tous ses produits car par définition la demande du marché est supérieure ou égale à la capacité du goulot. La ressource A peut transformer 200 unités par jour et ne pourra pas être activée plus de la moitié du temps puisqu'elle travaille deux fois plus vite que la ressource X. Le niveau d'utilisation du non-goulot A sera évidemment déterminé par la ressource goulot X qui l'alimente. Dans cet exemple, le taux d'utilisation maximum est de 50%.

Un goulot alimente directement un marché.



¹⁰ *Le Management Par les Contraintes* de Philip Marris (Editions d'Organisation, 1994)

Aucun stock ne peut s'accumuler. Nous devons rechercher un débit maximum du goulot, car sa production sera (par définition) vendue.

Un non-goulot alimente un goulot.

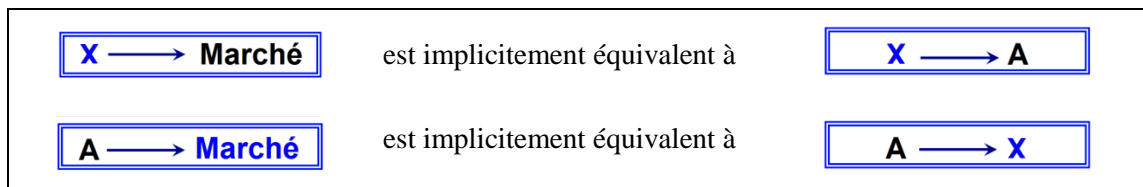


Si l'on recherche le plein emploi des deux ressources, le non-goulot produira plus que le goulot et cet excédent s'accumulera devant ce dernier, sans pour autant augmenter le débit de production de l'ensemble. Le problème posé ainsi paraît simple mais c'est un fait reconnu que dans les usines, des en-cours sont souvent créés de cette manière. Ne pas rechercher le plein emploi d'une ressource non-goulot est quelque chose d'évident, mais de rare ! Un cas relativement analogue et très répandu est celui d'une ressource non-goulot qui alimente directement le marché.

Un non-goulot qui alimente le marché



En recherchant le plein emploi des ressources, quelle sera la production du non-goulot ? Encore une fois, des stocks seront créés mais cette fois-ci ils seront appelés "stocks commerciaux" ou "stocks de produits finis". Le volume de la demande du marché détermine le débit des ventes lorsqu'il s'agit d'un non-goulot. Autrement dit, le marché serait la contrainte.



Le débit des ventes sera soit déterminé par le niveau de la demande du marché, soit par un goulot dans l'usine; dans les deux cas, il y aura une contrainte contrôlant les ventes.

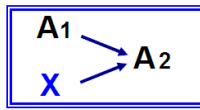
Un non-goulot alimente un autre non-goulot



Un autre cas universel est celui de deux ressources non-goulots, l'une alimentant l'autre : Ici, le danger est la "suractivation" des ressources qui génère des stocks qui iront s'accumuler plus loin dans le processus de production, soit devant un goulot, soit dans un stock de produits finis avant le goulot final que constitue le marché.

Autre cas : une configuration convergente

Deux pièces fabriquées avec deux ressources différentes (X et A1) doivent être assemblées ensemble (A2).



Deux pièces fabriquées avec deux ressources différentes (X et A1) doivent être assemblées ensemble (A2).

Le débit de (A2) est limité par ce qu'elle reçoit de la ressource X. Cette combinaison est donc semblable à celle du non-goulot qui alimente un goulot ($A \rightarrow X$), la seule différence étant le vocabulaire employé pour décrire les stocks créés par le plein emploi de la ressource non-goulot en amont (A1) ; dans le cas précédent il s'agissait d' "en-cours" ou de "produits finis" et dans celui-ci ce sont des "composants"... Dans les deux situations, il est inutile pour le non-goulot de produire plus que ce que le goulot pourra produire. Au-delà d'un certain seuil, le non-goulot n'est plus "utilisé" dans le sens où il fait quelque chose d'utile mais est seulement en "plein emploi" c'est-à-dire qu'il produit sans que le débit global n'augmente.

Seize configurations possibles

En poursuivant ce raisonnement, il est en fait possible d'identifier seize configurations de bases recouvrant toutes les combinaisons possibles de goulots et de non-goulots ainsi que les éventuelles divergences et convergences des processus. (Voir figure 28)

CONFIGURATIONS D'OPERATIONS EN CONTINU					
X → Marché			X1 → X2		
A → Marché			A1 → A2		
CONFIGURATIONS CONVERGENTES			CONFIGURATIONS DIVERGENTES		
A1 → A3 A2 → A3	A1 → X A2 → X	X1 → X2 A → X2	A1 → A2 A1 → A3	X → A1 X → A2	A1 → A2 A1 → X
X1 → X3 X2 → X3	X1 → A X2 → A	A1 → A2 X → A2	X1 → X2 X1 → X3	A → X1 A → X2	X1 → X2 X1 → A

Figure 22 : Les seize configurations de base des goulots/non-goulots [Marris, 1994]

Dans les configurations convergentes, plusieurs produits convergent sur un point où ils sont assemblés pour ne devenir qu'un seul. Les configurations divergentes recouvrent toutes les situations où à partir d'une seule matière première on crée tout un ensemble de produits finis différents. A partir de ces différentes configurations, il est possible de reproduire toutes les typologies industrielles.

8.2. Détection du goulot

Pour détecter le goulot dans un système, il existe différentes approches qui sont classiquement empruntées:

- Une machine dont les stocks situés en amont sont importants est « peut être » un goulot. Cependant, les stocks liés à une machine ne sont pas toujours situés à proximité de celle-ci, pour des raisons d'encombrement.
- Si on recherche les produits finis qui sont livrés constamment avec du retard, on peut arriver à constater qu'ils possèdent des composants réalisés sur la ressource goulot.
- La ressource goulot est celle qui a le taux d'occupation = charge/capacité le plus élevé.

Nous allons revenir sur ces approches pour connaître leurs applicabilités dans notre cas d'étude dans le chapitre 5.

9. Amélioration de la productivité : Approche par décomposition des temps

9.1. Le TRS

Une fois le goulot identifié, il est intéressant de mesurer à l'aide d'un indicateur adéquat sa productivité dans l'optique de soulever les leviers d'amélioration.

T.R.S pour **T**aux de **R**endement **S**ynthétique est un indicateur qui mesure l'importance des fluctuations aléatoires (arrêts, non-qualité, ralentissements) sur l'efficacité des équipements de production.

Une ressource goulot doit faire l'objet d'une attention de tous les moments. Le calcul du TRS dans le cas d'une ressource goulot est alors particulièrement intéressant.

L'enjeu d'utiliser le TRS est d'augmenter la capacité utile du goulot. Mais aussi, de savoir si le temps d'ouverture est adapté au temps requis par cette ressource.

Nous verrons au chapitre 6 comment une analyse du TRS permet d'identifier les causes principales de perturbation du goulot.

Remédier aux causes de perturbation du goulot permettra d'améliorer considérablement son débit ; par conséquent le débit global du système.

9.2. Principe de décomposition des temps

Le Calcul du TRS se base sur une décomposition du temps calendaire (temps d'utilisation possible) en temps d'ouverture puis en temps exploité (temps d'engagement) puis en temps opérationnel (temps de production) et enfin en temps utile. (Voir figure 29)

Temps d'utilisation possible	Temps de fermeture	Temps durant lequel l'entreprise est fermée			
	Temps d'ouverture	Temps de sous-charge	Absence de commandes		
		Temps d'engagement	Temps d'arrêt induits	-Absences -Rupture Matières premières -Coupure courant	
			Temps d'arrêt Propres	-Pannes électriques et mécaniques -Réglage -Nettoyage -Changement de série -Changement de matière	
	Temps de production	Temps d'écart d'allure	Temps perdu du au non respect des gammes		
		Temps de non-qualité	Temps passé à produire des rebuts		
		Temps utile	Temps théorique de production conforme		
TRS = Temps utile/Temps d'engagement					

Figure 23 : Principe du TRS

Le TRS mesure le ratio **Temps utile / Temps d'engagement**.

Sur la base de cette même décomposition, il est aussi possible de mesurer le TRE (Taux de Rendement Economique) = **Temps utile / Temps d'utilisation possible**.

Le TRE est un indicateur "stratégique" d'engagement des moyens, reflétant notamment l'intensité d'utilisation des investissements.

10. Conclusion

Retenons de ce chapitre que tout système subit au moins une contrainte, sans quoi il serait en mesure d'atteindre indéfiniment des performances élevées.

Plutôt que d'investir dans des capacités et moyens supplémentaires, on peut chercher à :

- dégouloter la contrainte,
- libérer de la capacité gaspillée,
- gérer le système en fonction de la capacité de la contrainte.

Dans la suite de ce mémoire, nous revenons à notre cas d'étude. Nous allons commencer par une étude de l'existant, ensuite nous allons détecter le goulot du système de production à CATEL, et enfin, nous définirons des actions pour l'amélioration de la productivité globale.

CHAPITRE 4 Etude de l'existant

« Des concepts sans intuitions sont vides. »

[Emmanuel Kant]

1. Introduction

Durant les tous premiers jours passés en entreprise, nous avons mené plusieurs visites dans les ateliers de production de CATEL et avons posé des questions sans adopter une démarche préalablement préparée.

Ce faisant, on s'est retrouvés confrontés à une masse d'informations et de données sans réellement savoir quelles allaient être les informations les plus pertinentes pour la suite de notre projet, ou plus généralement quelles conclusions allait-on en tirer.

D'autre part, la production chez CATEL ne nous semblait pas facilement appréhendable. Certaines questions nous restaient toujours posées: s'agit-il d'une production en continu ? d'une production pour stock ? d'un pilotage en MRP ? ... il n'était pas évident de spécifier les caractéristiques du système de production.

Cela nous a rapidement amenés à prendre un recul pour préparer une démarche structurée pour l'étude de l'existant.

L'état de l'art que nous avons exposé dans le chapitre 2 nous apporte la base théorique nécessaire pour structurer les informations clés à rechercher en fonction de notre objectif.

Nous expliquons dans ce chapitre, l'approche adoptée pour notre étude de l'existant et son déroulement à CATEL.

2. Objectif

Notre premier objectif dans ce projet est d'analyser le système de production en place en vue d'identifier le goulot d'étranglement.

Avant d'aborder proprement l'étape de détection du goulot, il est essentiel de se doter d'une bonne connaissance de l'environnement industriel de CATEL.

A ce titre, l'étude de l'existant constitue l'étape préalable qui nous permet de cerner les caractéristiques globales du système de production en place.

Nous avons choisi de nous intéresser au système de production selon deux aspects.

Le premier aspect est relatif à la structure physique du système ; le deuxième a trait au modèle de pilotage de flux utilisé.

Les conclusions faites à l'issue de ce chapitre nous apporteront une connaissance claire du système de production en place et des règles qui régissent le flux physique.

Nous présentons dans cette suite la démarche générale que nous avons suivie pour mener l'étude de l'existant à CATEL.

3. Démarche générale

Notre démarche générale pour mener l'étude de l'existant se résume en trois étapes: la préparation ; la réalisation (collecte de l'information) ; et la synthèse des informations.

a) La préparation

La préparation de l'étude de l'existant est importante, elle consiste à :

- Définir l'approche de l'étude de l'existant : il s'agit de se rappeler l'objectif général du projet et de déterminer en fonction de ce dernier les informations pertinentes qu'il faudra chercher pour mener confortablement la suite du projet.
 - Préciser le périmètre physique et temporel : il s'agit de répondre aux questions : A quel processus s'intéresse-t-on ? dans quel intervalle de temps ?
 - Choisir le niveau de détail : cela est à définir en fonction de la précision souhaitée, donc en fonction de l'objectif recherché.
 - Préparer les documents supports (questionnaire, grille d'analyse,...) qui constitueront par la suite la référence sur le terrain pour cibler les informations à collecter.
- De façon générale, préparer tout ce qui peut aider à cadrer le travail de terrain et contribuer à structurer l'information.

b) La réalisation

Cette étape consiste à mettre en œuvre le travail préparé dans la précédente étape.

Ceci va se matérialiser par des :

- Visites de terrain : visites des ateliers de fabrication et des zones de stockages en prenant tout le périmètre physique défini dans l'étape de préparation.
- Interview des opérationnels : les échanges portent sur les thèmes listés dans l'étape de préparation en tenant compte du niveau de détail recherché.

Pendant l'étape de réalisation, les supports préparés lors de l'étape de préparation seront essentiels.

c) Synthèse des informations

Une fois l'étape de réalisation accomplie, on synthétisera l'ensemble des informations recueillies. Cette synthèse nous donnera la description recherchée du système de production.

4. Application de la démarche

Suivant la démarche générale qu'on vient d'expliquer, nous déroulerons dans ce paragraphe les trois étapes de l'étude de l'existant appliquée dans le cadre de notre projet.

4.1. L'étape de préparation

L'étape de préparation consiste à définir quatre éléments : l'approche de l'étude de l'existant, le périmètre, le niveau de détail, et les documents supports.

4.1.1. Définition de l'approche

Il convient, sur ce point, de rappeler l'objectif général du projet.

Notre objectif final est d'améliorer le débit de production de l'usine.

Pour cela, nous voulons identifier le goulot d'étranglement qui limite le flux du système de production.

Pour identifier le goulot, il est important de comprendre la structure physique et les règles qui régissent les flux du système.

Nos premières visites à CATEL nous ont fait comprendre l'interdépendance et la complexité des processus de production de l'usine. Nous avons estimé important de préparer une approche structurée qui nous permet d'appréhender cette complexité.

Nous avons structuré une approche d'étude de l'existant selon les deux aspects qui nous intéressent :

- Le premier aspect vise la caractérisation générale du système industriel de l'entreprise. (Nous décrivons l'installation industrielle, la complexité des flux et des processus de production, le niveau de diversité des produits, la relation vis-à-vis du client...etc)
- Le second aspect vise la construction d'une vision globale des mécanismes de pilotage des flux. (Flux poussés ou flux tirés, points de pilotage...etc).

Il s'agit sur ce point d'intégrer le fait que les performances du système de production dépendent aussi intimement de l'adéquation des méthodes de pilotage pratiquées avec les caractéristiques physiques du système piloté.

L'étude de l'existant constitue ainsi une matière riche d'informations pour l'étape de l'identification du goulot d'étranglement.

❖ Remarque

Nous nous situons lors de notre étude de l'existant dans une approche « descriptive ».

Contrairement à ce qui se ferait lors d'un diagnostic de la fonction production, on ne recherche pas à mesurer des écarts et à évaluer des dysfonctionnements dans le système de production, mais plutôt à connaître simplement ses caractéristiques industrielles et organisationnelles.

4.1.2. Périmètre

A partir de l'objectif et du périmètre du projet (cf. Chapitre 1), nous avons défini le périmètre de l'étude de l'existant.

- En termes de périmètre physique, nous avons convenu de nous intéresser uniquement au processus de production du câble en cuivre.
- En termes de périmètre temporel, nous nous intéressons à la situation de l'entreprise en 2011. L'idée est de considérer la structure actuelle de l'entreprise et non pas un historique qui n'aurait plus de pertinence¹¹.

4.1.3. Niveau de détail

Pour l'objectif qui est d'identifier le goulot, l'étude de l'existant vise à rester au niveau global. Une analyse détaillée serait une opération longue, consommatrice de temps et de ressources, et nous occulterait la vision globale recherchée.

Nous pensons donc qu'il est nécessaire de rester à un niveau de détail «macroscopique», car ce qui est ciblé c'est de comprendre les flux, les processus, et les interfaces entre processus.

4.1.4. Documents supports

Il s'agit sur ce point de préparer les documents supports qui constitueront la référence pour cibler les informations à collecter sur le terrain.

Dans notre cas d'étude, la préparation des documents supports s'inspire en large partie de l'état de l'art que nous avons exposé dans le chapitre précédent (Chapitre 2).

A ce titre, les questions auxquelles nous cherchons à répondre sont entre autres :

- Quel est le type du système de production en place :
 - Sur le plan de l'organisation des ressources?
 - Sur le plan de la relation avec le client ?
 - Sur le plan de la classification V.A.T ?
- Quel est le niveau de complexité des flux ? Quels sont les processus de production de l'usine?
- Où se situent les points de pilotage de flux dans le système ?
- Quelle est la nature de l'information sur la demande ?
- Quelle est l'approche/Méthode de pilotage des flux physiques (flux poussés, flux tirés, MRP, ...etc) ?

La collecte des informations sur le terrain, dans l'étape de réalisation, doit donc se concentrer sur les éléments qui permettent de répondre à ces questions.

Le document support que nous avons utilisé pour la collecte de l'information est une grille d'analyse.

¹¹ Un goulot d'étranglement peut très bien se déplacer d'une année à une autre (à la suite d'un investissement, par exemple), d'où l'intérêt de considérer la période la plus récente.

Cette grille est structurée de manière à intégrer les questions listées précédemment. Elle est présentée dans le tableau suivant (tableau 4).

		Information recherchée	Cible de recherche
1. Caractéristiques générales du système industriel	a.	Macro-processus de production	Manuel qualité – processus de production
	b.	Organisation des ressources	Agencement Parc machines
	c.	Variété des produits (Complexité des flux)	Catalogue des produits
	d.	Variété de la demande	Répartition de la demande en fonction des références de produit.
	e.	Cartographie des processus et Gammes de fabrication	Service Méthodes
	f.	Classification du système de production selon la relation avec le client	Vente sur stock/Vente à la commande
	h.	Classification V.A.T	Variété des produits + Variété des Matières premières
	2. Mode de pilotage des flux physique	a.	Point de pilotage
b.		Type d'information sur la demande	Pratiques du service commercial
c.		Approche/ Méthode de pilotage du flux de production	Pratiques du service planning

Tableau 4 : Grille d'analyse

La grille d'analyse est structurée de la manière suivante :

- Une première partie consacrée à la caractérisation générale du système étudié : caractérisation du processus, du produit fabriqué, et de l'organisation en place.
- Une deuxième partie qui est consacrée au mode de pilotage du flux physique (nature de la demande, point de pilotage, et approche de pilotage).

4.2. L'étape de réalisation

A cette étape, nous allons aborder point après point tous les éléments qui figurent dans la grille d'analyse.

4.2.1. Caractéristiques générales du système de production

a) Macro-processus de production

Le macro-processus de production du câble en cuivre comporte 4 phases.

Les entretiens que nous avons eus avec les opérationnels de la production nous ont permis de définir les entrées et sorties de chaque phase du processus.

Le tableau 5 résume les informations obtenues :

		Entrées	Sorties
1	Tréfilage	Fil en cuivre φ8mm	Fil en cuivre φ1.78mm/φ2.54mm
2	Isolation	Fil en cuivre φ1.78mm/φ2.54mm	Bobines de fil isolé φ0.6mm/φ0.8mm/0.9mm
3	Assemblage	Bobines de fil isolé	Câble assemblé
4	Gainage	Câbles assemblé	Câble Gainé

Tableau 5 : Macro-processus de production

b) Organisation des ressources

L'organisation de la production à CATEL est du type **Organisation par ateliers spécialisés**.

Les équipements assurant une même fonction sont réunis en un même endroit.

On peut aussi préciser qu'il s'agit d'un **Job shop** ; la cartographie des processus, qu'on aborde dans la suite de ce paragraphe, permet de visualiser que les produits circulent d'atelier en atelier suivant un routage correspondant à leur gamme de fabrication et que l'itinéraire emprunté par deux produits différents n'est pas toujours identique.

Dans le parc machines destiné à la production du câble en cuivre, CATEL dispose de **29** équipements de production répartis comme suit :

Tréfilage	1 équipement
Isolation	5 équipements
Assemblage	18 équipements
Gainage	5 équipements

Tableau 6 : Moyens matériels

La figure suivante illustre le macro-processus et l'organisation des ressources.

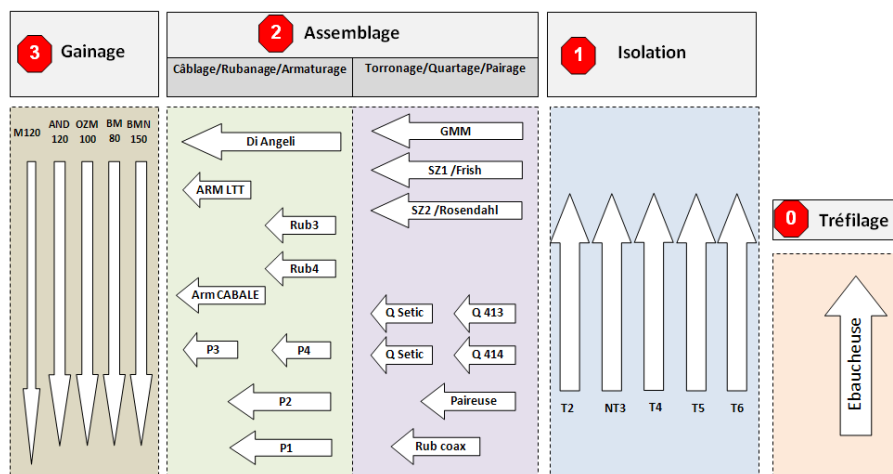


Figure 24 : Processus et organisation des ressources

(Ce schéma est visualisable en agrandi en annexe. Voir **Annexe 1**)

L'usine CATEL comporte quatre ateliers correspondant aux quatre phases du processus :

- **L'atelier Tréfilage**

On y retrouve un seul équipement appelé « Ebaucheuse » qui assure l'opération de tréfilage.

- **L'atelier Isolation**

On y retrouve (05) lignes d'isolation appelées : T2, NT3, T4, T5, T6. On y réalise l'isolation du fil en cuivre par une couche de polyéthylène. Cet atelier fournit les bobines de fil isolé en (11) couleurs différentes à l'atelier aval (Atelier assemblage).

- **L'atelier Assemblage**

Cet atelier contient (18) équipements d'assemblage. Il a pour fonction d'assembler les fils en cuivre isolés qui proviennent de l'atelier amont.

Cependant, les équipements de l'assemblage n'assurent pas 'exactement' la même opération.

En ce sens que la manière d'assembler diffère d'un produit à un autre, et les opérations ne se réalisent pas forcément sur les mêmes équipements.

Dans le tableau suivant, on établit une classification des équipements selon l'opération réalisée :

Atelier Assemblage	
Opération	Nombre d'équipements et codification
Torrinage (Assemblage en torrons)	3 équipements (GMM, SZ1, et SZ2)
Quartage (Assemblage en Quartes)	4 équipements (Setic1, Setic2, Q413, et Q414)
Pairage (Assemblage en paires)	1 équipement (Paireuse)
Câblage (Assemblage en faisceaux)	3 équipements (P1, P2 et Di Angeli)
Rubanage (pose d'un ruban)	5 équipements (P3, P4, RubCoax, Rub3, et Rub4)
Armaturage (pose d'une armature)	2 équipements (Cabalé, et LTT)

Tableau 7 : Equipements de l'atelier assemblage

- **L'atelier Gainage**

Cet atelier comporte 5 lignes de gainage (M120, AND120, OZM100, BM80, et BMN 150). Il a pour fonction le revêtement final du câble. C'est-à-dire, l'enrobage à chaud en polyéthylène.

Les lignes de gainage n'ont pas toutes le même niveau de flexibilité; la possibilité de réaliser le gainage d'un câble sur une ligne donnée dépend du type de câble. Par exemple, certaines lignes de gainages sont uniquement dédiées au gainage des câbles de grande épaisseur¹².

c) Variété des produits (Complexité des flux)

Après avoir décrit le macro-processus et l'organisation des ressources de l'usine, nous nous intéressons à la complexité des flux physiques parcourant le système de production.

Selon [Baglin et al.2001], le niveau de complexité des flux dans un système de production est traduit par la variété de ses produits.

Pour connaître la variété de produits qu'offre CATEL, nous avons consulté le catalogue des produits de 2011. (Voir **annexe 7**)

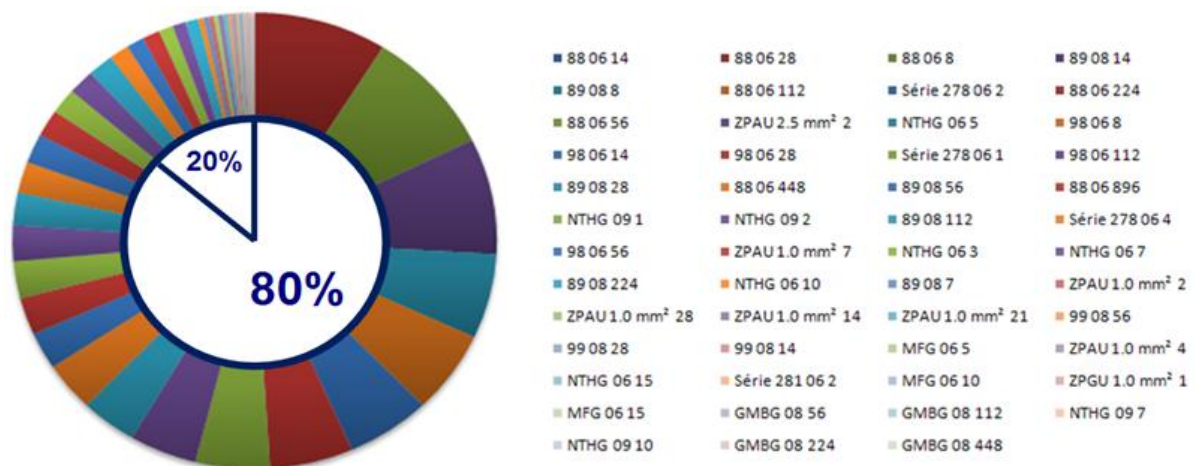
Pour l'offre « Câble en cuivre », il existe **plus d'une centaine** de références différentes. Toutefois, pour le programme de production annuel de 2011, seulement une cinquantaine de références sont prévues. (Programme de production 2011, Voir **Annexe 2**).

d) Variété de la demande

L'offre de CATEL étant caractérisée par une diversité relativement élevée, il est intéressant d'en mesurer la variété de la demande. Pour cela, on classe les produits en deux catégories. Les références à forte demande et les référence à faible demande.

Pour estimer la demande, nous nous sommes basés sur le programme de production annuel de l'entreprise.

Le graphique suivant illustre la répartition de la demande sur les 51 références composant le programme de production de 2011 (pour plus de détails, voir **Annexe 2**) :



Graphique 2 : Variété de la demande

Le programme de production de 2011 prévoit **51** références.

¹² La terminologie utilisée en usine parle de « grande capacité » plutôt que de « grande épaisseur »

A partir du graphique 2, on remarque que **17** références représentent **80%** du volume de la demande. Les 34 références restantes n'en représentent que 20%.

❖ Note : Les produits sont listés suivant la codification suivante :

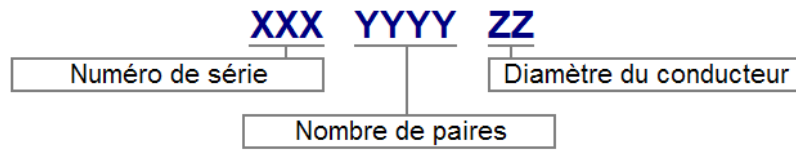


Figure 25 : Codification du produit CATEL

e) Cartographie des processus et gammes de fabrication

Après avoir caractérisé l'organisation de l'usine, et présenté la diversité de l'offre et de la demande, nous nous concentrons désormais sur le cœur du système de production pour connaître les circuits parcourus pour la fabrication de chaque référence.

Pour ce faire, nous avons schématisé la cartographie des processus de production.

Etant donné que de telles représentations n'existaient pas, nous les avons constitués en collaboration avec les opérationnels de la de production à CATEL.

Le nombre de références étant considérable, et la fabrication de chaque référence pouvant emprunter plusieurs itinéraires possibles, ce travail nous a été fastidieux et consommateur en temps.

Suite au recueil des cartographies, nous avons représenté les nomenclatures et mesuré les temps de passages sur chaque poste pour établir les gammes de fabrication.

Le résultat de ce travail peut être retrouvé en Annexe (voir **Annexe 3**), on y expose les processus détaillés pour les **51** références figurant au programme de production de 2011.

La nomenclature des produits peut être retrouvée en annexe. (Voir **annexe 4**)

Le diagramme de flux suivant est la meilleure synthèse que nous avons déduite de la cartographie des processus.

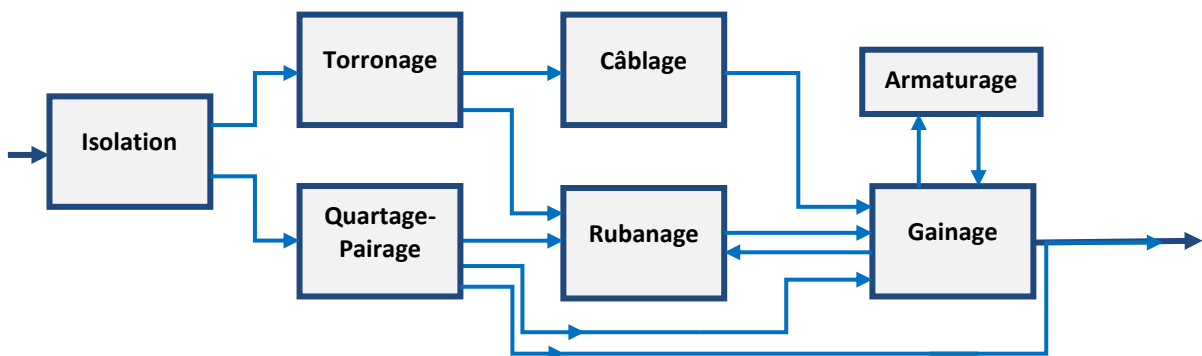


Figure 26 : Diagramme des flux de production

f) Classification du système de production selon la relation avec le client

Connaissant la complexité des flux physiques du système de production, il est intéressant de comprendre comment cette complexité est gérée au travers de la relation avec le client.

S'agit-il d'une vente sur stock? ou d'une production à la commande ?

L'interview que nous avons eue avec le responsable commercial de CATEL nous a permis de comprendre que l'usine ne produit qu'**à la commande**. En ce sens qu'il y a absence de stock commercial. Ce mode de fonctionnement est justifié par le coût relativement élevé du cuivre (6000 USD/Tonne), et surtout par le contexte de variété qui caractérise l'offre de l'entreprise. L'autre raison est que le délai de mise à disposition correspondant au délai de production est généralement accepté par le client de CATEL.

g) Classification V.A.T du système de production

En plus de la description qu'on vient d'établir, une connaissance préalable de la typologie du système de production selon la classification V.A.T peut nous orienter efficacement dans la recherche du goulot d'étranglement.

Dans notre cas, nous avons constaté qu'un nombre restreint de matériaux (Cuivre+Polyéthylène) passe par plusieurs points de divergence conduisant à un vaste éventail de produits finis (plus de 100 références).

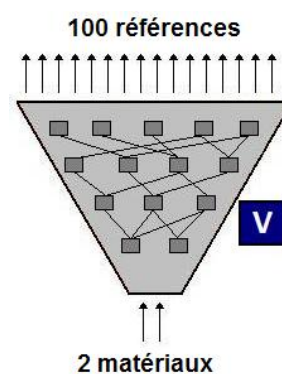


Figure 27 : Production de type V

Cette divergence progressive est caractéristique d'une production de **type V**.

Cette information sera exploitée plus loin.

4.2.2. Mode de pilotage du flux de production

A présent, nous abordons la caractérisation du mode de pilotage du flux de production à CATEL. Pour cela, Nous identifions tout d'abord les points de pilotage de flux dans le processus de production ; nous décrivons le type d'information sur la demande utilisée pour le pilotage ; et terminons enfin par définir l'approche de pilotage en place.

a) Points de pilotage

Les points de pilotage sont les endroits où se prend la décision de déclencher le flux physique. Pour identifier le point de pilotage des flux, nous avons sollicité le service chargé du planning.

En interprétant une feuille d'ordre de fabrication qui nous a été fournie (Voir **annexe 5**), on arrive à remarquer que le calcul des besoins se situant le plus en amont concerne les bobines de fil isolé.

Cela signifie que le point de pilotage de flux de production se situe en amont de l'atelier Isolation. Etant donné que c'est à partir de l'isolation que commencent les activités de diversification des produits, en l'occurrence une différenciation physique par les couleurs, il est justifiable que le point de pilotage de la production soit positionné à cet endroit.

Un autre point de pilotage, celui-ci évident, est relatif à la décision d'approvisionnement en matière première. Il se situe tout en amont du processus.

La figure 21 schématise la localisation des points de pilotage :

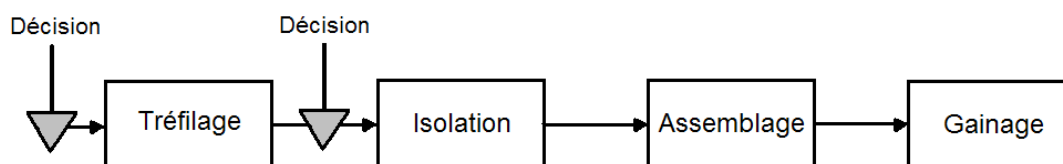


Figure 28 : Points de pilotage de flux

b) Type d'information sur la demande

Dans le chapitre 2, nous avons évoqué trois types d'information sur la demande : commandes fermes, commandes prévisionnelles, et prévisions sur la demande.

Dans notre cas, la structure commerciale de CATEL considère deux types d'information sur la demande.

- les commandes fermes : qui représentent un engagement fiable et définitif du client.
C'est le cas pour la plus grande part de la demande.
- les commandes prévisionnelles : qui représentent des demandes exprimées par le client mais qui restent à confirmer ou à ajuster avec des commandes fermes.

Ces deux informations réunies constituent le carnet de commandes de l'entreprise (Voir **Annexe 6**, pour un exemple).

Ce sont uniquement les commandes fermes qui déterminent la décision de déclencher la production. Les commandes fermes sont généralement formulées par un gros client qui conclue un contrat avec CATEL. Ces commandes fermes ont l'avantage d'être fiables et connues suffisamment à l'avance. Cela donne, en théorie, un certain confort à la production.

Par ailleurs, l'intérêt de réunir les commandes fermes avec les commandes prévisionnelles est de pouvoir établir le programme annuel des approvisionnements.

c) Approche/ Méthode de pilotage des flux physiques

Après avoir identifié les points de pilotage des flux et déterminé le type d'information sur la demande utilisée à CATEL, il est maintenant plus simple de reconnaître l'approche de pilotage des flux utilisée par l'entreprise.

La localisation des points de pilotage permet de visualiser l'existence de deux maillons dans le processus. (Voir Figure 21).

Un premier maillon qui se réduit à l'atelier de Tréfilage.

Un second maillon qui regroupe les ateliers : Isolation, Assemblage, et Gainage.

Deux approches de pilotage différentes sont utilisées dans les deux maillons.

Dans le premier maillon, le pilotage s'occupe de renouveler la consommation de cuivre tréfilé du poste aval (Isolation). Le flux est tiré. La méthode utilisée est la gestion de stock.

Dans le second maillon, le pilotage se fait par anticipation des besoins futurs (flux poussé) sur la base des commandes fermes.

Le pilotage des flux est centralisé. La méthode utilisée de manière implicite est le MRP. On entend par le terme « implicite » que la structure du MRP tel qu'il est présenté en théorie n'est pas clairement formalisée. Le calcul des besoins est réalisé par le biais d'un programme informatique qui intègre les nomenclatures de chaque produit.

Cependant, l'ajustement charge-capacité est effectué qualitativement. L'absence de gammes de fabrication formalisant les temps opératoires est une des raisons à l'origine de la pratique qualitative.

La figure 22 schématise les méthodes de pilotage de flux utilisées à CATEL :

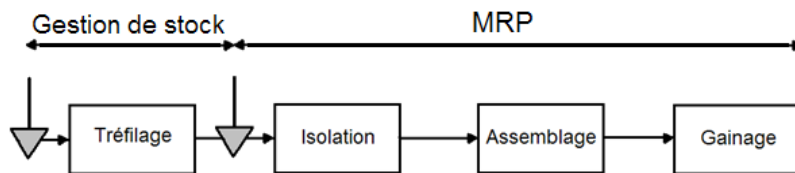


Figure 29 : Méthode de pilotage /CATEL

4.3. L'étape de synthèse des informations

La réalisation de l'étude de l'existant est achevée. Nous reprenons la grille d'analyse de départ et récapitulons l'ensemble des réponses apportées.

		Information recherchée	Résultat
1. Caractéristiques générales du système industriel	a.	Macro-processus de production	Annexe 1
	b.	Organisation des ressources	<p style="text-align: center;">Organisation par ateliers spécialisés (Job Shop)</p> <p style="text-align: center;">Annexe 1 + Annexe 3</p>


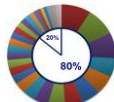
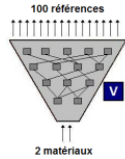
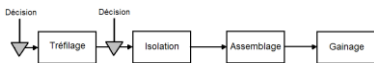
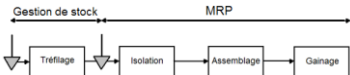
2. Mode de pilotage des flux physique	c.	Variété des produits (Complexité des flux)	100 références au catalogue Annexe 7 
	d.	Variété de la demande	Une répartition en 20-80 Annexe 2 
	e.	Cartographie des processus, nomenclatures et Gammes de fabrication	Annexe 3 et Annexe 4
	f.	Classification du système de production selon la relation avec le client	Production à la commande
	g.	Classification V.A.T	Production de type V 
	a.	Point de pilotage	Amont Tréfilage + Amont Isolation 
	b.	Type d'information sur la demande	Commandes fermes et prévisionnelles
	c.	Approche/ Méthode de pilotage du flux de production	Gestion de stock + MRP 

Tableau 8 : Synthèse des informations

La grille d'analyse étant complétée, nous avons désormais une connaissance claire des caractéristiques du système de production et des mécanismes de pilotage de flux à CATEL.

Rappelons que le travail qui est relaté dans ce chapitre se veut une étape préalable pour ensuite aborder la détection du goulot d'étranglement de manière méthodologique et en bonne connaissance de l'environnement industriel en place.

- La connaissance du macro-processus et de l'organisation des ressources de production permet de visualiser globalement la capacité de production installée et les dépendances existantes entre les ateliers.

- La connaissance de la variété de produits permet de comprendre la complexité qui caractérise les flux physiques circulants au sein de l'usine. Par, ailleurs, la mesure de la variété de la demande amène à constater que la demande sur 30% des produits représente 80% de la demande totale.
- Le travail de constitution de la cartographie des processus, des nomenclatures, et des gammes de fabrication nous a longuement occupés. Il nous sera d'une grande utilité pour la suite du projet, notamment pour établir un calcul des charges sur les centres de production de l'usine.
- La « production à la commande » nous permet de comprendre l'importance pour CATEL de fiabiliser le processus de production et de maîtriser les flux. La séparation par stock entre le client et la production n'existe pas et cela implique que tout dysfonctionnement interne se ressent inévitablement dans la qualité de service.
- La caractérisation de la production en « Production en V » nous aide à émettre des hypothèses pour la localisation du goulot dans le système.
- La connaissance des points de pilotage, et la caractérisation du mode de pilotage des flux nous aide à localiser et à comprendre les décisions de déclenchement des flux.

Toutefois, l'intérêt de caractériser le mode de pilotage de flux s'inscrit dans une démarche plus globale.

En effet, La logique qui voudrait identifier le goulot du système pour ensuite optimiser son débit vise en finalité à réadapter le mode de pilotage des flux en asservissant le flux du système au rythme du goulot.

Le présent projet s'attache surtout à accomplir les deux premières étapes de cette démarche, à savoir trouver le goulot et améliorer son débit.

5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous venons de rapporter l'étude de l'existant que nous avons menée à CATEL.

La valeur ajoutée première de l'étude de l'existant réside dans la vision globale qu'elle nous apporte sur le système de production. Les informations et les connaissances acquises dans cette partie nous seront d'une grande utilité pour identifier le goulot du système et pour choisir les actions d'amélioration adéquates.

En associant les principes de la TOC à la vision globale établie par l'étude de l'existant, nous allons dérouler dans le chapitre suivant la première étape de la démarche TOC, à savoir la détection du goulot.

CHAPITRE 5 Détection du goulot

« La simplicité n'a pas besoin d'être simple, mais du complexe resserré et synthétisé. »

[Alfred Jarry]

1. Introduction

Pour expliquer la démarche adoptée dans ce mémoire, récapitulons les points essentiels de notre travail.

Après avoir présenté l'entreprise et la problématique, nous avons choisi d'entamer une étude de l'existant. Pour cela un état de l'art dédié aux systèmes production et au pilotage des flux a été exposé au chapitre 2.

Sur la base des concepts exposés au chapitre 2, nous avons développé et déroulé, au chapitre 4, une démarche d'étude de l'existant que nous avons résumé dans un tableau de synthèse.

Dans le chapitre 3, nous avons présenté un état de l'art dédié à la théorie des contraintes.

A présent nous allons mettre en application, dans ce chapitre, la démarche de la théorie des contraintes¹³. La vision globale acquise lors de l'étude de l'existant nous rend cette tâche plus aisée que si nous l'avions de prime abord envisagée.

La première étape de la démarche TOC est l'identification de la contrainte du système (le goulot d'étranglement) ; C'est à ce travail que nous nous consacrons dans ce chapitre.

2. Premières approches pour la détection du goulot

L'identification du goulot est une étape clef de notre démarche.

Le système de production installé à CATEL est caractérisé par une complexité de flux, révélée lors de l'étude de l'existant, qui ne rend pas la détection du goulot évidente.

Il est important de nous assurer de trouver « **Le goulot** », sans quoi, toute action entreprise par la suite risque de rester stérile.

Il est tout aussi important d'identifier le goulot selon une démarche structurée et justifiée. Cela permet à CATEL de reproduire cette démarche à l'avenir. Car rappelons le, une fois le goulot identifié, son exploitation optimisée, et sa capacité éventuellement augmentée, il peut ne plus être **LA** contrainte du système. Il faut alors **recommencer** par une nouvelle identification de la nouvelle contrainte. C'est le processus de progrès permanent de la TOC.

Dans notre cas, nous avons suivi plusieurs pistes, chacune nous permettant de formuler des hypothèses et d'orienter nos recherches vers d'autres pistes.

Nous expliquons dans cette suite les approches que nous avons empruntées.

2.1 Approche par les stocks

Pour détecter un goulot d'étranglement, une piste classique consiste à analyser les stocks. En principe, les encours s'accumulent devant le goulot.

¹³ Démarche TOC : 1/Identifier la contrainte 2/L'exploiter 3/Subordonner 4/Augmenter 5/Recommencer à 1

Dans notre cas d'étude cela n'a pas été aussi simple que cela.

Durant les nombreuses visites menées dans les ateliers, des stocks d'encours se trouvaient devant les postes de fabrication. On pouvait un jour les retrouver devant un poste et le lendemain devant un autre. Il restait compliqué à vue d'œil de remarquer le goulot du système de cette manière.

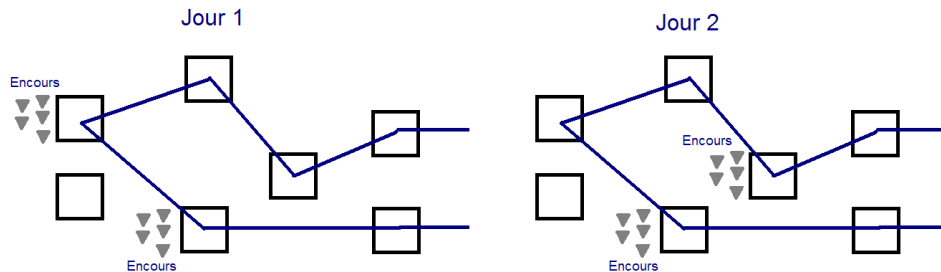


Figure 30 : Accumulation conjoncturelle de stocks

Ces encours s'accumulent en général de manière passagère lors d'un arrêt du poste correspondant en raison de divers aléas (rupture matières premières, pannes, ...etc).

L'accumulation passagère de stocks renvoie à l'existence de goulots passagers. Or, ce qui nous intéresse est d'identifier le goulot structurel qui représente la réelle contrainte du système.

Pour pallier à ce phénomène, il est envisageable d'analyser l'état des stocks d'encours sur une période suffisamment longue. Cela permettrait d'éliminer les fluctuations conjoncturelles et de mettre en évidence le poste critique responsable de l'accumulation des stocks d'encours.

Pour ce faire, il est nécessaire d'analyser la fréquence et le niveau d'accumulation des encours en amont de chaque poste. Cependant, dans notre cas, l'indisponibilité de données nous renseignant sur l'état des stocks d'encours rend cette approche inapplicable.

Par ailleurs, nous avons noté une remarque lors de l'étude de l'existant (cf. chapitre 4) qui suscite l'hypothèse suivante:

Nous avons pu observer que le mode de pilotage de flux en amont de l'atelier « Isolation » est de type « Gestion de stock ».

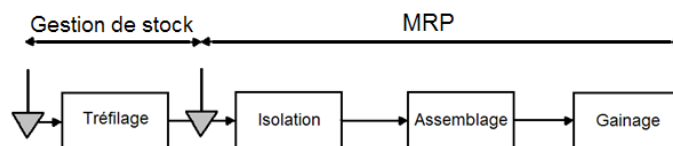


Figure 31 : Méthode de pilotage /CATEL

Bien que ce mode de gestion soit justifié par la diversification qui caractérise l'activité de l'atelier Isolation, nous pouvons supposer que cette raison ne soit, à l'origine, pas la seule.

On peut alors penser que l'origine du stock serait due historiquement à une accumulation des encours en amont de cet atelier.

Dans ce cas, il serait **probable que l'atelier Isolation soit le goulot** du système ; le stock situé à son amont serait en place pour prévenir les ruptures d'approvisionnement¹⁴.

2.2 Approche par analyse des inaktivités

Cette deuxième approche consiste à dire qu'un goulot aura tendance à souvent livrer ses produits en retard. Par conséquent, les postes qui dépendent de l'approvisionnement en ses produits seront **inactifs** à chaque fois qu'il y a des manquants.

Plus simplement, les inaktivités seront souvent occasionnées par des goulots se trouvant en amont. (Voir figure 32).

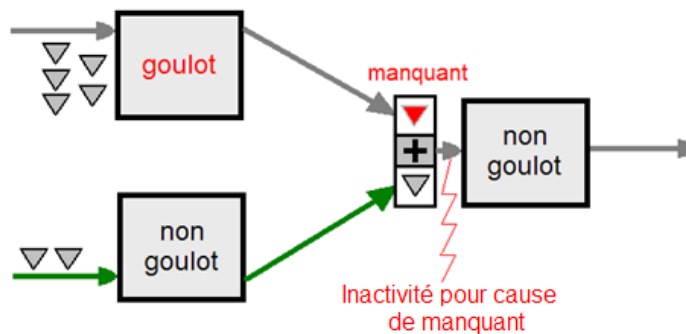


Figure 32 : Approche par inaktivités dues aux manquants

La caractéristique du processus de production à CATEL fait qu'une inaktivité peut être causée aussi bien par l'amont que par l'aval. Il existe certaines activités dans le processus (dont Isolation et Assemblage) qui nécessitent un retour d'unités de conditionnement pour être activées. Ces unités de conditionnement sont les bobines vides. (Voir figure 33)

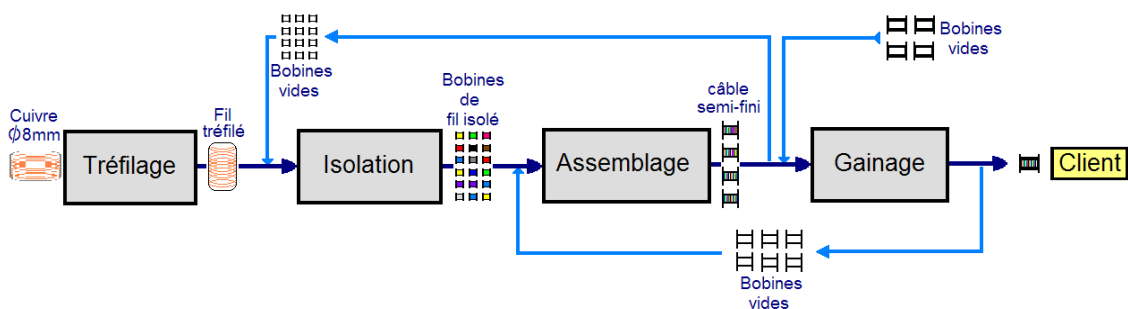


Figure 33 : Flux physique du macro-processus de production/CATEL

Remarque : Il ne s'agit pas là d'une gestion par Kanban, mais seulement d'un retour de ressources renouvelables. Le Kanban implique que des tickets accompagnent les unités de conditionnement et participent à piloter le flux de production. Ce n'est pas le cas à CATEL.

¹⁴ Dans cette hypothèse, le goulot serait l'atelier isolation et le stock en amont permettrait de prévenir les ruptures d'approvisionnement et maximiser l'utilisation du goulot.

Cette particularité du processus de production implique que l'occurrence d'une inactivité peut être due soit à une lenteur du poste en amont, soit à celle du poste en aval.

A titre d'exemple, une inactivité de l'atelier Assemblage peut avoir pour raison :

- Une lenteur de l'atelier Isolation qui n'approvisionne pas assez l'atelier Assemblage en bobines de fil isolé, (Voir figure 34)

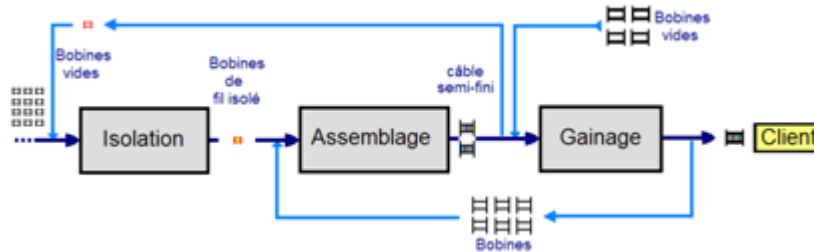


Figure 34 : Inactivité due à une lenteur en amont (Isolation)

- Ou bien une lenteur de l'atelier Gainage qui empêche le retour de bobines vides vers l'atelier Assemblage. (Voir figure 35)

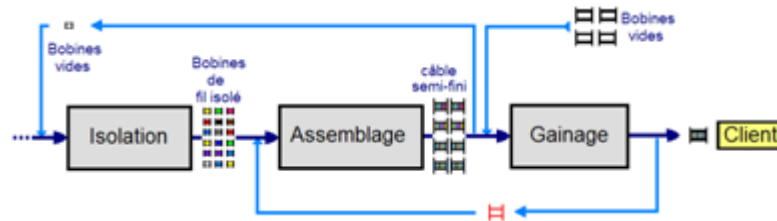


Figure 35 : Inactivité due à une lenteur en aval (Gainage)

On voit bien que dans le premier cas les encours s'accumulent devant l'atelier Isolation (le goulot se trouverait à l'Isolation), dans le deuxième c'est devant l'atelier Gainage (le goulot serait au Gainage).

Sur cette idée, il nous suffirait, pour détecter le goulot, d'analyser l'état des inactivités des centres de production, puis de classer les causes d'inactivités en distinguant celles qui sont dues à l'amont (produit semi-fini manquant) et celle dues à l'aval (manque de bobines vides).

Pour mettre en application cette idée, nous avons analysé l'historique des arrêts machine.

Le tableau contenant l'ensemble des arrêts est structuré de la manière suivante :

Nom de l'équipement	
Arrêts indépendants du processus	Arrêts dépendants du processus
<ul style="list-style-type: none"> - Absences- retards - Pannes mécaniques - Pannes électriques - Rupture Matière première - Coupure de courant - <u>Autres arrêts indépendants du processus</u> 	<ul style="list-style-type: none"> - Soudure des casses-fils - Chauffage de l'équipement - Changement de réglage - Autres arrêts dépendants du processus

Tableau 9 : Classification des arrêts machines CATEL

En interrogeant les opérationnels qui relèvent les temps d'arrêt, on a constaté que les inactivités, qu'elles soient dues à l'amont (composants manquants) ou à l'aval (manque de bobines vides), sont comptabilisées dans la rubrique « Autres arrêts indépendants du processus ».

Cette information se présente de manière agrégée et la traçabilité souhaitée n'est pas disponible. C'est-à-dire qu'il n'est pas possible de distinguer les inactivités causées par l'amont des inactivités causées par l'aval.

Cela rend alors la présente approche tout aussi inapplicable que la première.

Toutefois, pendant la durée passée en usine, nous avons assisté au phénomène décrit précédemment dans la figure 35.

Un arrêt survenu à l'atelier gainage a provoqué une accumulation de stocks provenant de l'assemblage. Le retour des bobines pour l'assemblage n'était plus assuré, ce qui a engendré l'arrêt de l'assemblage. L'arrêt de l'assemblage crée une accumulation des stocks provenant de l'isolation, et le retour des bobines pour l'isolation n'est plus assuré. Par conséquent, l'atelier Isolation, à son tour, devient contraint à devenir inactif. En définitive, tout le processus de l'usine devient bloqué.

Si ce phénomène s'avère relativement fréquent, **l'atelier gainage représenterait le goulot du système**. Cela reste uniquement une hypothèse, car notre observation est tronquée et nous renvoie peut être vers un goulot qui n'est que passager. Nous cherchons à identifier le goulot structurel du système.

2.3 Approche par interview des opérationnels

Pour soutenir les hypothèses précédentes, une autre approche consiste à interviewer les acteurs de la fonction production. Ils ont une longue expérience dans l'usine, ils connaissent leur processus et peuvent nous faire part de leurs hypothèses sur le goulot du système.

L'interview des opérationnels de la production à CATEL fait ressortir l'hypothèse **que le goulot d'étranglement est situé au niveau de l'atelier Isolation**.

Cette affirmation repose sur le constat que très souvent les postes en aval de l'atelier isolation se retrouvent inactifs en attente que des bobines de fil isolé leurs soient livrées.

Dans certains processus, l'assemblage requiert le chargement de 56 bobines de fil isolé, l'assembleuse¹⁵ se retrouve alors inactive pendant tout le temps nécessaire pour la fabrication de 56 bobines à l'atelier Isolation (voir figure 36).

L'hypothèse que l'atelier Isolation soit LE goulot reste avancé avec réserve.

¹⁵ Il existe trois assembleuses à l'usine, dans l'**annexe 1** on les retrouve sous la codification : GMM, SZ1, et SZ2

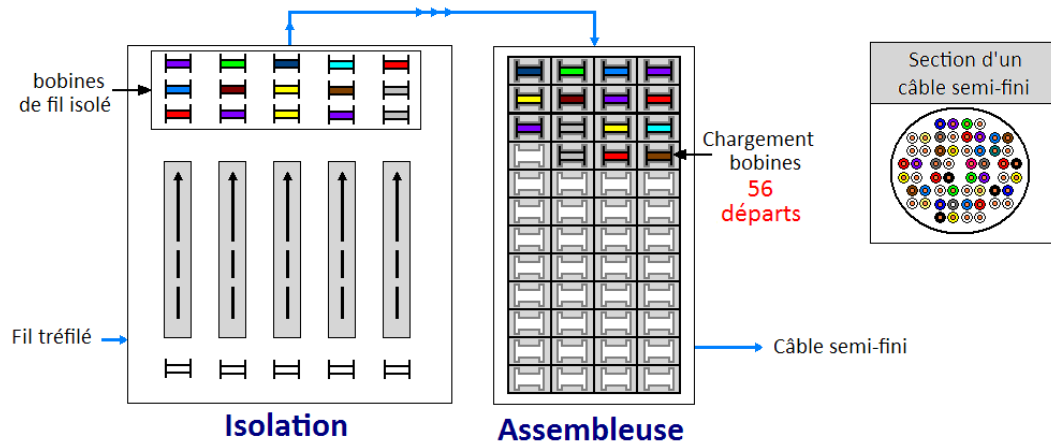


Figure 36 : Relation Isolation – Assemblage

Remarque : Au fil des années, la demande sur les produits varie et de nouveaux investissements pour augmenter les capacités sont réalisés. Ces deux facteurs peuvent induire un déplacement prévu ou imprévu du goulot d’une période à une autre.

C’est pour cette raison que nous considérons prudemment toutes les hypothèses formulées.

2.4 Approche par analyse des investissements en capacité

Nous venons de préciser qu’un investissement en capacité représente un facteur pouvant induire le déplacement -prévu ou imprévu- du goulot.

Cette idée est à l’origine de l’approche par analyse des investissements en capacité.

On peut considérer que les investissements dans l’installation industrielle viennent souvent répondre à un déficit de capacité rencontré sur certains centres de production.

On se propose alors d’analyser l’historique des investissements réalisés dans une période récente. Cela pourrait nous aider à formuler des hypothèses pertinentes sur la localisation du goulot.

La liste des investissements réalisés en 2010 et 2011 est donnée en annexe (Voir **Annexe 8**).

Nous en résumons à travers la figure suivante les plus importants :

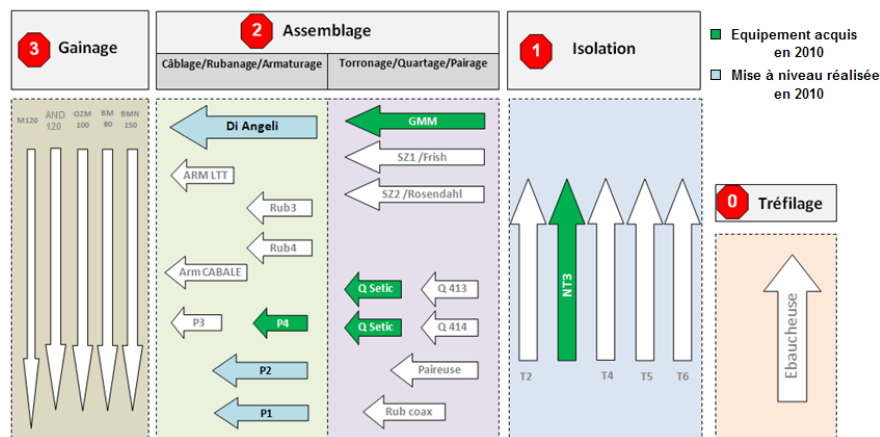


Figure 37 : Investissement en capacité de l’exercice 2010

L'atelier Isolation a bénéficié d'un investissement en 2010 par l'acquisition d'une nouvelle ligne d'isolation (*NT3*). Cette ligne se caractérise par sa flexibilité, en ce sens qu'elle peut produire différents diamètres de fil de cuivre isolé. Elle a été acquise pour soutenir les autres lignes d'isolation dont la production annuelle n'était pas suffisante.

L'atelier Assemblage a connu plusieurs investissements en 2010.

L'assembleuse *GMM* a été acquise pour renforcer la position de l'assembleuse *SZI/Frish* dont le taux de qualité devenait insatisfaisant. Plusieurs non-conformités étaient relevées à la sortie de cet équipement.

L'acquisition de deux quarteuses¹⁶ *Setic1* et *Setic2* représente un apport en capacité aux quarteuses *Q413* et *Q414* devenues vieillissantes.

L'acquisition de la câbleuse *P4* et la mise à niveau des câbleuses *P1*, *P2*, et *DI Angeli* viennent aussi renforcer la position de l'atelier assemblage en matière de câblage.

Une analyse qualitative des investissements réalisés en 2010 amène à remarquer une concentration de l'apport en capacité sur l'atelier assemblage.

La ligne supplémentaire dans l'atelier Isolation représente elle aussi un apport en capacité considérable ; il s'agit d'une nouvelle ligne qui vient s'ajouter en parallèle aux lignes présentes précédemment.

Il est vraisemblable que ces investissements viennent compenser un déficit de capacité constaté dans ces ateliers. Par conséquent, on formule l'hypothèse que le goulot se déplacerait en 2011 du côté de l'atelier Tréfilage ou de l'atelier Gainage.

Une discussion avec le demandeur de l'étude a permis d'ajouter une précision à cette hypothèse :

La capacité disponible en tréfilage couvre largement la charge annuelle de l'usine. Preuve en est que cet atelier fonctionne à 2x8h contrairement au reste des ateliers qui le sont à 3x8h. Par ailleurs, l'activité de tréfilage constitue une prestation auxiliaire de l'entreprise, elle peut parfaitement être sous-traitée si nécessaire. A l'inverse, les activités d'isolation, d'assemblage et de gainage représentent le cœur de métier de l'entreprise.

Nous nous concentrons dans le reste de cette étude sur ces trois activités.

Nous retenons de ce paragraphe **l'hypothèse de retrouver le goulot à l'atelier Gainage.**

L'ensemble des hypothèses formulées jusqu'à présent restent tant approximatives que différentes. Pour avoir une identification fiable du goulot, il s'avère nécessaire d'établir une analyse fine basée sur le calcul des rapports charges/capacités.

¹⁶ Quarteuse : Equipement produisant des quartes, un assemblage de quatre fils de couleurs différentes.

3. Approche par modélisation et rapports charge/capacité

L'ultime approche que nous avons suivie est par modélisation des processus et calcul des rapports charge/capacité.

Cette approche est très simple dans son principe, on mesure le besoin de la demande ; on modélise les processus nécessaires à sa satisfaction ; on calcule la charge générée par ces processus ; enfin on établit les rapports charge/capacité¹⁷ pour détecter le poste de charge critique. Ce dernier correspondra au goulot d'étranglement.

Nous allons dérouler ces étapes dans les paragraphes suivants.

3.1. Demande du marché

CATEL a l'avantage d'avoir une information fiable sur la demande du marché. Des commandes sont exprimées par ses clients dans le cadre de contrats qui s'étalent en général sur trois années.

Dans notre cas, pour aboutir à des résultats qui traduisent la situation actuelle de l'entreprise, il est important d'utiliser les informations les plus récentes. De ce fait, nous allons nous baser sur la demande du marché en 2011.

Le système de production à CATEL est du type « Production à la commande ». Le programme annuel de production 2011 est établi sur la base des commandes clients complétées éventuellement par les retards de production de l'exercice précédent.

Le programme de production 2011 constitue alors notre référence pour mesurer le besoin annuel du marché. Il traduit la demande du marché devant être satisfaite avant le 31 Décembre 2011.

Ce document est joint en annexe. (Voir **Annexe 2**)

3.2. Modélisation des processus

Le programme de production 2011 traduit un besoin en 51 références différentes. Pour parvenir à mesurer la charge engendrée par ce programme, il est important de modéliser les processus permettant de réaliser l'ensemble des produits prévus.

A ce titre, la cartographie des processus et les gammes de fabrication collectées pendant l'étape de l'étude de l'existant nous seront très utiles. Une analyse fine des temps occupant chaque poste de charge nous permettra de déduire les charges cumulées sur chaque poste avant de les rapporter aux capacités disponibles.

Le fonctionnement de l'usine en job shop et la complexité des flux qui caractérisent le système de production tentent à rechercher une simplification de cette analyse.

¹⁷ Les charges et capacité doivent être exprimées en unité temps, cela permet une indication explicite.

Une des idées de simplification serait de considérer le principe de Pareto sur la variété des produits ; 20% des produits représentent 80% du volume de la demande. On pourrait alors baser l'analyse sur 20% des références, soit 11 références.

Cependant, cette simplification n'est pas souhaitable pour la raison suivante ; les 80% des références écartées, bien que faible en termes de volume demandé, risquent d'avoir un poids important en termes de temps de cycle. Par conséquent, il est préférable de ne pas se lancer dans cette simplification.

L'autre simplification envisageable, c'est de considérer les macro-grammes de chaque référence. Autrement dit, mesurer pour chaque référence le temps de séjour passé par atelier (au lieu de le faire par équipement). Cette simplification s'avère tout aussi non-souhaitable pour la raison suivante ; si l'on viendrait à calculer les charges par ateliers, il faudra par la suite évaluer le rapport charges/capacité par atelier. Or, les équipements d'un atelier donné ne sont pas forcément en parallèle. De ce fait, l'évaluation de la capacité par atelier devient une tâche qui requiert d'analyser les équipements empruntés par chaque processus. Finalement, cela annule l'intérêt de la simplification initiale.

En conclusion, Il est nécessaire de considérer l'ensemble de la matrice 51 références x 29 équipements.

L'autre complexité qui reste à maîtriser est celle des multiples itinéraires pouvant être empruntés pour la production d'une référence donnée.

La figure suivante illustre cette complexité à travers l'exemple du produit *ZPAU*¹⁸.

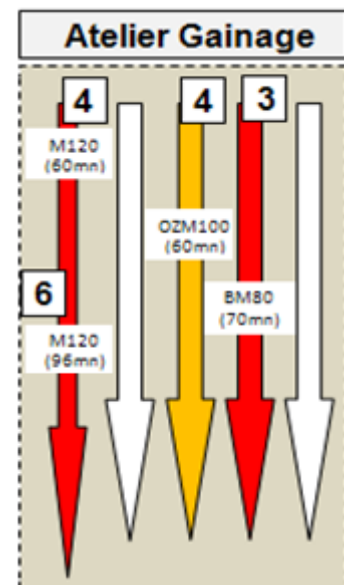
Le processus de production du câble *ZPAU* a pour caractéristique de faire trois passages par l'atelier Gainage.

Le premier passage se situe à l'étape 3 de son processus, il l'effectue obligatoirement par l'équipement *BM 80*.

Le deuxième passage se situe à l'étape 4 de son processus, il l'effectue avec choix, par l'équipement *OZM100* ou *M120*.

Le dernier passage se situe à l'étape 6 de son processus, il l'effectue obligatoirement par l'équipement *M120*.

Remarquons que les équipements *M120* et *OZM100* sont en parallèle sur l'étape 4 (leurs capacités sont alors réunies), ceci n'est pas le cas sur l'étape 4.



¹⁸ Nous ne représentons sur cette figure que l'atelier Gainage. Rappelons que la cartographie de l'ensemble des processus est disponible en annexe. (Voir **Annexe 3**)

Pour prendre compte la complexité des processus de production, nous avons adopté la modélisation suivante :

Sur la base de la cartographie des processus¹⁹, nous avons classé les données collectées dans un *Tableur Excel* suivant le modèle du tableau suivant.

Produits		Etape N°1		Etape N°2			Etape N°3		...
Réf.	Quantité	Poste 1	Poste2	Poste3	Poste4	Poste2	Poste 3	Poste 5	...
P1	1000	11 jours	13 jours	25 jours		23 jours		9 jours	...
P2	800	12 jours	11 jours	22 jours		20 jours	7 jours	8 jours	...
P3	300	13 jours	13 jours	22 jours	21 jours	23 jours	7 jours	9 jours	...
P3	450	12 h	11 jours		10 jours	12 jours	6 jours	5 jours	...
P5	900		11 jours						
P6	250		10 jours	2 jours	1 jour	4 jours	7 jours	4 jours	...

Tableau 10 : Modélisation adoptée pour le calcul du rapport charge/capacité

La première colonne est dédiée au programme de production, c'est-à-dire les quantités de produits qui vont induire des charges sur les postes de charges.

Les postes de charges (les équipements de production) sont classés selon le **numéro de l'étape** à laquelle ils peuvent intervenir. (Cela n'exclut pas de retrouver les mêmes postes de charges à multiples étapes).

Chaque produit **passé par une étape une fois au plus**. (Cela ne serait pas analogue si l'on choisit de raisonner en passage par atelier).

Le coloriage des cases du tableau a la signification suivante :

Pour une case se trouvant à l'étape n et ayant pour ligne i et pour colonne j ; la case sera :

- Rouge ; si l'étape n du produit i est réalisable sur le poste j avec première préférence.
- Orange ; si l'étape n du produit i est réalisable sur le poste j avec seconde préférence.
- Jaune ; si l'étape n du produit i est réalisable sur le poste j avec troisième préférence.
- Blanche ; si l'étape n du produit i n'existe pas ou n'est pas réalisable sur le poste j.

L'intérêt de cette modélisation est de distinguer clairement les postes se trouvant en parallèle pour une activité donnée. Cela rend possible de répartir équitablement la charge sur les postes. En effet, avant d'affirmer définitivement qu'un poste est critique il faudra s'assurer que sa charge n'est pas répartissable autrement.

A titre d'exemple, l'étape N°1 du produit P1, est réalisable sur le poste 1 (avec une charge de 11 jours), ou sur le poste 2 (avec une charge de 13 jours). Comme il est possible de répartir la charge sur les deux postes de façon à niveler la charge cumulée pour chacun.

¹⁹ La cartographie des processus est jointe en annexe (**Annexe 3**)

3.3. Calcul des charges

Après avoir exposé la modélisation adoptée, nous allons l'appliquer et l'exploiter pour le calcul des charges.

Connaissant la nomenclature des produits²⁰ et les cadences unitaires de chaque poste²¹, il est possible de calculer la charge induite par la demande totale du marché.

Il faut noter que la cadence unitaire d'un poste donné n'a pas de valeur fixe, elle varie d'un produit à l'autre. Le calcul des charges prend en compte ces détails.

Nous avons réalisé le calcul des charges sur *Tableur Excel*, nous en présentons les résultats en annexe. (Voir **Annexe 9**).

Remarque : Les données sur les cadences que nous avons collectées pendant la phase de l'étude de l'existant présentent l'avantage de correspondre aux pratiques actuelles de l'usine. En ce sens, que ce ne sont pas les cadences théoriques tirées des manuels de constructeurs. En matière de détection du goulot d'étranglement, c'est justement cette forme d'information qui nous intéresse.

3.4. Calcul des capacités

Après le calcul des charges, il convient désormais de calculer la capacité de chaque poste de charge en unité de temps.

A la base, la capacité de chaque poste est égale à son temps d'ouverture. Ce sont les niveaux d'engagement et les fluctuations aléatoires qui caractérisent chaque poste de charge qui déterminent sa capacité réellement utile.

Dans notre cas, c'est la capacité utile de chaque poste qui nous intéresse. L'approche adoptée pour calculer les capacités utiles est basée sur le principe de décomposition des temps²².

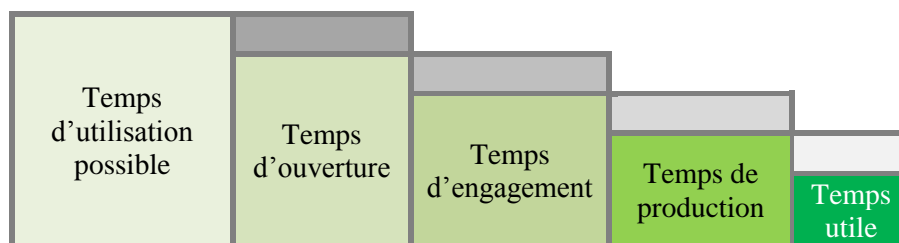


Figure 38 : Notion de capacité utile

La capacité utile = TRS x Temps d'engagement = TRE x Temps d'utilisation possible.

La procédure de calcul des capacités ainsi que les résultats sont présentés en Annexe. (Voir **Annexe 10**)

²⁰ La nomenclature des produits est jointe en annexe (**Annexe 4**)

²¹ Les cadences sont intégrées dans la cartographie des processus en gammes de fabrication (**Annexe 3**)

²² Approche par décomposition des temps, Voir Chapitre 3

3.5. Rapports Charge/Capacité

Les charges et capacités étant calculées indépendamment ; nous allons procéder dans ce paragraphe au calcul du rapport charge/capacité pour chaque poste de charge.

Le goulot du système correspond au poste de charge possédant le rapport charge/capacité le plus élevé.

Pour parvenir à déduire le poste de charge goulot, il nous faudra nous assurer que la charge soit équitablement répartie entre les différents postes de charge.

Pour cela, nous avons procédé de manière itérative en simulant différentes répartitions possibles des charges sur un tableur *Excel*.

Notre procédure est illustrée à travers le tableau suivant:

Produits		Etape N°1			Etape N°2				...
Réf.	Quantité	Poste 1	Poste2	Total	Poste3	Poste4	Poste2	Total	...
P1	1000	75%	25%	100%	40%		60%	100%	...
P2	800	40%	60%	100%	30%		70%	100%	...
P3	300	50%	50%	100%	30%	50%	20%	100%	...
P3	450	70%	30%	100%		70%	30%	100%	...
P5	900		100%	100%				100%	
P6	250		100%	100%	30%	40%	30%	100%	...

Figure 39 : Illustration d'une répartition des charges

Pour chaque produit, et pour chaque étape, on dispose de 100% de charges qui sont à répartir sur les postes de charges correspondants.

La répartition recherchée est celle qui équilibre les rapports charge/capacité de tous les postes. Autrement dit, la répartition optimale est atteinte lorsque l'on ne pourra plus améliorer le rapport charge/capacité d'un poste sans en détériorer celle d'un autre.

Nous avons abouti à cette répartition optimale en simulant plusieurs répartitions sous Excel. Les résultats sont présentés en annexe. (Voir **Annexe 11**)

Une fois les charges réparties, il suffit de cumuler les charges de chaque poste pour obtenir sa charge totale. La capacité étant déjà calculée, la déduction du rapport charge/capacité est rendue très simple.

Nous reprenons la synthèse des rapports charge/capacité obtenus pour chaque poste de charge dans le tableau suivant. (Voir Tableau 11)

Ce tableau représente l'aboutissement de la plus grande part de notre travail.

Atelier	Fonction	Postes de charge	Charge (en jours)	Rapport charge/Capacité	Déficit (en jours)
Atelier Isolation	Isolation	T2/T5/T6	252	109%	21
		T3	252	109%	21
		T4	249	108%	18
Atelier Assemblage	Torrinage	SZ1	0	0%	0
		GMM/SZ2	215	93%	0
	Quartage- Pairage	SETIC 1 / 2	243	105%	12
		Q414	487	211%	256
		Q413	0	0%	0
	Câblage	PAIREUSE	0	0%	0
		P1	244	106%	13
		P2	254	110%	23
	Rubanage	DA	254	110%	23
		P3 / P4	221	96%	0
		RUB COAX	89	38%	0
Armaturage	RUB 3 / 4	167	72%	0	
	CABALE/LTT	140	61%	0	
Atelier Gainage	Gainage	M120	281	121%	50
		AND120	279	121%	48
		OZM100	417	180%	186
		BM80	413	179%	182
		BMN150	279	121%	48
		BMN60	23	10%	0

Tableau 11 : Rapports Charge/Capacité par poste de charge

Les postes de charges sont regroupés par fonction et par ateliers.

Il est utile d'accompagner ce tableau par une vue en processus apportée par le diagramme de flux suivant :

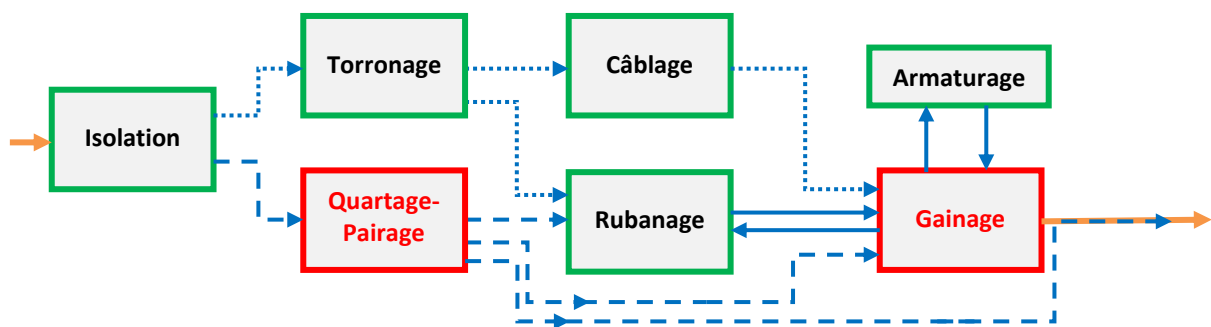


Figure 40 : Diagramme des flux de production

Ce diagramme de flux permet de distinguer deux principaux macro-processus, le premier est celui dont le « torronage » constitue la deuxième étape, le second a pour deuxième étape le « quartage-pairage ».

Les rapports charge/capacité font clairement apparaître deux goulets d'étranglement pour chaque macro-processus.

Dans le premier macro-processus, le **goulot d'étranglement** correspond à l'atelier gainage, en particulier les lignes **OZM100** et **BM80** dont le rapport charge capacité est de **180%**. Cela va dans le sens de l'hypothèse formulée précédemment dans l'approche par analyse des investissements.

Il faut souligner que les lignes *M120/AND120/BMN150* correspondent également à des contraintes de capacité (un rapport charge/capacité de 121%). Cependant, dans un premier temps, nous ne considérons comme goulot que les lignes **OZM100/BM80**. Ces deux lignes ont le rapport charge/capacité le plus élevé, elles risquent d'engendrer un retard de production plus important.

Dans le deuxième macro-processus, le **goulot d'étranglement** correspond à l'activité quartage/pairage, en particulier l'équipement **Q414** dont le rapport charge capacité est de **211%**, ce qui signifie que la charge de ce poste représente le double de sa capacité.

4. Conclusion

A l'issue de ce chapitre, nous avons détecté deux goulots d'étranglements dans le système de production. A savoir les ressources (**OZM100 + BM80**) et **Q414**.

Pour détecter le goulot d'étranglement, nous avons tenté plusieurs approches qui ont abouti à formuler des hypothèses qui restaient très peu fiables. L'approche par modélisation et calcul des rapports charge/capacité a permis d'identifier clairement les contraintes du système de production.

Nous venons d'accomplir la première étape de la démarche TOC²³.

Dans le chapitre suivant, nous allons dérouler la suite de la démarche TOC. A savoir, **exploiter le goulot du système.**

Pour cela, nous allons identifier les actions permettant de lever les contraintes et d'améliorer le débit global de la production.

²³ Démarche TOC : 1/Identifier la contrainte 2/L'exploiter 3/Subordonner 4/Augmenter 5/Recommencer à 1

CHAPITRE 6 Actions d'amélioration

*"Une vision sans action n'est qu'un rêve;
Une action sans vision ne sert qu'à tuer le temps;
Une vision assortie d'une action peut changer le monde."*

[Joel Arthur Barker]

1. Introduction

Pour améliorer le débit de production de l'usine CATEL, nous avons suivi une démarche structurée qui, en passant par l'étude de l'existant et le calcul des rapports charge/capacité, a abouti à la détection de deux goulots d'étranglement dans le système de production.

L'objet de ce dernier chapitre est de présenter les actions d'amélioration que nous avons définies pour exploiter, voire lever, les contraintes du système en place.

2. Analyse des contraintes

Nous avons démontré l'existence de deux goulots dans le système ; *Q414* et (*OZM100*, *BM80*). Analysons ces contraintes de plus près.

2.1. La contrainte Q414

La *Q414* est un équipement dont la fonction est de réaliser des quartes²⁴. Le rapport charge capacité de cette ressource est de 211%.

En reprenant le tableau des rapports charge/capacité du chapitre précédent (Tableau 11), il est possible d'observer que les équipements *Q413* et *Paireuse* possèdent un rapport charge/capacité égal à **zéro**.

Ces deux équipements sont supposés accomplir la même fonction que la *Q414* ; la mise en arrêt prolongée de ces deux ressources contraint l'usine à conduire l'ensemble de la charge vers la *Q414*. Cela explique l'aberrance du rapport charge/capacité de 210%.

Nous avons effectué une simulation supposant la disponibilité des équipements *Q413* et *paireuse*. La nouvelle répartition des charges donne les nouveaux rapports charge/capacité suivants :

Atelier	Fonction	Postes de charge	Charge (en jours)	Rapport charge/Capacité	Déficit (en jours)
Atelier Assemblage	Quartage- Pairage	SETIC 1 / 2	243	105%	12
		Q414	230	100%	0
		Q413	128	56%	0
		PAIREUSE	129	56%	0

Tableau 12 : Nouvelle répartition des charges

La nouvelle répartition qui considère la disponibilité de la *Q413* et la *Paireuse* fait « disparaître » la contrainte existante sur la *Q414*.

²⁴ Une quarte correspond à l'assemblage de quatre fils de cuivre isolés.

Finalement, la contrainte *Q414* correspond à une **contrainte conjoncturelle** du système. Elle est due à un arrêt prolongé des ressources qui lui sont parallèles.

Si cette situation persiste, les retards prévus en production seront conséquents. Ils risquent d'être à la hauteur du rapport charge/capacité du goulot.

A ce titre, la remise en fonctionnement des équipements *Q413* et *Paireuse* s'avère **urgente**.

Un calcul qualitatif nous permet d'estimer le flux qui transite par ce poste à 4% du chiffre d'affaire (soit 160 millions de DA). Le retard risquant de survenir, mesuré en termes de chiffre d'affaire, sera de l'ordre de 80 millions de DA.

Cette estimation permet de comprendre l'enjeu de réagir à cette situation. La maintenance des deux équipements à l'arrêt permettra de soutenir la capacité de l'usine en matière de fabrication de quartes et éviter d'éventuels retards sur les produits constitués à base de quartes.

Le partage de ces résultats avec le demandeur de l'étude permet d'anticiper l'occurrence de ces retards. Une fois la contrainte *Q414* levée, c'est la contrainte *OZM100/BM80* (Gainage) qui persistera comme principal goulot du système.

2.2. La contrainte OZM100/BM80

La contrainte *OZM100/BM80* correspond à deux lignes de gainage se situant au niveau de l'atelier Gainage qui en contient cinq (5) au total.

Une analyse qualitative du flux de production permet d'observer que 99% du flux (en termes de chiffre d'affaire) transite par le gainage. (Voir Figure 41)

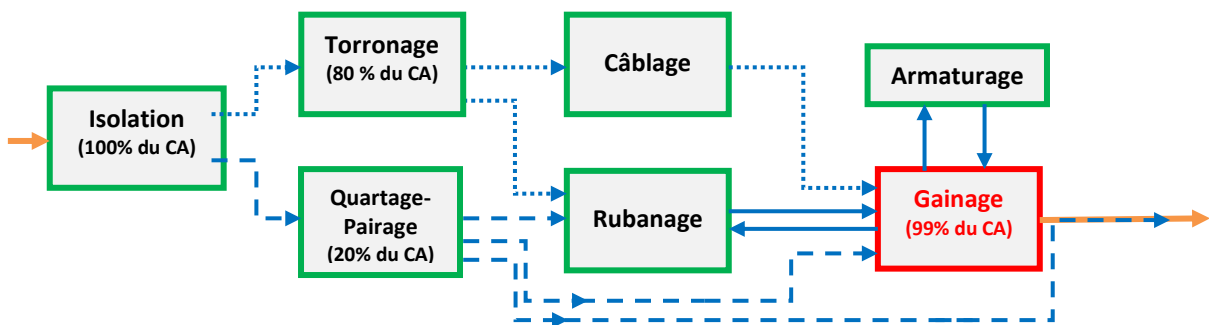


Figure 41 : Flux de production et chiffre d'affaire

Contrairement à la *Q414*, la ressource *OZM100/BM80* représente une **contrainte structurelle du système**. Elle est sciemment ou inconsciemment programmée avec une charge largement supérieure à sa capacité réelle. Son rapport charge/capacité est de 180%.

Une heure perdue au niveau de cette ressource est perdue pour tout le système. Le phénomène des retards de production exprimés dans la problématique au chapitre 1, de même que le chiffre d'affaire, seront déterminés par le débit de cette ressource.

3. Optimisation de la charge sur les lignes OZM100/BM80

A ce stade, nous écartons la contrainte Q414 de nos considérations.

Sa solution passe par la remise en fonctionnement des ressources Q413 et Paireuse. Cette question a été prise en considération par CATEL.

Il convient à présent de placer la contrainte OZM100/BM80 au centre de notre réflexion pour arriver à optimiser son utilisation.

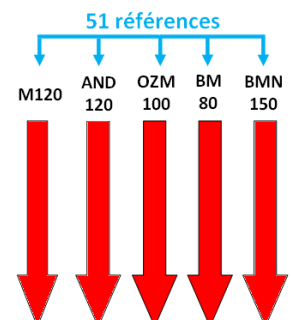
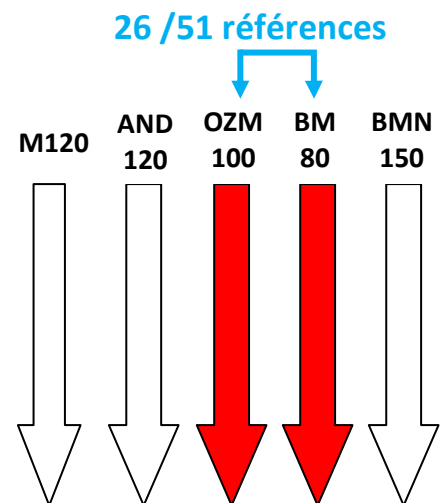
Pour ce faire, nous allons tout d'abord analyser plus en détail la charge sur les lignes OZM100 et BM80 afin de chercher s'il existe d'autres moyens d'orienter le flux permettant de réduire cette charge.

En reprenant la cartographie des processus, on observe que sur les **51** références de produits figurant au programme de production, **26** références empruntent impérativement l'une des deux lignes OZM100 et BM80. Cela explique en partie la forte sollicitation des ces deux lignes.

En collaboration avec les ingénieurs de la production à CATEL, nous avons appris que les procédures de fabrication de certaines références n'imposent pas forcément l'utilisation de ces deux lignes. Ce sont seulement les pratiques habituelles héritées du passé qui induisent de telles contraintes.

Cela donne l'opportunité de retravailler la cartographie des processus en levant ce type de contraintes. Ce faisant, nous sommes parvenus à établir une nouvelle répartition des charges dans l'atelier gainage qui réduit considérablement le rapport charge/capacité de la ressource OZM100/BM80. (Voir **annexe 12**)

La nouvelle répartition des charges donne lieu aux nouveaux rapports charge/capacité présentés dans le tableau 2.



Atelier	Fonction	Postes de charge	Charge (en jours)	Rapport charge/Capacité	Déficit (en jours)
Atelier Isolation	Isolation	T2/T5/T6	252	109%	21
		T3	252	109%	21
		T4	249	108%	18
Atelier Assemblage	Torronage	SZ1	0	0%	0
		GMM/SZ2	215	93%	0
	Quartage- Pairage	SETIC 1 / 2	243	105%	12
		Q414	487	100%	0
		Q413	0	56%	0
	Câblage	PAIREUSE	0	56%	0
		P1	244	106%	13
		P2	254	110%	23
	Rubanage	DA	254	110%	23
		P3 / P4	221	96%	0
		RUB COAX	89	38%	0
Armaturage	RUB 3 / 4	167	72%	0	
	CABALE/LTT	140	61%	0	
Atelier Gainage	Gainage	M120	318	138%	87
		AND120	319	138%	88
		OZM100	322	139%	91
		BM80	321	139%	90
		BMN150	321	139%	90
		BMN60	23	10%	0

Tableau 13 : Nouveaux rapports charges/capacité

De cette manière, le rapport charge/capacité du goulot a pu être réduit **de 180% à 149%**.

Le déficit en temps de production est ainsi réduit de **186 jours à 91 jours**.

On peut remarquer sur ce point qu'une bonne exploitation de la flexibilité de l'atelier gainage peut réduire drastiquement le déficit en temps de production présent initialement sur ces deux lignes.

Par ailleurs, il est important de remarquer que la révision de la cartographie des processus fait apparaître désormais **un rapport charge/capacité de même ampleur sur l'ensemble des lignes de gainage**.

Il convient de considérer à partir de ce point que le goulot d'étranglement de l'usine correspond à **l'atelier gainage tout entier**.

4. Optimisation de la capacité de l'atelier gainage

Le processus révisé et la charge nouvellement répartie de façon optimale, nous avons clairement fait apparaître que les lignes de gainage de l'usine représentent le goulot d'étranglement du système.

Le déficit en temps de production sur ces lignes est désormais de **91 jours**.

4.1. Optimisation du temps utile

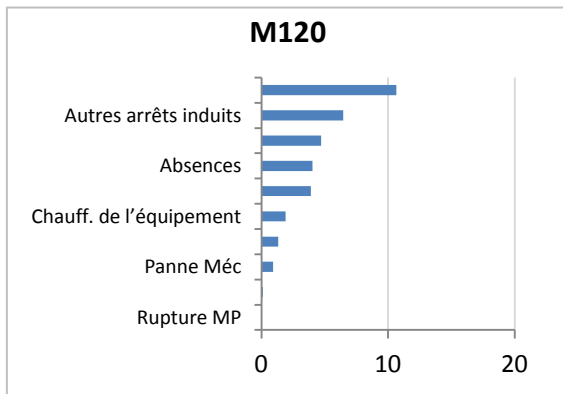
Le goulot « Atelier gainage » possède une capacité limitée qu'il faudra exploiter utilement. Intéressons nous alors, à optimiser l'usage utile de la capacité de l'atelier Gainage.

L'avantage de la démarche adoptée dans ce projet est qu'elle nous permet de remonter des effets aux causes. En effet, le calcul des capacités utiles que nous avons effectué dans le chapitre précédent (Chapitre 5) est basé sur l'approche TRS. Nous pouvons désormais reprendre la décomposition temporelle du TRS sur le goulot afin d'identifier les leviers d'amélioration permettant d'optimiser sa capacité utile.

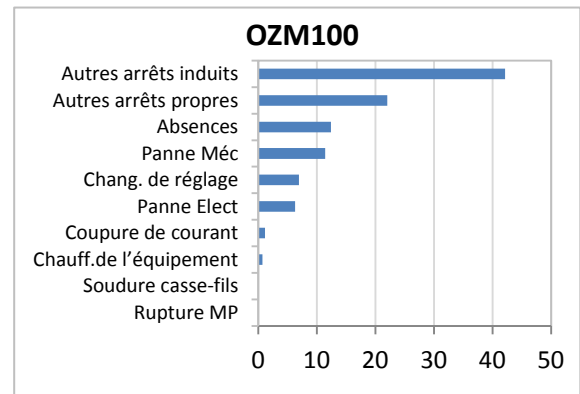
Les tableaux de décomposition temporelle pour l'ensemble des lignes de gainage sont repris en annexe (**Annexe 13**).

La décomposition temporelle de la capacité du goulot permet de remarquer que les arrêts inscrits dans les deux rubriques « *Autres arrêts propres* » et « *Autres arrêts induits* » sont les principales causes de perturbation.

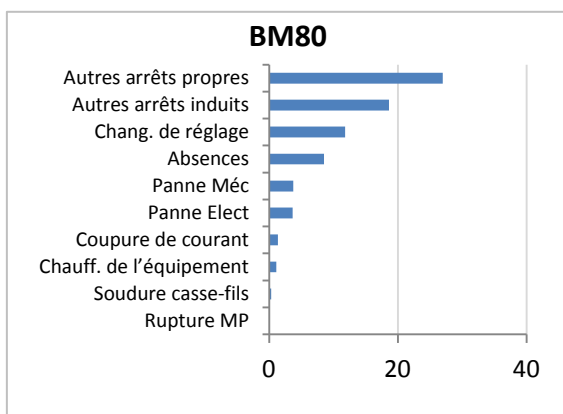
Nous illustrons cela à travers les graphiques suivantes suivantes.



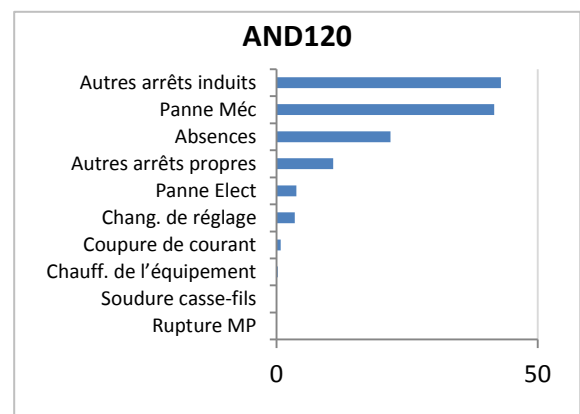
Graphique 3 : Temps d'arrêt M120
(en jour/année)



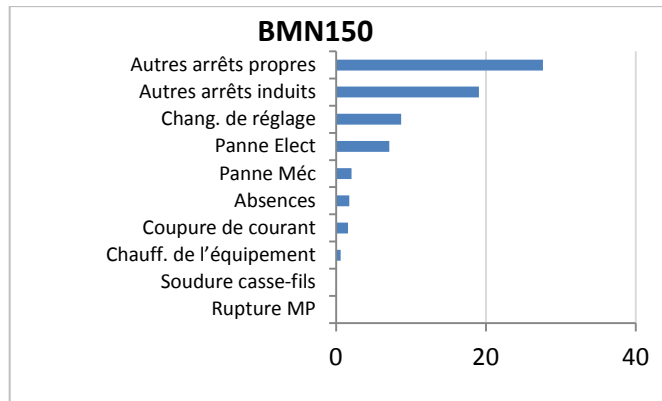
Graphique 4 : Temps d'arrêt OZM100
(en jour/année)



Graphique 5 : Temps d'arrêt BM80
(en jour/année)



Graphique 6 : Temps d'arrêt AND120
(en jour/année)



Graphique 7 : Temps d'arrêt BMN150 (en jour/année)

Il apparaît clairement que les arrêts du type « *Autres arrêts induits* », et « *Autres arrêts propres* » sont ceux qui perturbent le plus la capacité des cinq lignes de gainage.

Il y a sur ces deux éléments un gisement de capacité de **45 jours** en moyenne sur chaque ligne.

a) **Autres Arrêts propres**

« *Autres arrêts propres* » est une des rubriques retrouvée sur la feuille d'arrêt machine.

Les « *Autres arrêts propres* » sont particulièrement caractéristiques des trois lignes (*M120/BMN150/BM80*). Il s'agit de la première cause d'arrêt de ces lignes.

D'après les opérationnels chargés de relever les temps d'arrêt, cette rubrique correspond généralement aux temps de chargement du câble à gainer.

Il s'agit du temps s'écoulant entre la décision de gainer un câble semi-fini sortant de l'atelier assemblage et le début effectif de l'opération de gainage (enrobage en plastic).

Par souci de qualité, la préparation au gainage de certains produits s'effectue soigneusement, donc lentement.

Ce sont les machinistes chargés de ce type d'opérations qui nous expliquent que le chargement du câble semi-fini doit être minutieusement réalisé pour éviter l'apparition de défauts de qualité sur le produit fini. C'est particulièrement vrai dans le cas de câbles très coûteux²⁵ où d'éventuelles non-conformités sont difficilement tolérables.

Par ailleurs, rappelons que les lignes de gainage constituent les ressources goulots de l'usine. Elles sont, par conséquent, prioritaires lorsqu'il s'agit de réduire leur durée improductive lors des préparations au chargement et des changements de réglage.

Pour Réduire les temps de chargement et changement de réglage de manière efficace ; la méthode SMED (Single Minute Exchange of Die) est la plus reconnue.

²⁵ Le gainage de certains câbles est réalisé en cuivre. Cela rend le câble « précieux ».

Cette méthode consiste dans un premier temps à observer le chargement d'un câble ou le changement de réglage en production afin de relever et chronométrer les différentes opérations réalisées. L'analyse de cette observation permet de trouver des pistes pour optimiser la durée des arrêts correspondants.

L'enjeu est d'augmenter la capacité du goulot et d'accroître sa flexibilité. La démarche SMED appliquée sur les lignes de gainage permettra de réduire considérablement les temps de chargement et de changement de réglage et de gagner un temps de production appréciable.

Cela contribuera *in fine* à libérer une capacité de production sur le goulot qui se traduira par l'augmentation du débit de production.

b) Autres arrêts induits

« *Autres arrêts induits* » est une rubrique retrouvée sur la feuille d'arrêt machine.

Les « *Autres arrêts induits* » sont caractéristiques de l'ensemble des lignes de gainage.

D'après les opérationnels chargés de relever les temps d'arrêt, cette rubrique correspond généralement à des arrêts dus aux pannes des utilités, d'une part, et des arrêts par manque de câble semi-finis à traiter.

On distingue là deux types d'arrêts avec des causes différentes ; des arrêts dus à un manque de fiabilité et des arrêts dus à un manque de synchronisation logistique.

• Arrêts par manque de fiabilité

Une panne survenue aux utilités engendre un arrêt sur l'ensemble des ressources de l'usine.

Il n'est pas inutile de rappeler qu'étant très précieux, le temps du goulot ne doit pas être consommé à tort, d'autant moins par des arrêts induits de défaillances externes.

Par exemple, une défaillance sur un compresseur d'air entraînant l'arrêt d'une ligne de gainage représentera une perte en temps de production pour toute l'usine.

A ce titre, l'amélioration de la fiabilité des machines doit s'intéresser prioritairement aux équipements ayant une incidence directe sur la ressource goulot : les lignes de gainage.

Les actions de maintenance préventive devront porter en premier lieu sur ces lignes et sur les équipements d'utilité qui conditionnent leur activité.

L'objectif étant là aussi de réduire le taux d'arrêt du goulot, de gagner en temps de production, donc de gagner en capacité.

• Arrêts par manque de synchronisation logistique

Les lignes de gainage se retrouvent parfois à l'arrêt en raison de l'absence de câbles semi-finis à traiter.

Ce type d'arrêt induit traduit un manque de synchronisation dans le pilotage de flux.

Les flux de l'usine doivent être mis sous contrôle et pilotés en visant l'optimisation du rendement des lignes de gainage. L'ordonnancement des ordres de fabrication sur le goulot doit optimiser l'utilisation le temps d'engagement sur les ressources goulots.

La figure suivante illustre l'importance de l'ordonnancement des OFs sur le goulot :

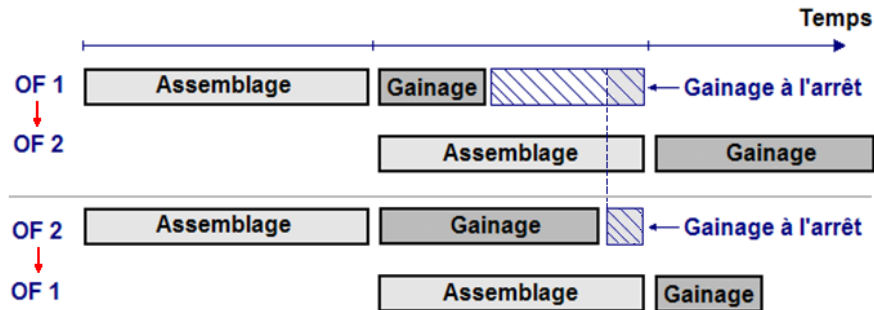


Figure 42 : Ordonnancement des OFs et rendement du goulot

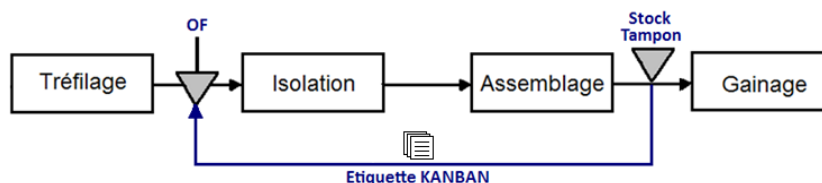
Sous forme d'un diagramme de Gantt, cette figure montre que l'ordonnancement est un élément important à prendre en compte pour maximiser l'usage de la capacité du goulot.

Toute unité achevée à l'assemblage est directement transférée au gainage. En traçant la séquence des opérations sous forme d'un Gantt, nous voyons que le temps d'arrêt du gainage s'il est ordonnancé OF2 puis OF1 est bien moindre que s'il est ordonnancé OF2 puis OF1.

L'ordonnancement de la ressource goulot doit être optimisé de façon à maximiser la production pendant le temps d'ouverture.

Par ailleurs, un stock tampon devant les lignes de gainage doit être mis en place pour que ces dernières ne connaissent pas d'arrêt de production dû à la défaillance d'un équipement non-goulot en amont.

A ce titre, un système d'information reposant sur le Kanban peut être envisagé par une circulation d'étiquettes accompagnant les bobines vides entre le poste goulot qui réalise l'appel de l'aval et le point de pilotage.



L'ensemble de ses dispositions a pour rôle d'exploiter au mieux le temps d'ouverture du goulot. Leur mise en place peut être vectrice d'une amélioration conséquente du débit de production.

A l'issue de ces propositions d'actions d'amélioration du rendement du goulot, il est intéressant de simuler l'impact de telles actions sur les rapports charge/capacité du gainage.

Si l'on arrive à **réduire de moitié les arrêts par « manque de câble semi-fini »**, les gains escomptés en temps de production sont résumés dans le tableau suivant :

Postes de charge	Charge (en jours)	Rapport Charge/Capacité	Déficit (en jours)
M120	296	138% → 128%	87 → 65
AND120	299	138% → 129%	88 → 68
OZM100	297	139% → 129%	91 → 66
BM80	298	139% → 129%	90 → 67
BMN150	297	139% → 129%	90 → 66

Tableau 14 : Résultats d'une réduction de moitié des « manques câble »

On voit là qu'une mise en place de règles d'ordonnancement adéquates peut se traduire par un gain en temps de production très sensible.

Si de plus, on arrive à **réduire les temps de chargement du câble de moitié**, le tableau des rapports charge/capacité aura la configuration suivante :

Postes de charge	Charge (en jours)	Rapport Charge/Capacité	Déficit (en jours)
M120	281	128% → 121%	65 → 50
AND120	277	129% → 120%	68 → 46
OZM100	277	129% → 120%	66 → 46
BM80	277	129% → 120%	67 → 46
BMN150	279	129% → 121%	66 → 48

Tableau 15 : Résultats d'une réduction de moitié des « manques câble » et des temps de chargement

En plus des précédentes propositions, si l'on arrive à **améliorer la disponibilité des équipements d'utilité en réduisant de moitié leurs temps d'arrêts**, le tableau des rapports charge/capacité aura la configuration suivante :

Postes de charge	Charge (en jours)	Rapport Charge/Capacité	Déficit (en jours)
M120	271	121% → 117%	50 → 40
AND120	270	120% → 117%	46 → 39
OZM100	268	120% → 116%	46 → 37
BM80	270	120% → 117%	46 → 39
BMN150	269	121% → 117%	48 → 38

Tableau 16 : Résultats d'une réduction de moitié des "manques câbles", des temps de chargement, et des temps d'arrêts des utilités

Ces multiples simulations permettent de comprendre comment des actions d'amélioration bien ciblées pourraient réduire un déficit en temps de production de **91 jours²⁶ à 39 jours**.

Etant donné qu'aucune de ces actions n'avait été entreprise jusque-là, ces quelques axes permettent de récupérer une part significative de capacité qui était gaspillée auparavant.

²⁶ 91 jours correspond à l'ordre de grandeur des retards actuellement constatés à CATEL.

Si l'on arrive à faire profiter le goulot de ce genre d'amélioration et que les potentiels résiduels soient faibles, difficiles à exploiter, et que la capacité demeure notoirement insuffisante, il faudra se résoudre à acquérir une ressource complémentaire.

L'ensemble des propositions précédentes ont pour but de mieux faire fonctionner l'usine en concentrant quelques efforts sur les procédures et les règles de la production.

L'idée d'un investissement dans une nouvelle ligne de gainage doit rester comme un dernier recours, auquel cas des considérations stratégiques devront être intégrées.

Rappelons que le fait de mieux utiliser les ressources goulots et d'annuler des investissements capacitaires améliore le retour sur capital employé et donc la productivité de l'entreprise.

Par ailleurs, il serait absurde de poursuivre longtemps des améliorations incrémentales sans pouvoir répondre à la demande et au risque de perdre des parts de marché.

Dans la situation actuelle de CATEL, Il nous reste à envisager d'adapter le temps d'ouverture de la ressource goulot au temps de production requis.

4.2. Adaptation du temps d'ouverture

Les solutions exprimées précédemment sont les actions d'amélioration les plus souhaitables. Cependant, CATEL rencontre en ce moment des retards de production auxquels elle devra pallier dans le court terme.

En plus des commandes présentes, le programme de production de 2011 comptabilise des retards de l'exercice précédent.

Le déficit en capacité constaté en usine devra être comblé le plus rapidement possible. A ce titre, si l'on veut satisfaire la demande des clients, le temps d'ouverture du goulot devra être adapté aux charges de production de l'année.

Le tableau suivant résume la décomposition temporelle sur les ressources de l'usine.

Temps Total (365 jours)	Temps de fermeture	Vendredis + Samedis + Jours fériés + Congés (Mois d'Août)		
	Temps d'ouverture (231 jours)	Temps d'engagement	Temps de production	Temps utile

Tableau 17 : Décomposition temporelle des ressources de l'usine

Un entretien avec le demandeur de l'étude nous a permis de comprendre que les jours de « samedi » ainsi que le mois d'Août étaient des temps parfaitement exploitables.

Une nouvelle simulation qui considère ces temps ouvrables donne les résultats de rapports charge capacités suivants :

Atelier	Fonction	Postes de charge	Charge (en jours)	Rapport charge/Capacité	Déficit (en jours)
Atelier Isolation	Isolation	T2/T5/T6	252	82%	0
		T3	252	82%	0
		T4	249	81%	0
Atelier Assemblage	Torrissage	SZ1	0	0%	0
		GMM/SZ2	215	70%	0
	Quartage- Pairage	SETIC 1 / 2	243	79%	0
		Q414	230	75%	0
		Q413	128	42%	0
	Câblage	PAIREUSE	129	42%	0
		P1	244	80%	0
		P2	254	83%	0
	Rubanage	DA	221	72%	0
		P3 / P4	89	29%	0
		RUB COAX	167	55%	0
	Armaturation	RUB 3 / 4	254	83%	0
CABALE/LTT		140	46%	0	
Atelier Gainage	Gainage	M120	318	104%	12
		AND120	319	104%	13
		OZM100	322	105%	16
		BM80	321	105%	15
		BMN150	321	105%	15
		BMN60	23	7%	0

Tableau 18 : Rapports Charge/Capacité avec 306 jours de temps de d'ouverture

Si de plus, on considère que les actions d'amélioration proposées précédemment soient implémentées, le tableau des rapports charges capacité devient :

Atelier	Fonction	Postes de charge	Charge (en jours)	Rapport charge/Capacité	Déficit (en jours)
Atelier Isolation	Isolation	T2/T5/T6	252	82%	0
		T3	252	82%	0
		T4	249	81%	0
Atelier Assemblage	Torrissage	SZ1	0	0%	0
		GMM/SZ2	215	70%	0
	Quartage- Pairage	SETIC 1 / 2	243	79%	0
		Q414	230	75%	0
		Q413	128	42%	0
	Câblage	PAIREUSE	129	42%	0
		P1	244	80%	0
		P2	254	83%	0
	Rubanage	DA	221	72%	0
		P3 / P4	89	29%	0
		RUB COAX	167	55%	0
	Armaturation	RUB 3 / 4	254	83%	0
CABALE/LTT		140	46%	0	
Atelier Gainage	Gainage	M120	271	89%	0
		AND120	270	88%	0
		OZM100	268	88%	0
		BM80	270	88%	0
		BMN150	269	88%	0
		BMN60	23	7%	0

Tableau 19 : Rapports Charge/Capacité avec 306 jours de temps de d'ouverture et réduction des temps d'arrêt

Il est visible sur ce dernier tableau qu'une réduction des temps d'arrêts par les actions proposées précédemment et une adaptation du temps d'ouverture permet de réduire les rapports charge/capacité de l'ensemble des ressources **en dessous de la barre 100%**.

L'objectif de ces simulations est de fournir une aide à la décision aux dirigeants de l'entreprise permettant de comprendre comment dégager la capacité nécessaire pour satisfaire la demande des clients.

Enfin, il faudra imaginer que l'élimination d'une contrainte va se traduire par la création d'une autre ailleurs, à gérer elle aussi, et ainsi de suite. La gestion par les contraintes est une quête de progrès permanente.

5. Comment gérer l'existant

Le système de production CATEL appartient à la typologie « V ». Nous avons montré que le flux de production rencontre plusieurs points de divergences et perd de sa "flexibilité" à mesure qu'on avance dans le processus.

Une fois les matières différenciées dans l'atelier assemblage, celles-ci ne peuvent plus être récupérées pour en faire autre chose.

Un mauvais aiguillage, qui allouerait un composant à l'élaboration d'un produit non prévu risque de priver un autre produit de ce composant.

La formalisation des processus et gammes de production permet de communiquer aux exécutants une meilleure vision sur le système de production de l'usine.

Le travail que nous avons mené pendant l'étude de l'existant constitue une base à compléter pour être plus exhaustive. Cela représentera un important pas vers une meilleure maîtrise des flux de production.

Par ailleurs, nous avons démontré qu'un mauvais ordonnancement des OFs avant l'atelier Gainage y accumulera un stock important de produits à traiter sur quelques lignes et ne livrera pas ceux attendus sur les autres lignes, risquant de rompre l'approvisionnement de ces ressources et faire perdre un temps précieux.

L'ordonnancement réalisé par le Service Planning à CATEL devra tenir compte de ces aspects afin d'optimiser l'usage de la capacité du goulot.

Le plan de production devra être établi en fonction de la capacité de l'atelier gainage. Les ressources en amont du gainage devront alimenter en permanence le goulot. Un stock de protection (stock tampon) bien dimensionné assurera que les lignes de gainage puissent toutes opérer même s'il y a une rupture en amont.

La prédiction des délais de production reste délicate. Devant, la pression de la concurrence et la faible productivité, il faut aussi chercher à réduire les coûts de production.

Pour cela, la réduction des coûts de non qualité nous semble être une bonne piste, mais menée seule, son impact risque de rester insuffisant.

Ajoutons que les contrôles de qualité devront essayer d'éliminer les non-conformités avant qu'elles n'arrivent aux lignes de gainage, afin d'éviter de traiter inutilement des produits.

Enfin, l'instauration d'un indicateur adéquat, idéalement le TRS, sur les ressources de l'usine contribuera à assurer un meilleur suivi des performances de production. Le TRS permettra de suivre particulièrement la performance du goulot et de piloter l'utilisation de sa capacité.

6. Le processus de progrès permanent

En mettant en œuvre les précédentes propositions, la productivité globale sera très rapidement améliorée de manière conséquente.

Cependant pour ne pas retomber dans la situation initiale, il faut un véritable processus de progrès permanent agissant sur les causes profondes des problèmes.

Là où auparavant on avait une inertie des exécutants, on doit maintenant réduire les temps de chargement et de changement de réglage.

Là où auparavant on arrêtait la production pour écarter les non-conformités, on doit maintenant rechercher la cause des défauts et y remédier.

Accompagnés d'une bonne communication, les personnels de l'usine doivent être disponibles pour mener à bien les actions d'amélioration. Ces améliorations seront d'autant plus efficaces qu'elles seront focalisées en priorité sur les éléments qui contrôlent la performance globale.

Enfin, si la ressource goulot est une ressource à capacité limitée, le reste des ressources possèdent, à l'inverse, un excédent de capacité.

Ces excédents de capacité devront servir à accélérer le flux de production en absorbant les fluctuations, d'une part, et à rendre le personnel de production plus disponible pour participer à l'amélioration continue.

Les améliorations apportées par ces actions peuvent être rapides et très satisfaisantes, si l'objectif est clairement précisé en entreprise et compris par tous les acteurs, et que les décisions sont orientées vers l'achèvement de cet objectif.

Ce sont, au final, les hommes et les femmes qui font avancer une usine.

Ce dernier point engage une réflexion qui demande à être complétée en fonction de la culture de l'entreprise.

7. Conclusion

Après avoir détecté la contrainte du système, nous avons identifié, dans ce chapitre, les principales actions d'amélioration permettant de puiser une capacité supplémentaire sur le goulot.

Nous avons montré comment l'association d'une révision de la cartographie des processus avec un choix d'actions ciblées sur les temps d'arrêts pouvait contribuer à réduire un déficit en capacité de **91 jours à 39 jours**.

Par la suite, il suffit simplement d'adapter le temps d'ouverture de la production pour effacer totalement le déficit de capacité.

Rappelons que la finalité de ce projet est d'améliorer le débit de production de l'usine de CATEL, afin de répondre au problème des retards de production.

Les actions préconisées dans ce dernier chapitre permettent d'améliorer le débit de production du goulot, et donc le débit global de l'usine.

Nous estimons qu'une mise en œuvre de ces actions permet de réaliser le programme de production de 2011 en **271** jours d'ouverture.

Enfin, il faut retenir que le goulot peut parfaitement changer de place dans l'usine en fonction des nouveaux investissements en capacité mais surtout en fonction de la demande annuelle. C'est particulièrement vrai à CATEL, compte tenu de la variété de produits qui caractérise son offre ; chacun de ces produits induit une charge différente sur les ressources de l'usine.

Précisons que les conclusions de ce dernier chapitre sont exprimées en considérant l'installation industrielle et la demande annuelle de l'année 2011.

Conclusion générale

La problématique initialement formulée par CATEL mettait en avant les fréquents retards de production qui induisaient des retards dans la livraison de ses clients.

Ce problème présente un double enjeu pour l'entreprise.

En interne, l'entreprise doit améliorer sa productivité et le volume de ses ventes pour assurer sa pérennité.

En externe, ce problème revêt une importance stratégique pour les projets nationaux du secteur des télécommunications dont CATEL est le premier fournisseur en câble.

Dans le cas de CATEL, l'information sur la demande est connue suffisamment à l'avance et les ressources de l'usine semblent théoriquement capables d'assurer la production nécessaire. Cependant, bien que les capacités soient saturées, les résultats sont insuffisants et le débit de production en deçà de celui attendu.

Pour répondre à ce problème, nous avons adopté une démarche structurée à l'issue de laquelle nous avons défini les actions permettant d'améliorer sensiblement le débit de production de l'usine.

Nous avons commencé notre travail par la préparation et la réalisation d'une étude de l'existant qui nous a apporté une vision globale du système de production en place.

Cette partie du projet nous a permis de formaliser les règles et les processus mis en jeu à l'usine de CATEL.

Après avoir cerné les caractéristiques du système de production, nous avons suivi la démarche de la théorie des contraintes et commencé par identifier la ressource goulot dans l'usine ; le poste de charge à l'origine de la limitation du débit global.

L'approche qui nous a permis de détecter le goulot repose sur un calcul précis des charges et des capacités de chaque équipement de l'usine.

Ce faisant, nous avons écarté toute simplification risquant de biaiser les résultats de l'étude ; nous avons considéré l'ensemble des interdépendances dans les processus de production.

Une modélisation de ces processus sous Excel nous a aidés à répartir équitablement les charges du programme de production sur l'ensemble des équipements de l'usine en tenant compte de tous les itinéraires de production possibles.

Au final, nous avons établi le calcul des rapports charge/capacité de chaque ressource et avons identifié les contraintes du système.

En suivant la démarche TOC, nous nous sommes intéressés de près à ces contraintes pour distinguer celles qui étaient des contraintes conjoncturelles de celles qui étaient structurelles.

Cela a abouti à considérer l'atelier gainage comme goulot structurel du système.

Après une révision de la cartographie des processus et une analyse par décomposition temporelle sur les lignes de gainage, nous avons identifié un important gisement de capacité sur ces ressources.

Nous avons illustré via multiples simulations comment des actions d'amélioration bien ciblées pourraient réduire un déficit en temps de production de **91 à 39 jours** d'ouverture.

Pour plus de capacité, il suffit d'adapter simplement le temps d'ouverture de l'usine pour ajuster parfaitement le débit de production à la demande annuelle.

L'idée forte de la démarche déroulée dans ce projet est de considérer que la productivité globale de l'usine est limitée par la capacité d'une seule de ses ressources.

En focalisant les efforts pour optimiser l'utilisation de cette ressource, on améliore sensiblement la productivité du système entier.

Nous avons abordé dans ce projet un seul des aspects de la théorie des contraintes. Cette dernière recouvre d'autres aspects, en particulier une réflexion sur la mesure de la performance de l'entreprise et sur la politique de lotissement. Ce sont là, les perspectives de futurs travaux que nous laissons dans ce mémoire.

Travailler sur ce projet nous a permis d'appréhender la forte interdépendance des problèmes rencontrés en pratique et de comprendre que la réponse devant la complexité n'est pas forcément la simplification.

Bibliographie

[Baglin et al., 2001] Baglin, G., Bruel, O., Garreau A., Greif M., Van Deft C., 2001, « *Management Industriel et Logistique* », 3eme édition, Edition Economica, Paris.

[Courtois et al., 1999] Courtois, A., Pillet, M., et Martin-Bonnefous, C., 1999, « *Gestion de Production* », 4eme édition Editions d'Organisation, Paris.

[Dallery, 2000] Dallery, Y., 2000, Notes de cours de logistique industrielle. Ecole centrale de Paris, Paris.

[Doc1, 2011] Document 1 : Catalogue de produits, CATEL, 2011.

[Doc2, 2010] Document 2 : Manuel Qualité, MLQ.MQ.01.V12, CATEL, mise à jour du 03/03/10.

[Gallaire, 2008] Gallaire J-M., 2008, « *Les outils de la performance industrielle* », Editions d'Organisation, Paris.

[Gaspart, 2005] GASPART, P., « *Gestion des stocks et de la production, Cours GEST 075* », Université libre de Bruxelles, Faculté des Sciences appliquées Systèmes flexibles de production, Bruxelles.

[Giard, 2003] Giard, V., 2003, « *Gestion de la production et des flux* », 3ème édition Economica, Paris.

[Goldratt et al., 2006] GOLDRATT Eliyahu M. et COX J., 2006, « *Le But, Un processus de progrès permanent* », 3eme édition, AFNOR. Paris.

[Hohmann, 2009] HOHMANN, C., 2009, « *Techniques de productivité* », Editions d'Organisation, Paris.

[Lamouri et al., 1999] Lamouri et Thomas, 1999, « *Juste à temps et qualité totale : concepts et outils* », techniques de l'ingénieur AG 5 190.

[Marris, 1994] Marris, P., 1994, « *Le Management Par les Contraintes en gestion industrielles* », Editions d'Organisation, Paris.

[Souilah, 2008] Souilah, S., 2008, « *Reengineering du pilotage des flux dans une relation client/fournisseur application au cas de l'industrie automobile* », thèse de doctorat, Laboratoire Génie Industriel, Ecole Centrale Paris, Paris

Sitographie

[Site 1] Câblerie Algérienne des Télécommunications CATEL (web), www.catel-dz.com, 2011.

[Hohmann, 2010] Christian C., <http://chohmann.free.fr/>.

[Marris, 2010] Marris P., www.management-par-les-contraintes.com.

[Hachen, 2010] Hachen C., www.wikindustry.org.

Autres ouvrages consultés

Belt B., 2008, « *Les bases de la gestion industrielle et logistique* », Editions d'organisation, Paris.

Blondel F., 2002, « *Gestion de la production* », 3^{ème} édition, Dunod, Paris.

Botta-Genoulaz, V., 2008, « *principes et méthodes pour l'intégration et l'optimisation du pilotage des systèmes de production et des chaînes logistiques* », thèse de doctorat, spécialité productique et informatique, L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, Lyon.

Goldratt Eliyahu M. et COX J., 2006, « *Le But, Un processus de progrès permanent* », 3^{ème} édition, AFNOR. Paris.

Hohmann, C., 2006, « *Guide pratique des 5S* », Editions d'organisation, Paris.

Kamematsu M., 1998, « *Le guide qualité de la gestion de production* », Dunod, Paris.

Lorino P., 2001, « *Méthodes et pratiques de la performance* », 2^{ème} édition, Editions d'organisation, Paris.

Midamadi, S., 2009, « *Modélisation du processus de pilotage d'un atelier en temps réel à l'aide de la simulation en ligne couplée à l'exécution* », thèse de doctorat, Spécialité Systèmes Industriels, Institut National Polytechnique de Toulouse, Toulouse.

Pichot, L., 2006, « *Stratégie de déploiement d'outils de pilotage de chaînes logistique : apport de classification* », thèse de doctorat, spécialité productique, L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, Lyon.

Pimor Y., et Fender M., 1998, « *Logistique : Production, Distribution, Soutien* », 5^{ème} édition, Dunod, Paris.

Ruffier C., 1996, « *L'efficience productive* », Lyon.

Saharidis, G., 2006, « *Pilotage de production à moyen et à court terme : contribution aux problématiques d'optimisation globale vs locale et à l'ordonnancement dans les raffineries* », thèse de doctorat, Spécialité Génie Industriel, Ecole des Arts et Manufactures, Paris.

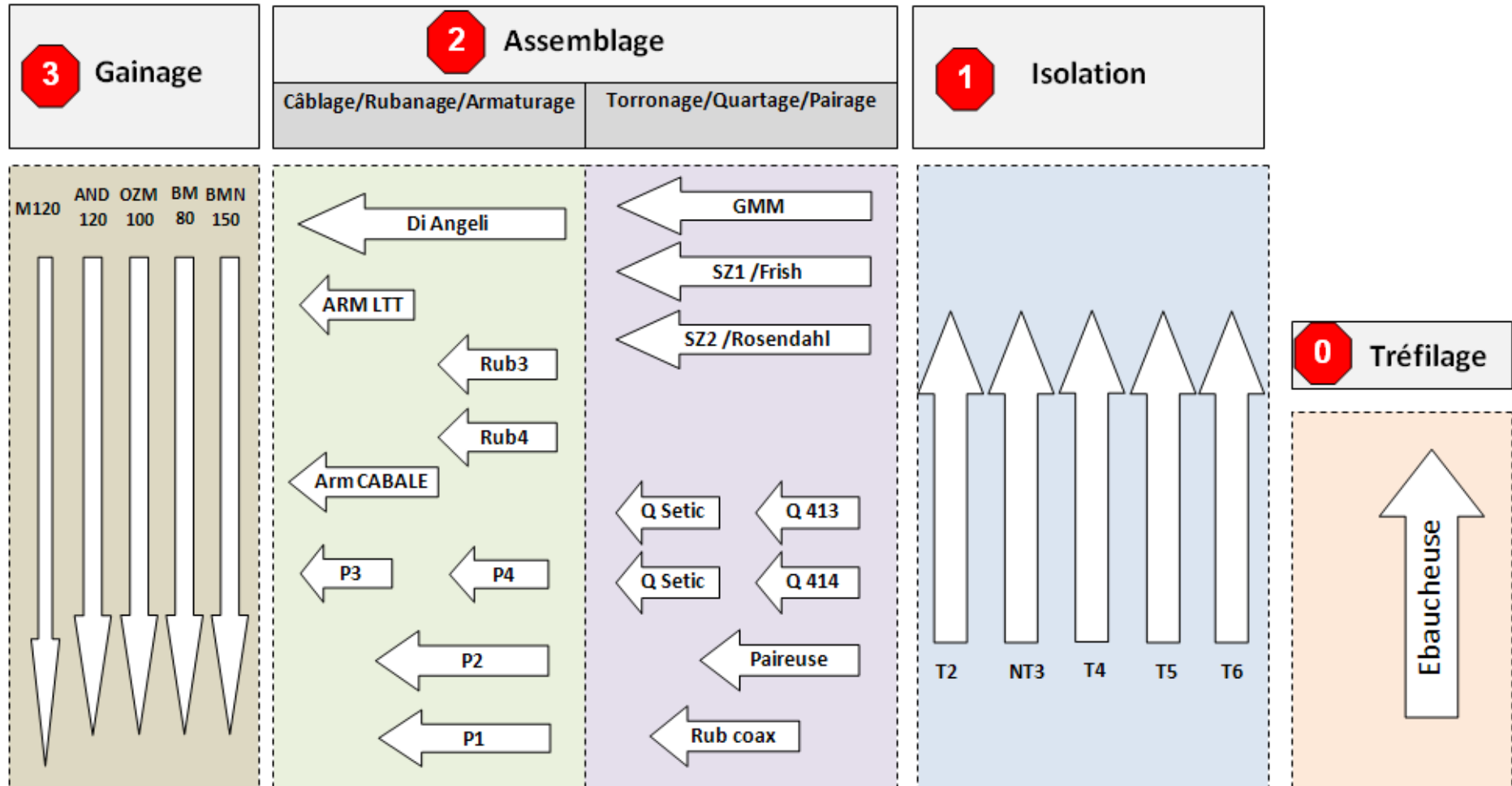
Wolosewicz, C., 2008, « *Approche intégrée en planification et ordonnancement de la production* », thèse de doctorat, Laboratoire Génie Industriel, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, Saint-Etienne.

Annexes

Liste des annexes

ANNEXE 1 Macro-processus et ateliers de production	104
ANNEXE 2 Programme annuel de production 2011 et variété de la demande.....	105
ANNEXE 3 Cartographie des processus	108
ANNEXE 4 Nomenclatures des produits	126
ANNEXE 5 Ordre de fabrication	134
ANNEXE 6 Carnets de commandes 2010 et 2011	135
ANNEXE 7 Liste des références, Câbles en cuivre	136
ANNEXE 8 Investissements 2010 et 2011	138
ANNEXE 9 Calcul des charges	139
ANNEXE 10 Calcul des capacités.....	142
ANNEXE 11 Répartition des charges.....	148
ANNEXE 12 Nouvelle répartition des charges.....	152
ANNEXE 13 Décomposition temporelle de la capacité du goulot	156

ANNEXE 1 Macro-processus et ateliers de production



ANNEXE 2 Programme annuel de production 2011 et variété de la demande

- Programme de production -

Type de câble			Quantité (km câble)
Série	Diamètre	Nombre de paires	
88	6	8	942
		14	1026
		28	1019
		56	521
		112	647
		224	574
		448	237
		896	209
89	8	7	37
		8	673,5
		14	688,25
		28	253,25
		56	218,5
		112	153,5
		224	42,25
98	6	8	302
		14	302
		28	300
		56	134
		112	265
99	8	14	20
		28	20
		56	20
ZPAU	1.0 mm ²	2	37
		4	19
		7	113
		14	35
		21	27
		28	36
	2.5 mm ²	2	431
ZPGU	1.0 mm ²	1	8
GMBG	8	56	5
		112	5
		224	3
		448	3
MFG	6	5	20
		10	10
		15	6
NTHG	9	1	200

		2	200
		7	4
		10	4
	6	3	100
		5	400
		7	100
		10	40
		15	18
278	6	1	291
		2	642,5
		4	135,25
281	6	2	15
TOTAL			11 512

- Variété de la demande -

Série	Nombre de paires	Quantité (km Câble)	Pourcentage	Cumul	Pareto
88 06	14	1 026	9%	9%	81%
88 06	28	1 019	9%	18%	
88 06	8	942	8%	26%	
89 08	14	688	6%	32%	
89 08	8	674	6%	38%	
88 06	112	647	6%	43%	
Série 278 06	2	643	6%	49%	
88 06	224	574	5%	54%	
88 06	56	521	5%	58%	
ZPAU 2.5 mm ²	2	431	4%	62%	
NTHG 06	5	400	3%	66%	
98 06	8	302	3%	68%	
98 06	14	302	3%	71%	
98 06	28	300	3%	74%	
Série 278 06	1	291	3%	76%	
98 06	112	265	2%	78%	
89 08	28	253	2%	81%	
88 06	448	237	2%	83%	19%
89 08	56	219	2%	85%	
88 06	896	209	2%	86%	
NTHG 09	1	200	2%	88%	
NTHG 09	2	200	2%	90%	
89 08	112	154	1%	91%	
Série 278 06	4	135	1%	92%	

98 06	56	134	1%	94%
ZPAU 1.0 mm ²	7	113	1%	94%
NTHG 06	3	100	1%	95%
NTHG 06	7	100	1%	96%
89 08	224	42	0%	97%
NTHG 06	10	40	0%	97%
89 08	7	37	0%	97%
ZPAU 1.0 mm ²	2	37	0%	98%
ZPAU 1.0 mm ²	28	36	0%	98%
ZPAU 1.0 mm ²	14	35	0%	98%
ZPAU 1.0 mm ²	21	27	0%	98%
99 08	56	20	0%	99%
99 08	28	20	0%	99%
99 08	14	20	0%	99%
MFG 06	5	20	0%	99%
ZPAU 1.0 mm ²	4	19	0%	99%
NTHG 06	15	18	0%	99%
Série 281 06	2	15	0%	100%
MFG 06	10	10	0%	100%
ZPGU 1.0 mm ²	1	8	0%	100%
MFG 06	15	6	0%	100%
GMBG 08	56	5	0%	100%
GMBG 08	112	5	0%	100%
NTHG 09	7	4	0%	100%
NTHG 09	10	4	0%	100%
GMBG 08	224	3	0%	100%
GMBG 08	448	3	0%	100%

Remarque : Le programme de production est établi sur la base du carnet de commandes uniquement. Il reflète bien la demande du marché.

ANNEXE 3 Cartographie des processus

Nous avons constitué la cartographie des processus des 51 références figurant au carnet de commandes de 2011.

Ce travail nous a nécessité un temps considérable car de telles représentations n'étaient pas formalisées à CATEL.

Pour chaque référence, nous avons déterminé l'itinéraire principal et les itinéraires secondaires pouvant être empruntés pour sa production.

Dans notre représentation, nous avons utilisé des numéros sur les postes de fabrication pour indiquer les étapes du processus de production.

Si une étape du processus de production a la possibilité de se faire sur plusieurs postes, les postes porteront un même numéro.

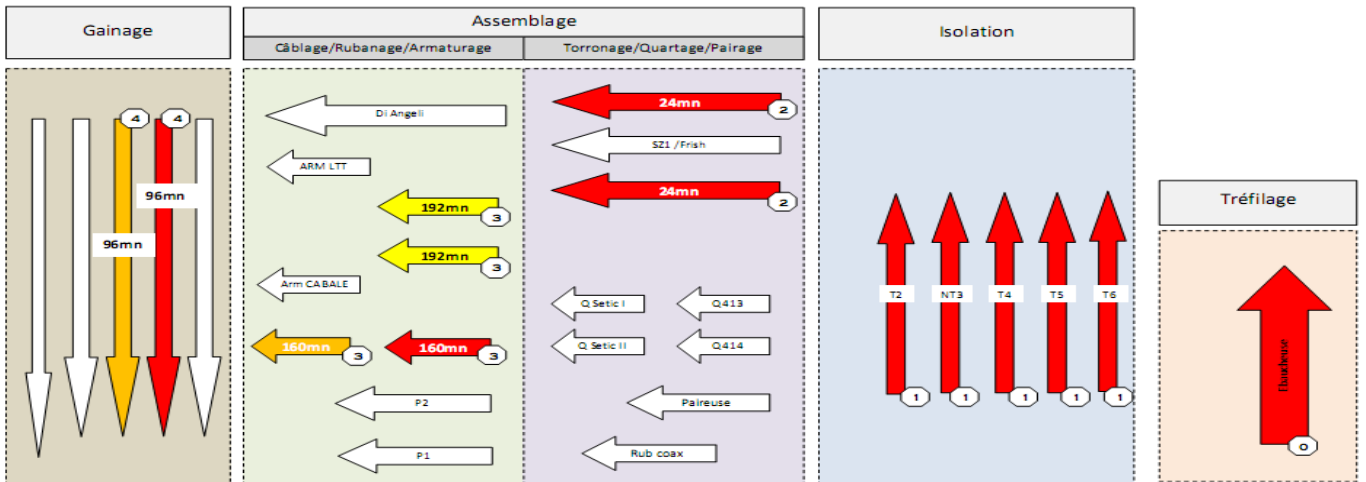
On différencie la préférence entre les postes par des couleurs.

 Préférence 1  Préférence 2  Préférence 3

Dans un second travail que nous avons mené par la suite, nous avons déterminé les gammes de fabrication pour chaque référence.

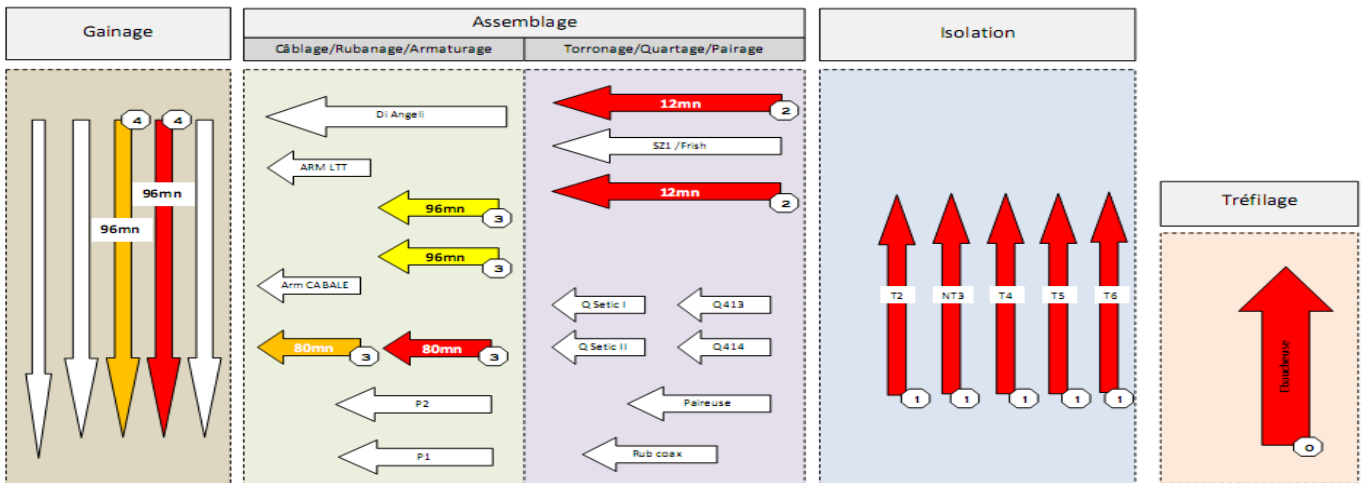
Cela nous a été utile pour la détection du goulot, (Calcul des rapports charge/capacité).

Pour chaque processus, nous indiquons sur chaque poste le temps de réalisation de l'activité associée pour une longueur de câble.



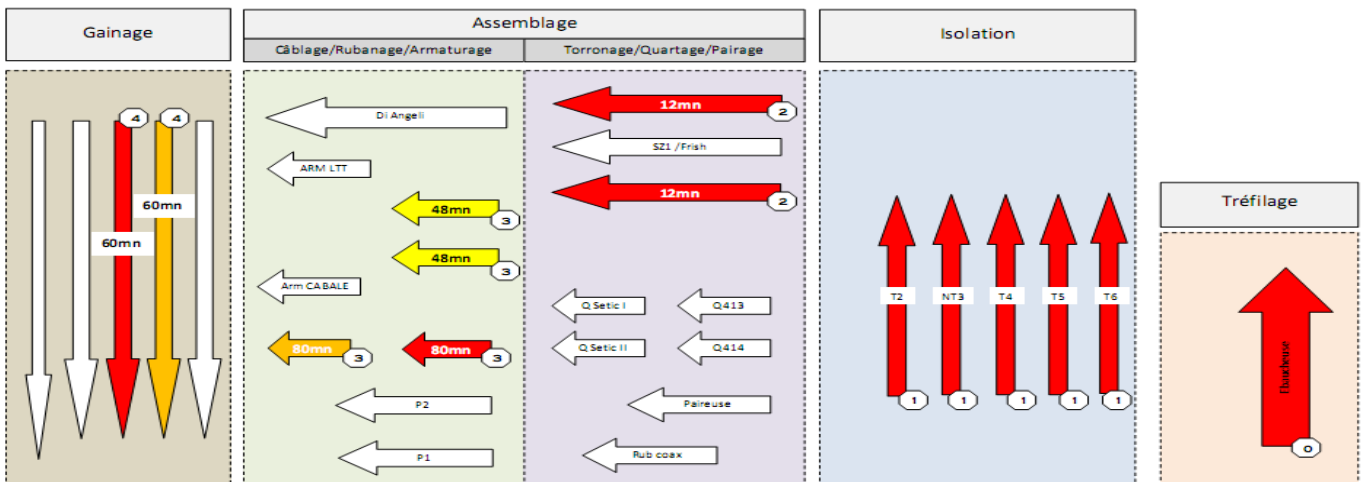
Conditionnement

Référence du câble : **88-06-8p**



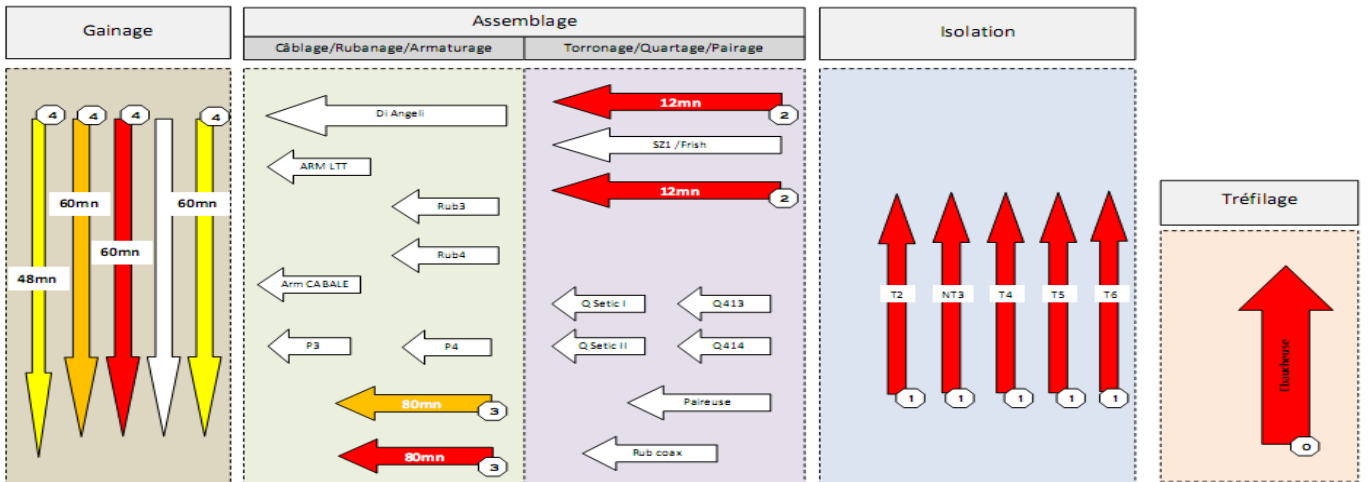
Conditionnement

Référence du câble : **88-06-14p**



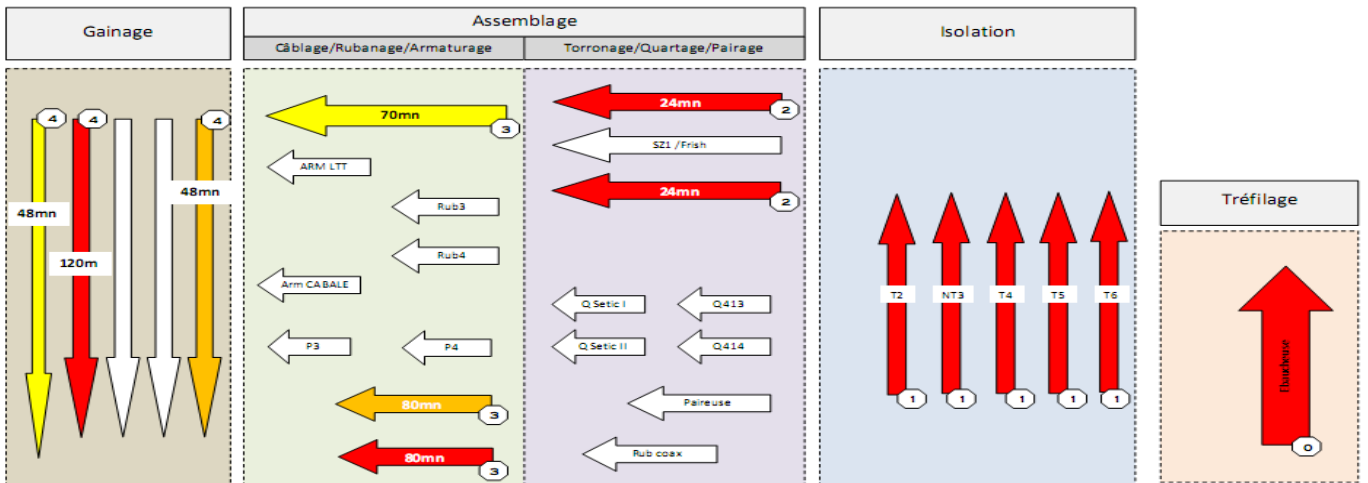
Conditionnement

Référence du câble : **88-06-28p**



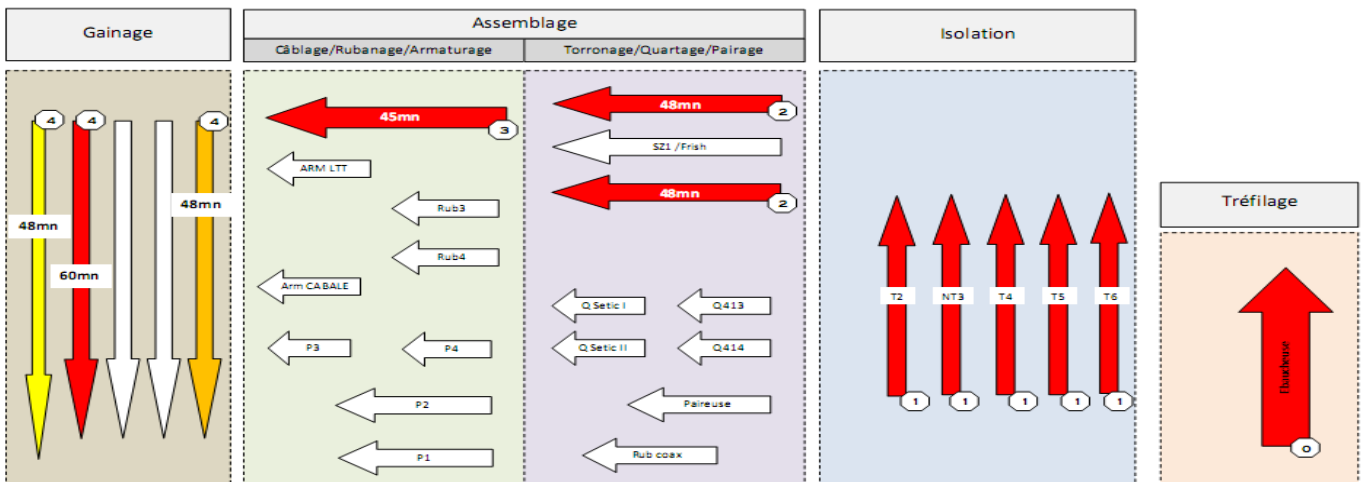
Conditionnement

Référence du câble : **88-06-56p**



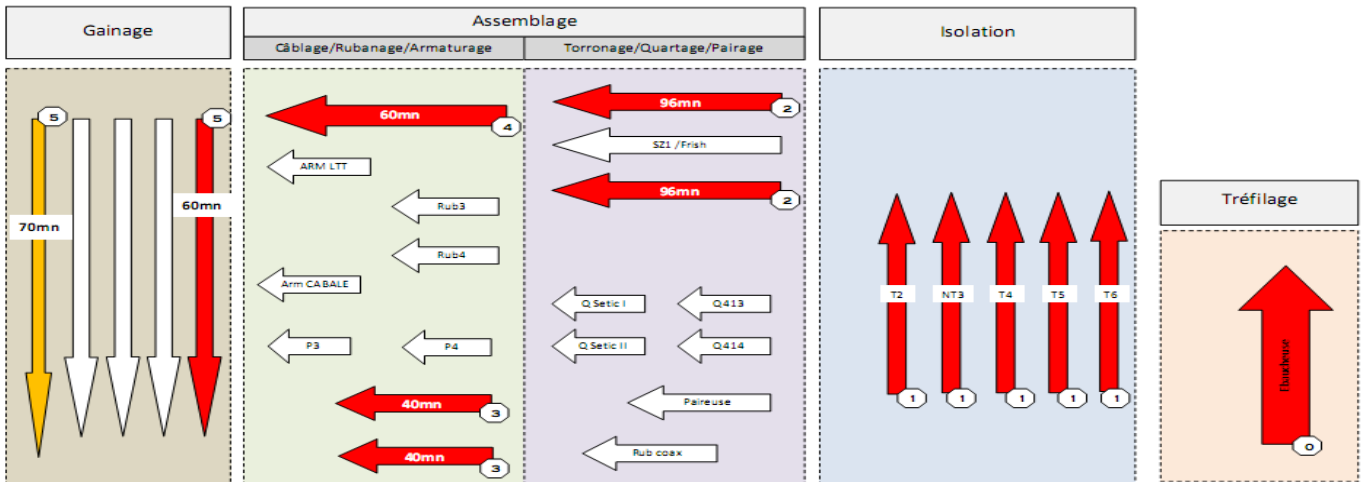
Conditionnement

Référence du câble : **88-06-112p**



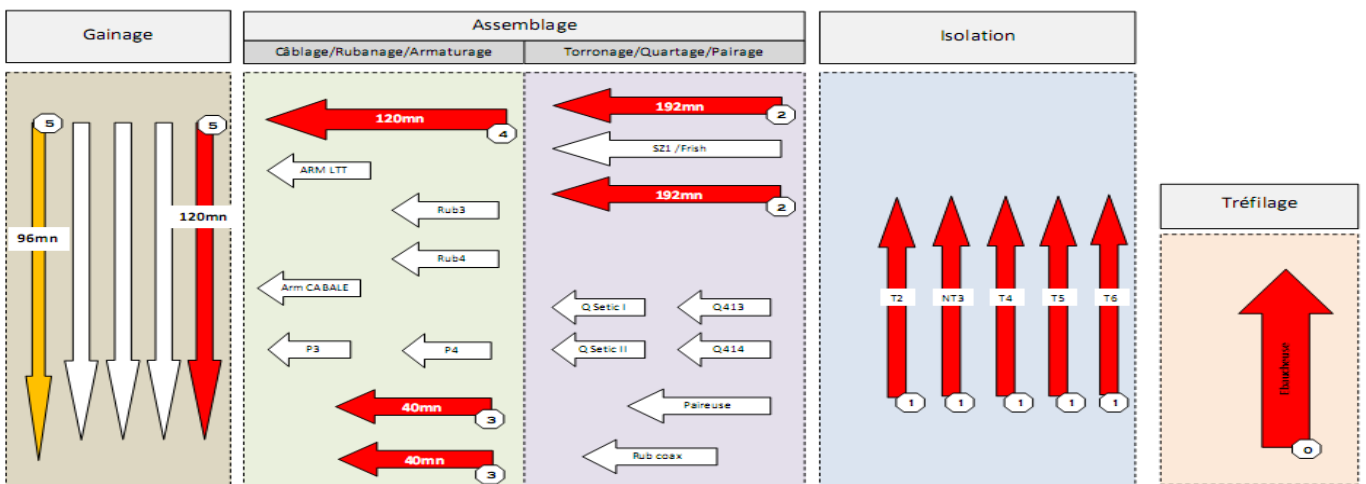
Conditionnement

Référence du câble : **88-06-224p**



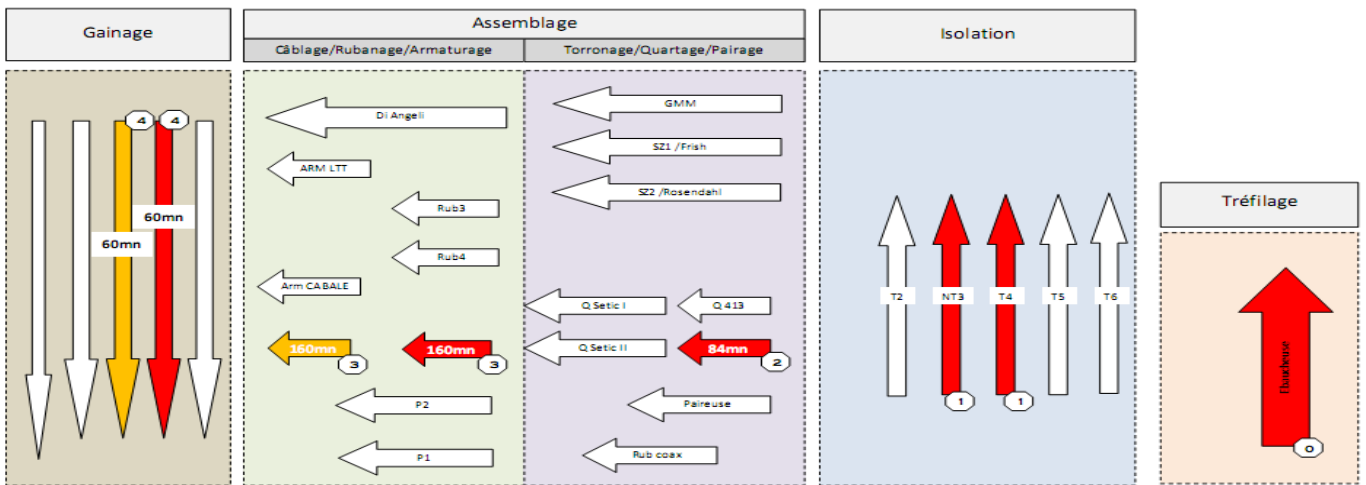
Conditionnement

Référence du câble : **88-06-448p**



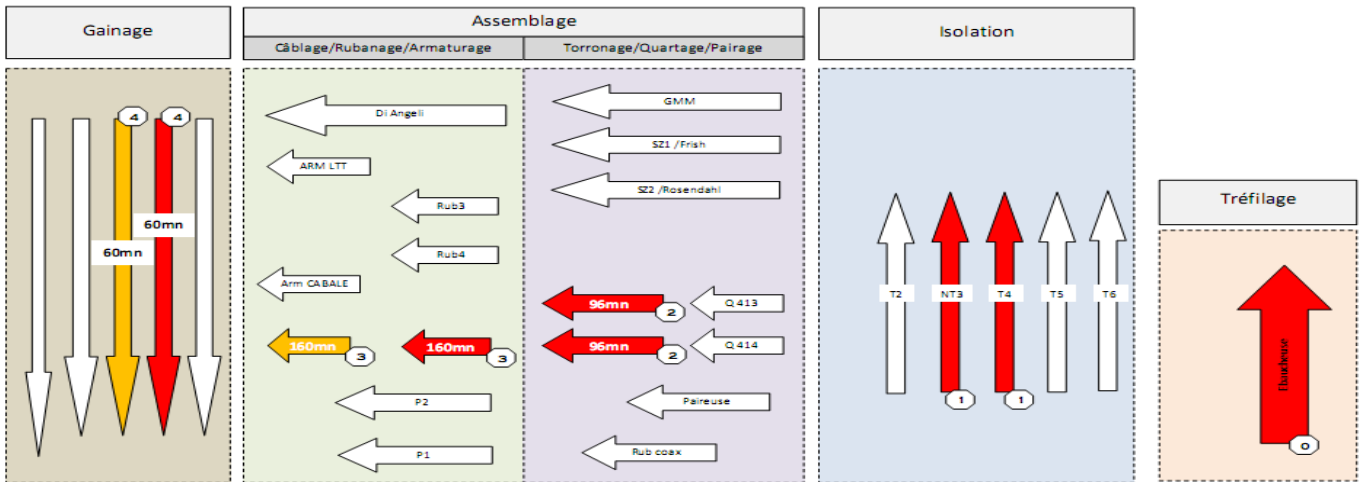
Conditionnement

Référence du câble : **88-06-896p**



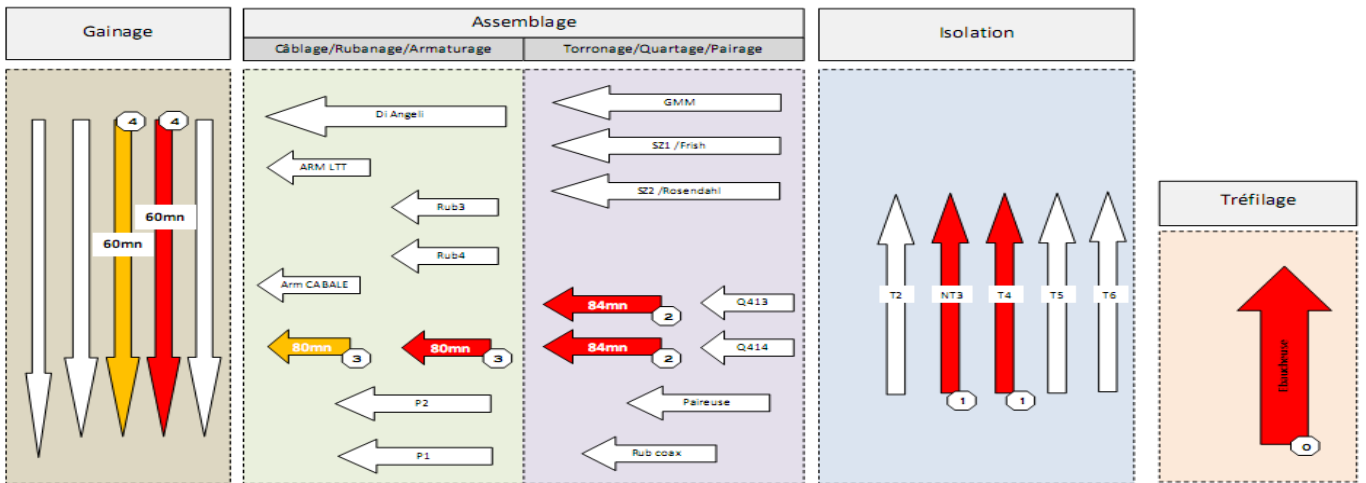
Conditionnement

Référence du câble : **89-08-7p**



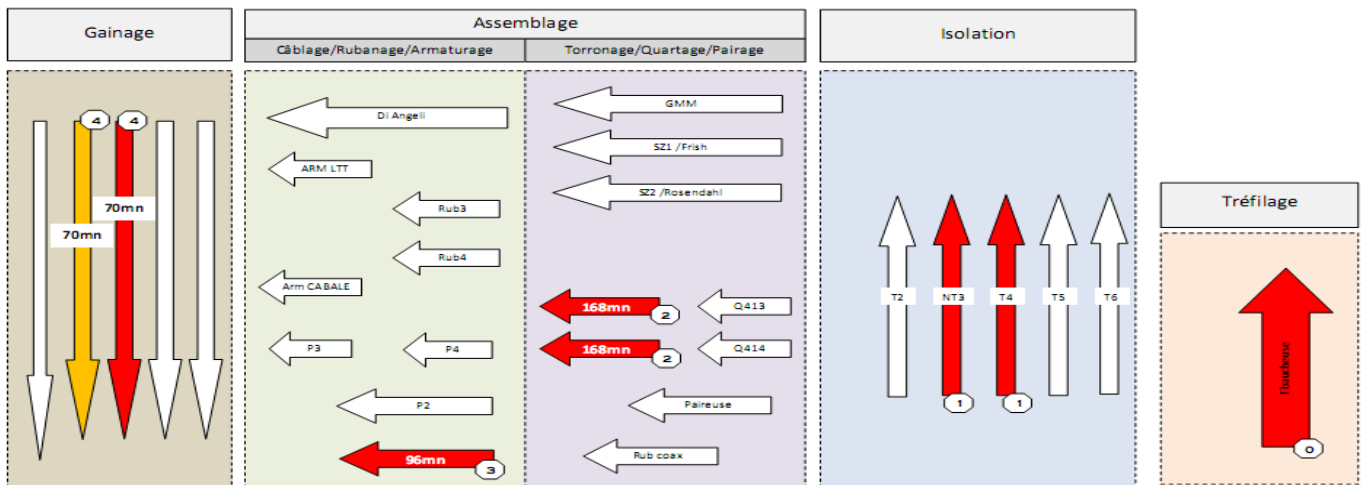
Conditionnement

Référence du câble : **89-08-8p**



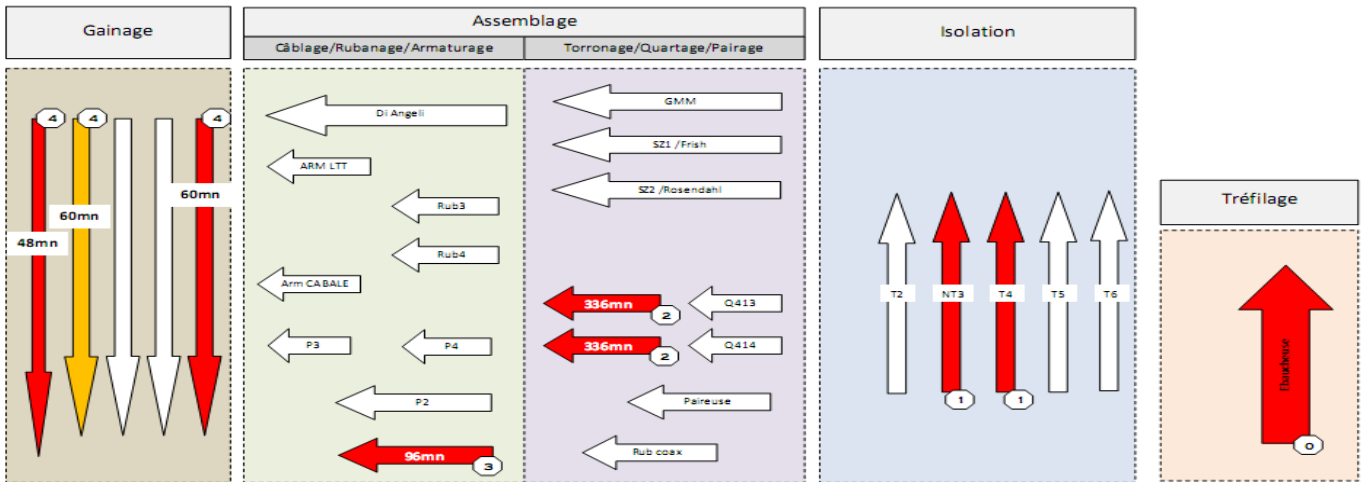
Conditionnement

Référence du câble : **89-08-14p**



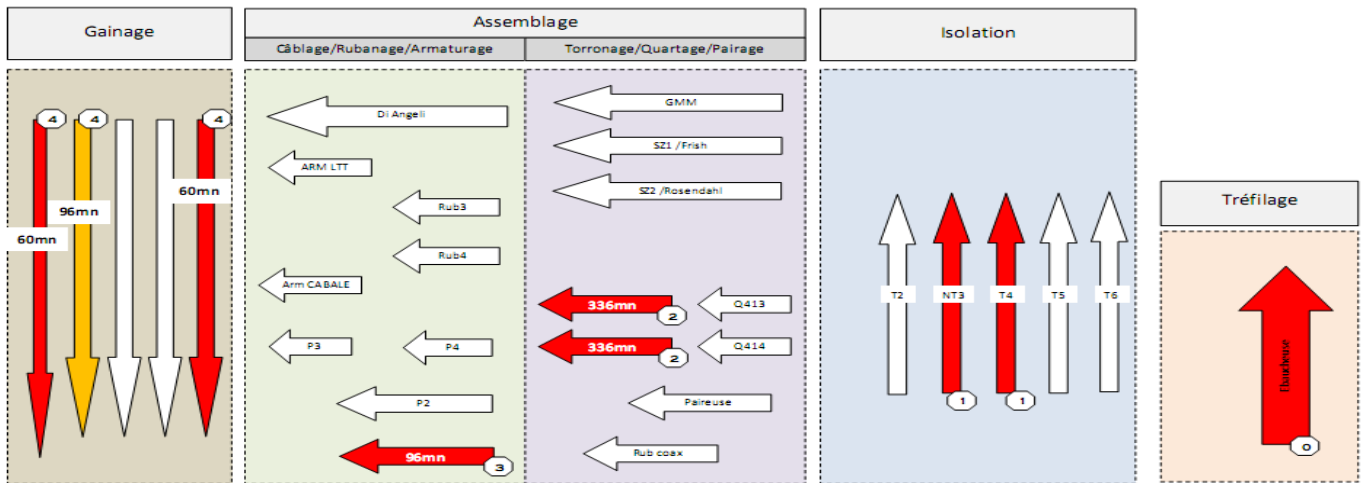
Conditionnement

Référence du câble : **89-08-28p**



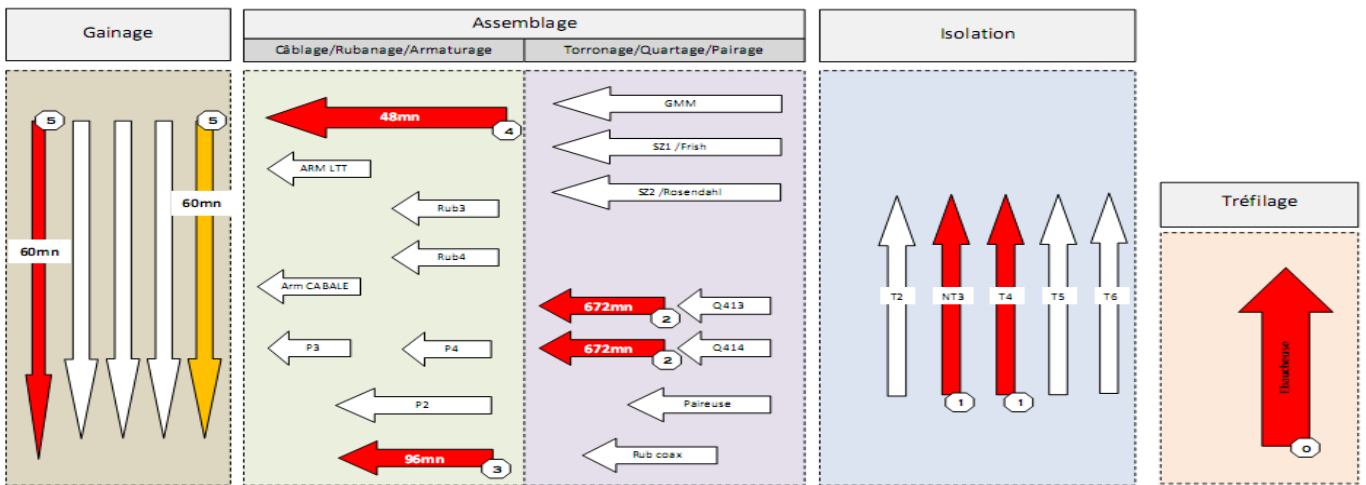
Conditionnement

Référence du câble : **89-08-56p**



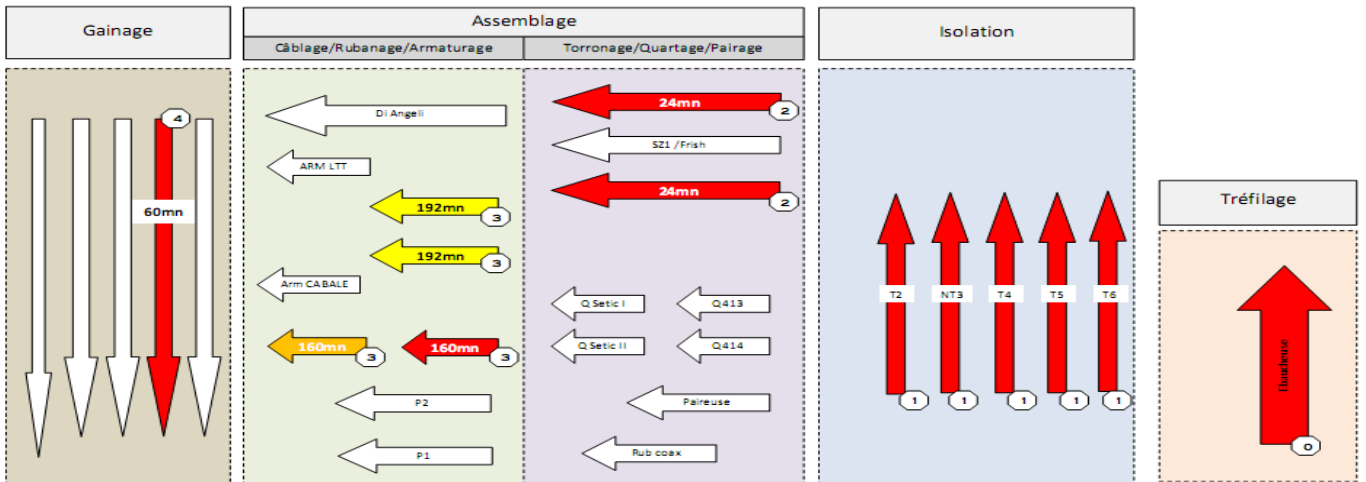
Conditionnement

Référence du câble : **89-08-112p**



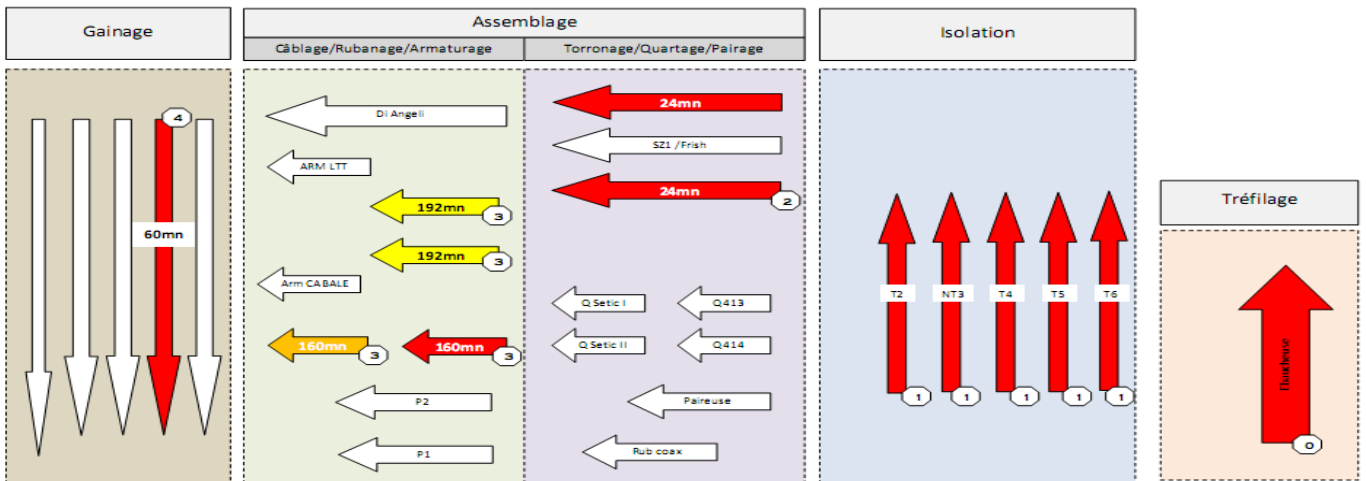
Conditionnement

Référence du câble : **89-08-224p**



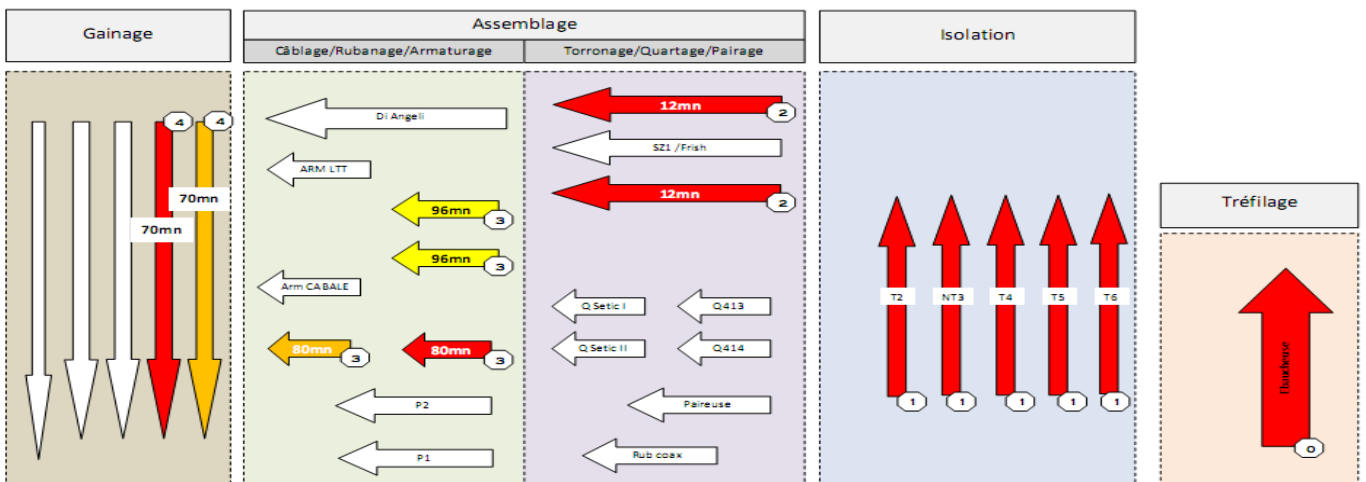
Conditionnement

Référence du câble : **98-06-8p**



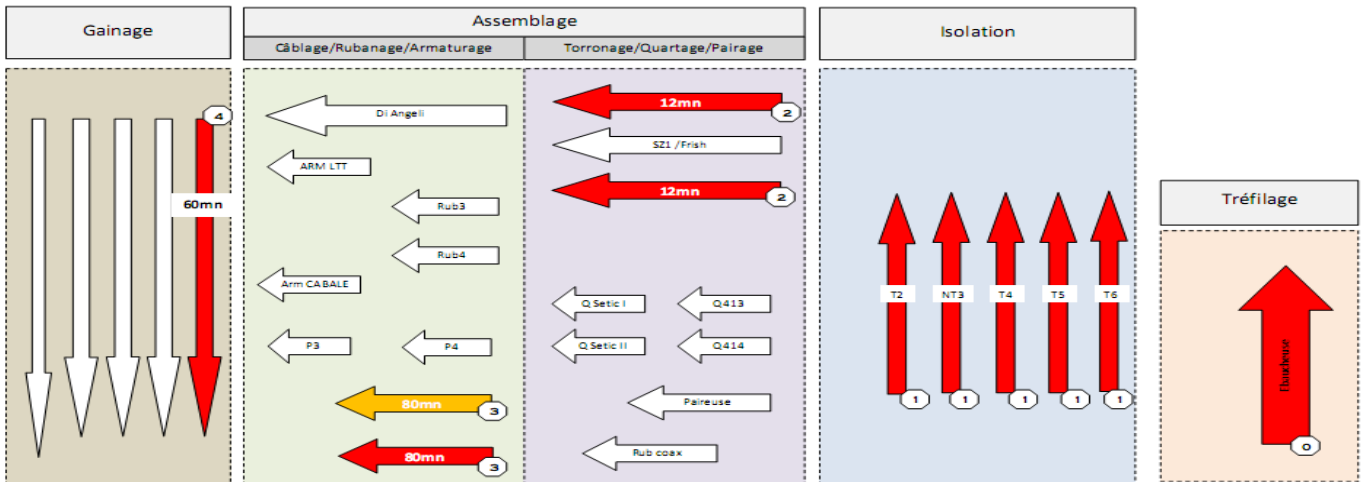
Conditionnement

Référence du câble : **98-06-14p**



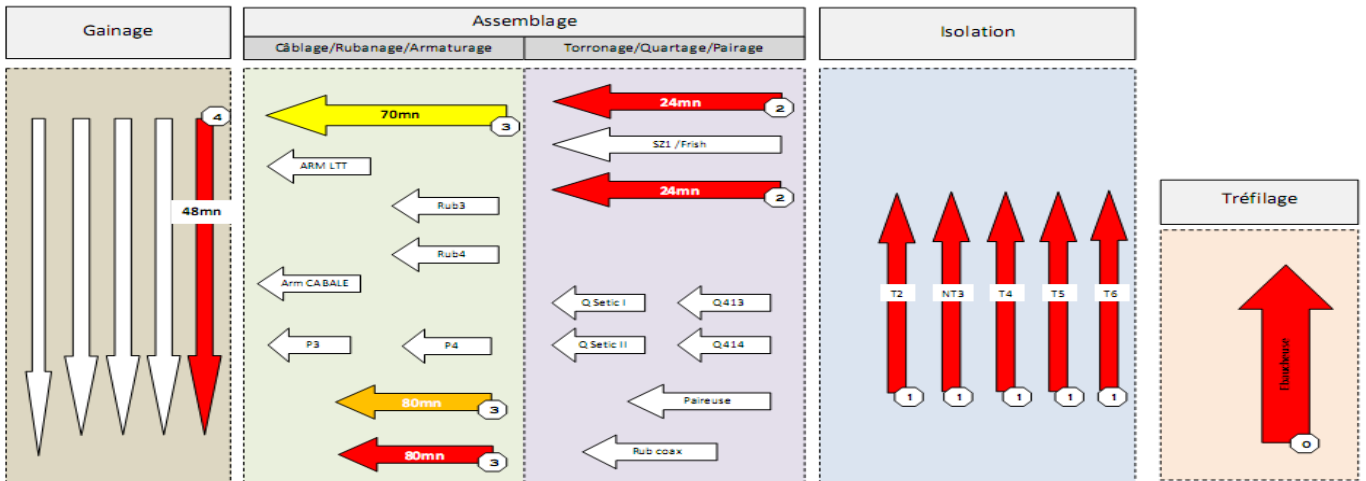
Conditionnement

Référence du câble : **98-06-28p**



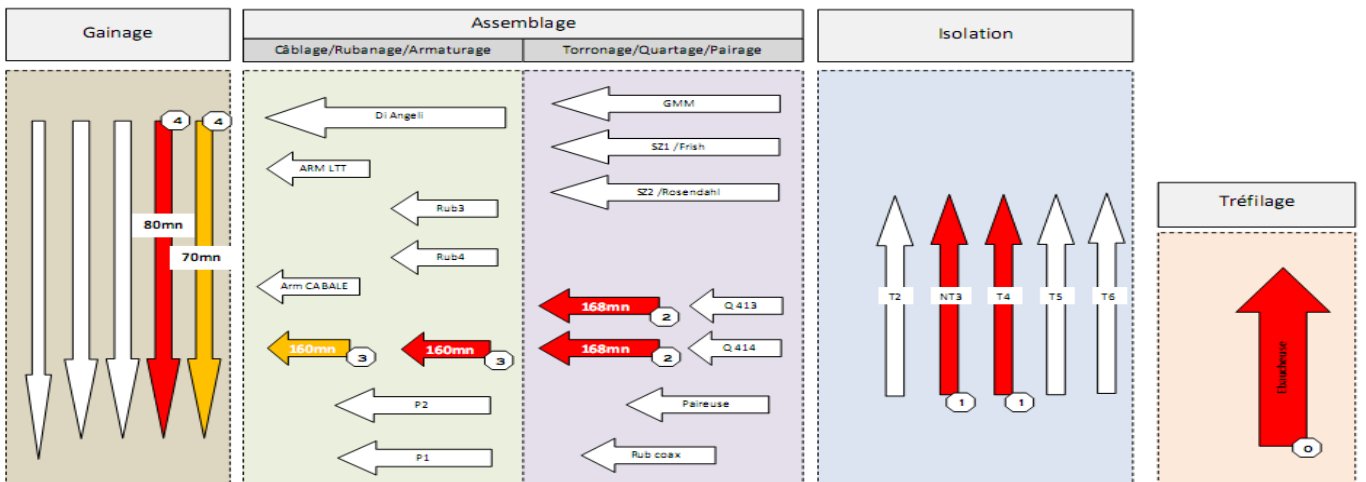
Conditionnement

Référence du câble : **98-06-56p**



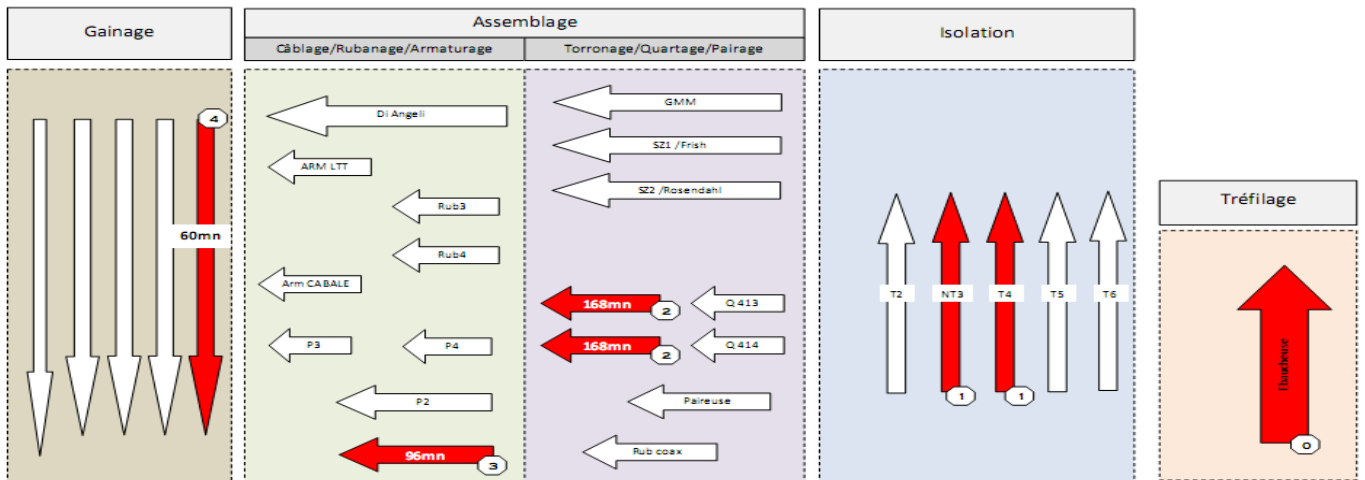
Conditionnement

Référence du câble : **98-06-112p**



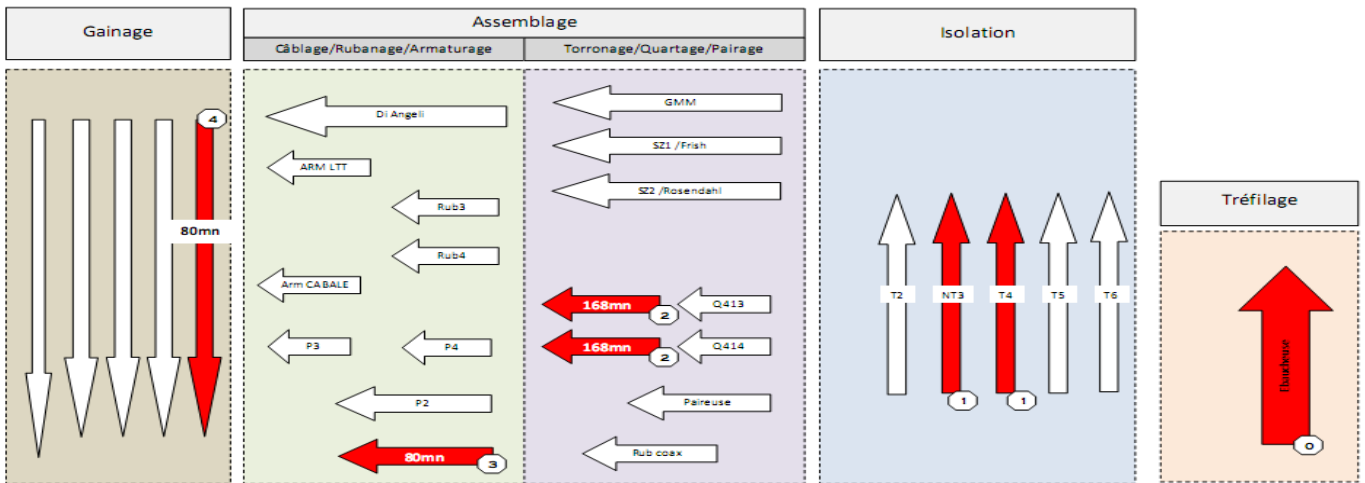
Conditionnement

Référence du câble : **99-08-14p**



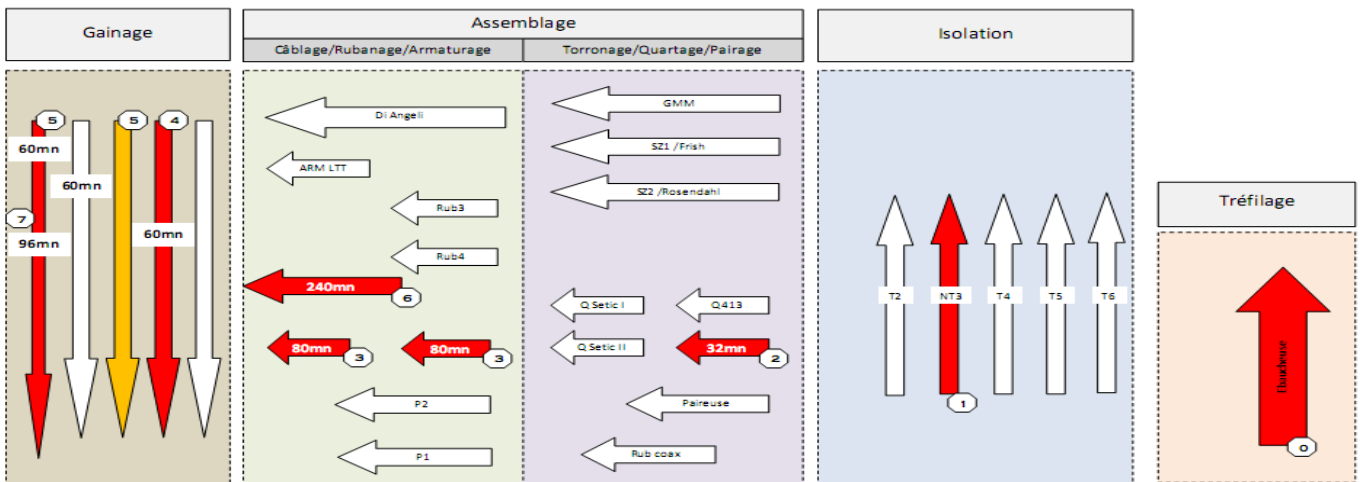
Conditionnement

Référence du câble : **99-08-28p**



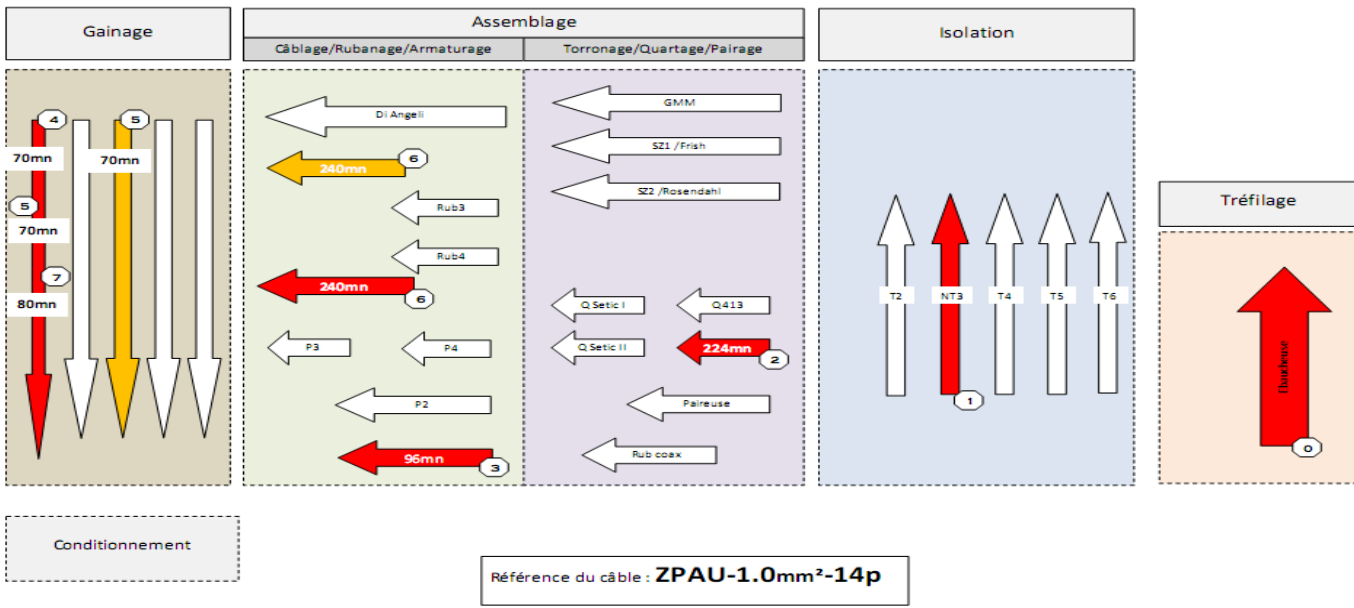
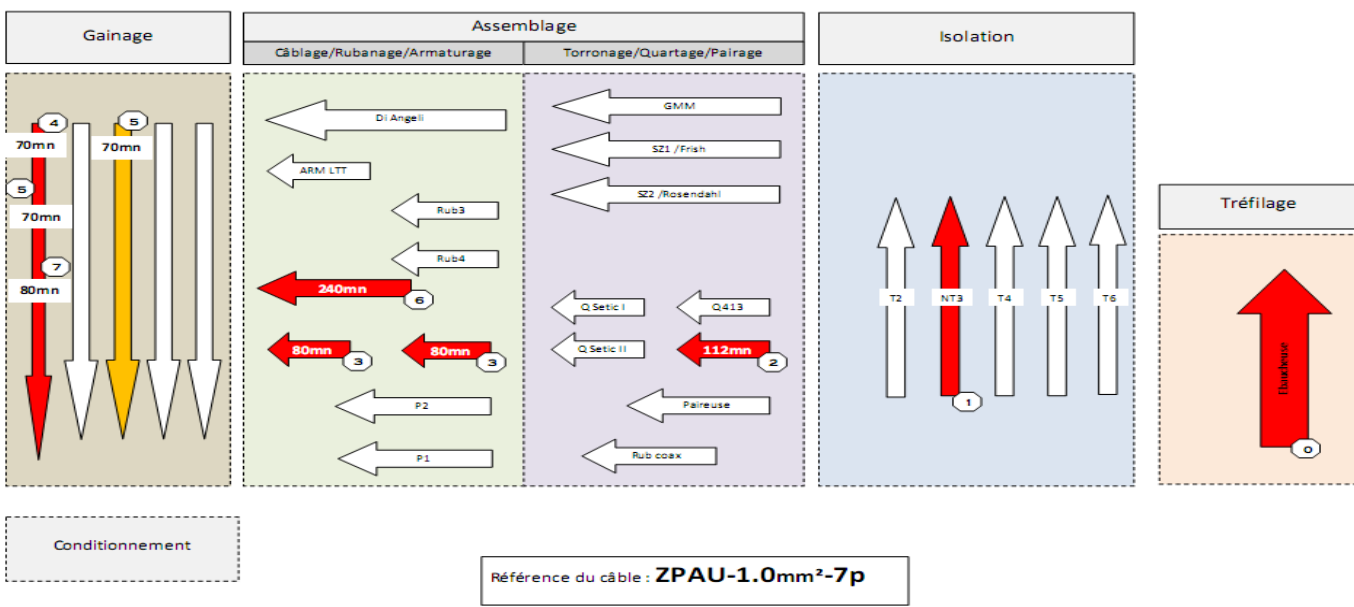
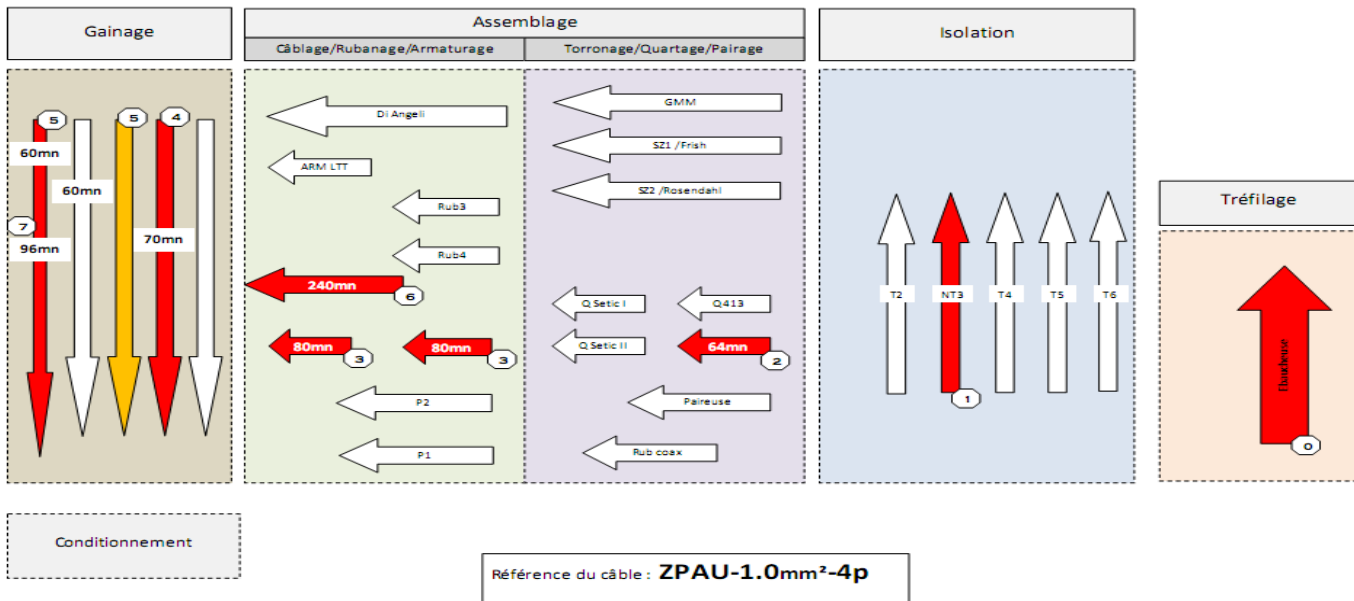
Conditionnement

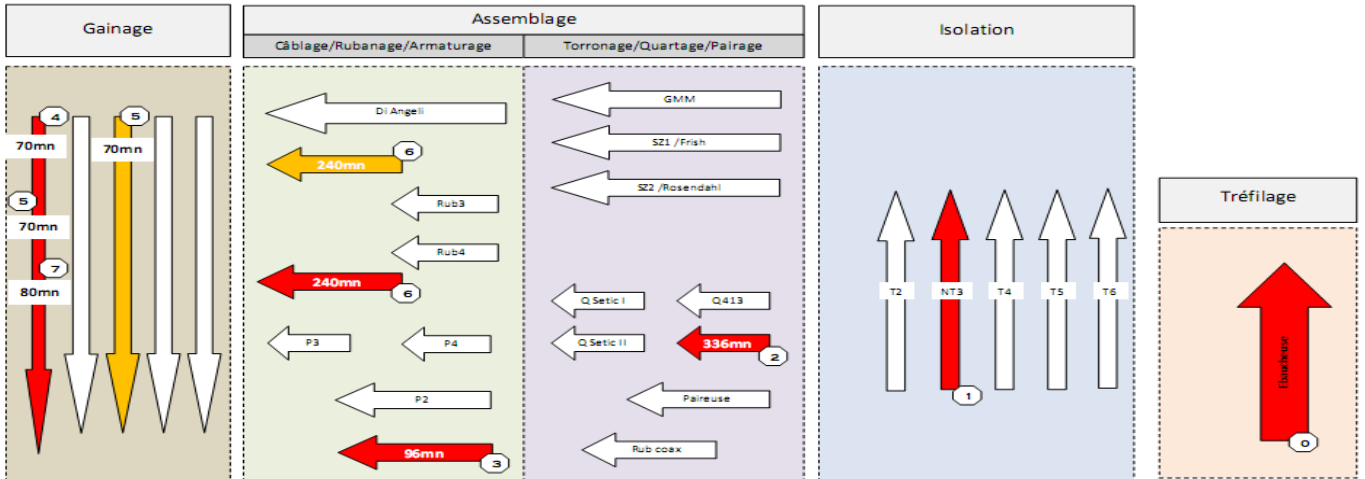
Référence du câble : **99-08-56p**



Conditionnement

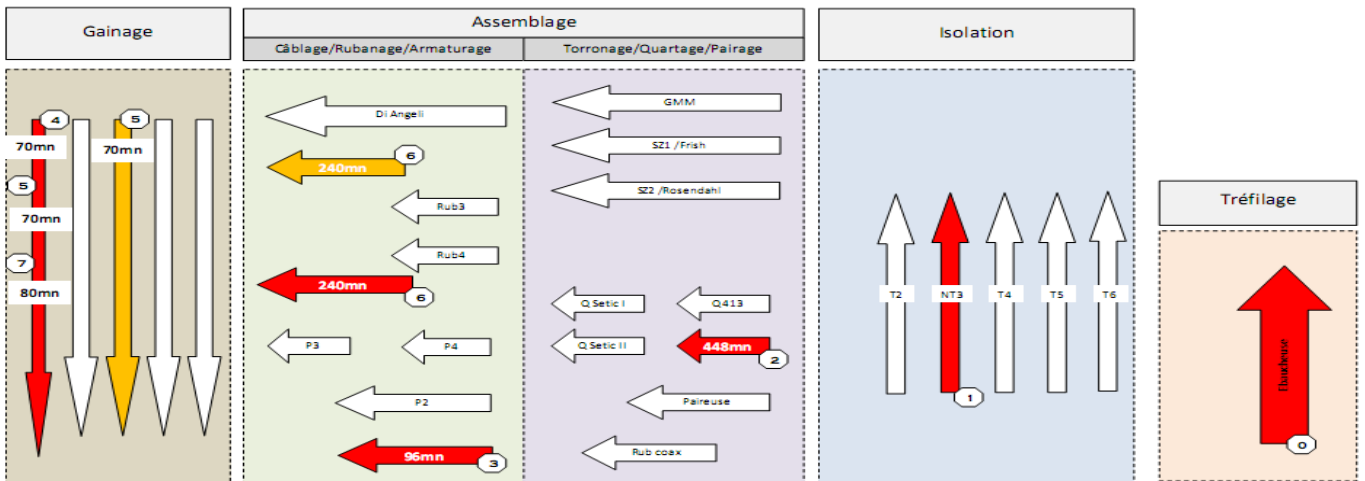
Référence du câble : **ZPAU-1.0mm²-2p**





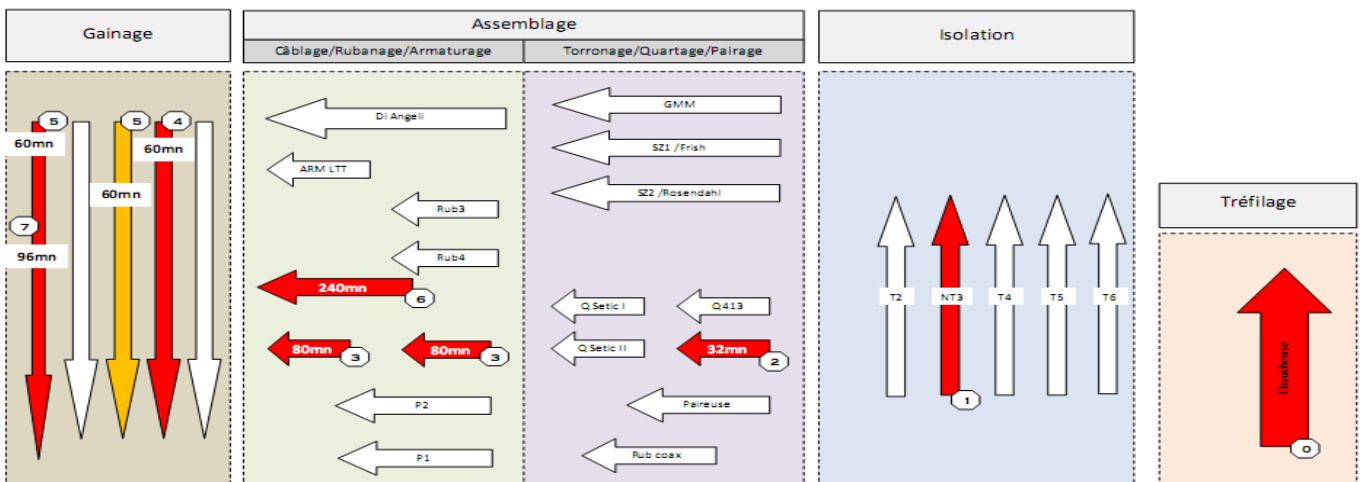
Conditionnement

Référence du câble : **ZPAU-1.0mm²-21p**



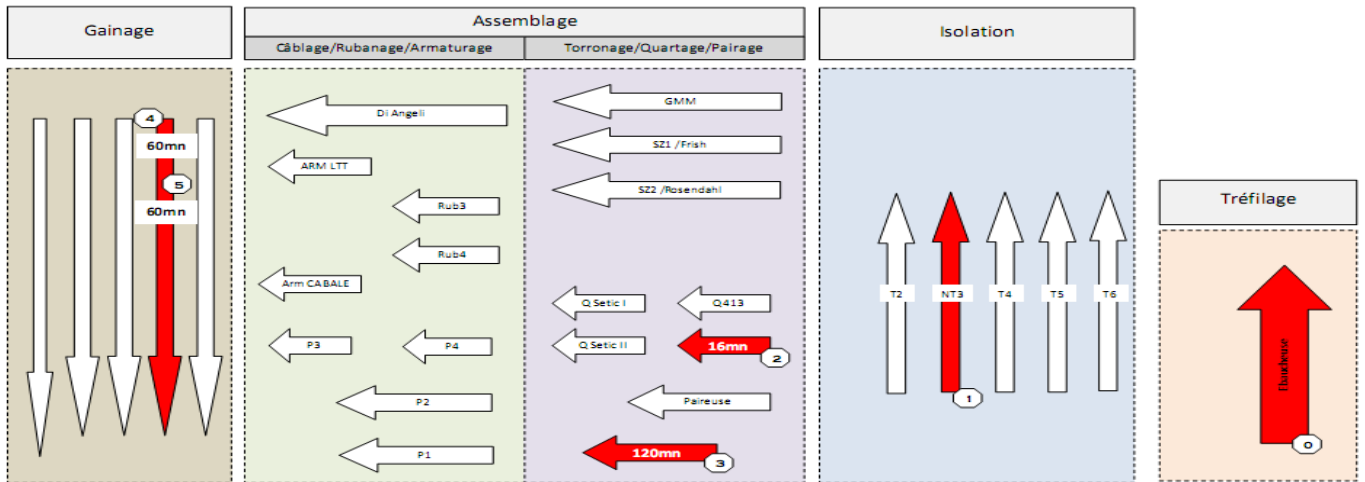
Conditionnement

Référence du câble : **ZPAU-1.0mm²-28p**



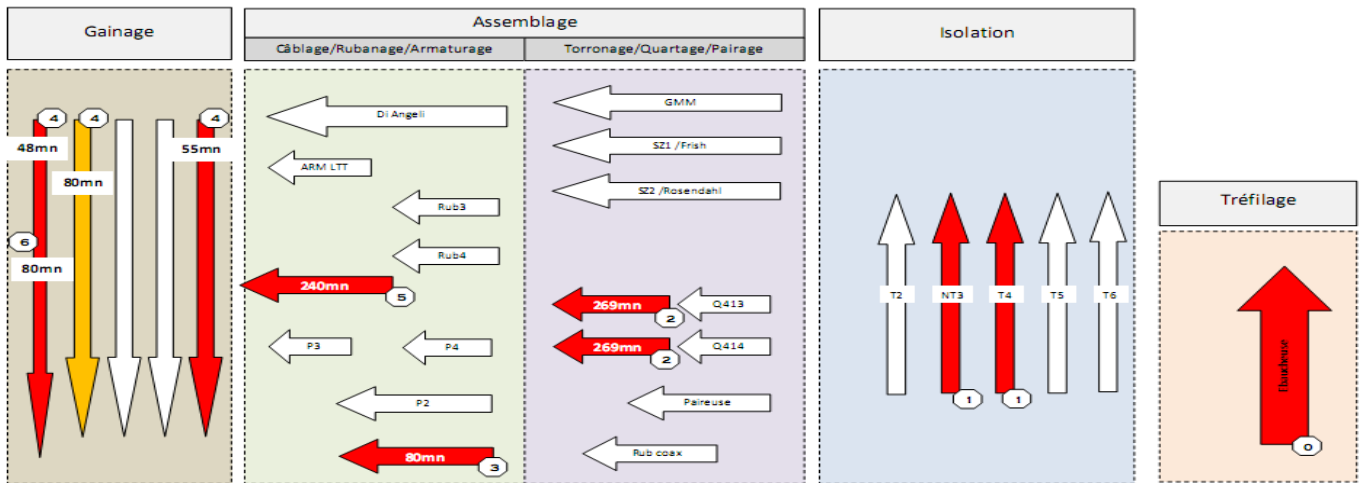
Conditionnement

Référence du câble : **ZPAU-2.5mm²-2p**



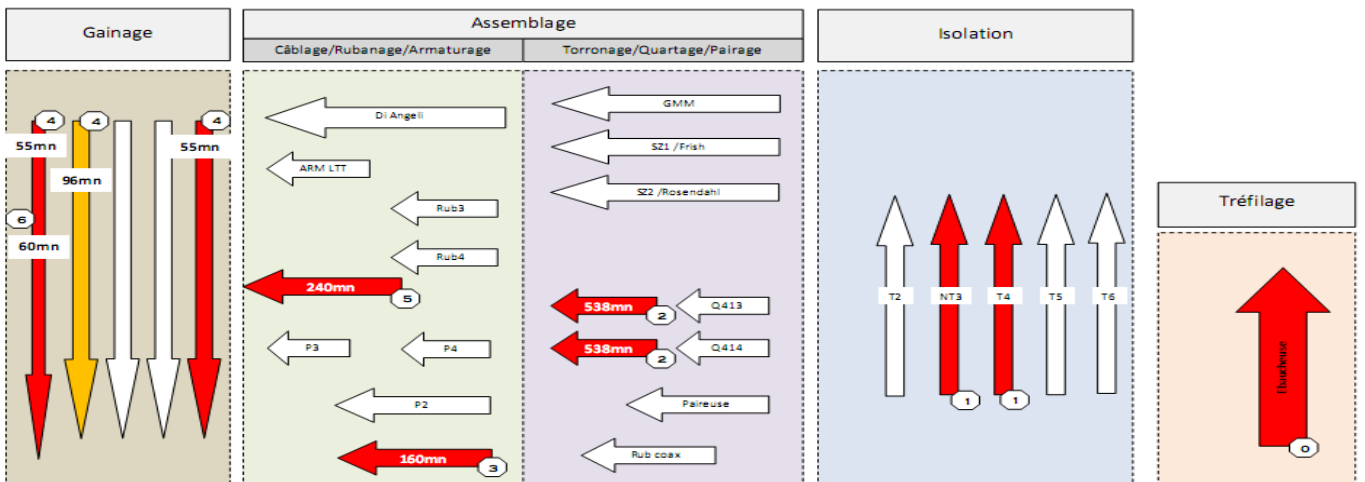
Conditionnement

Référence du câble : **ZPGU-1.0mm²-1p**



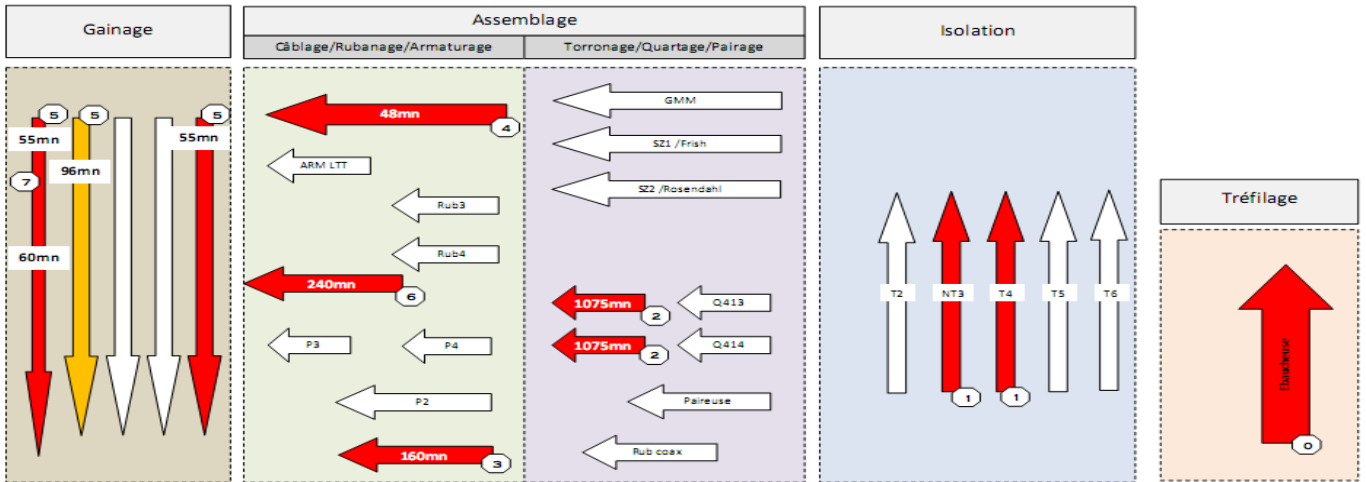
Conditionnement

Référence du câble : **GMBG-08-56p**



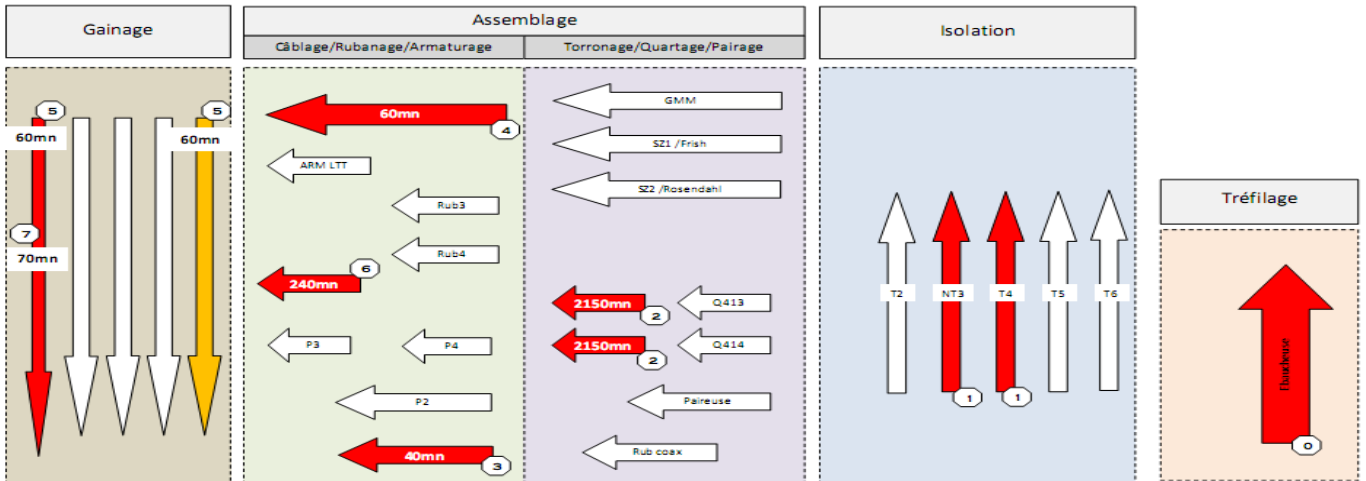
Conditionnement

Référence du câble : **GMBG-08-112p**



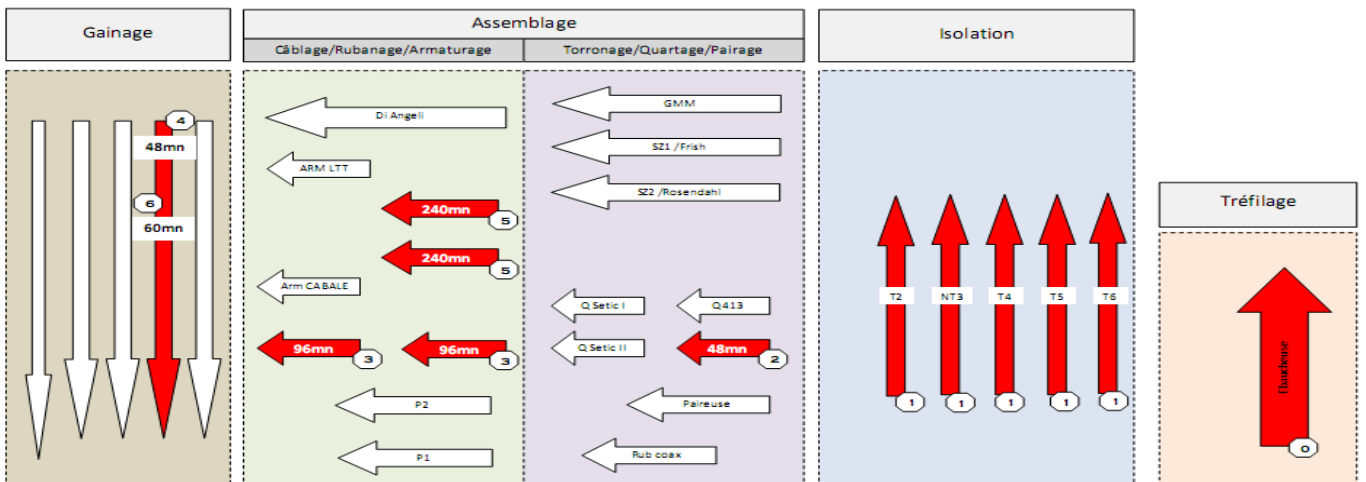
Conditionnement

Référence du câble : **GMBG-08-224p**



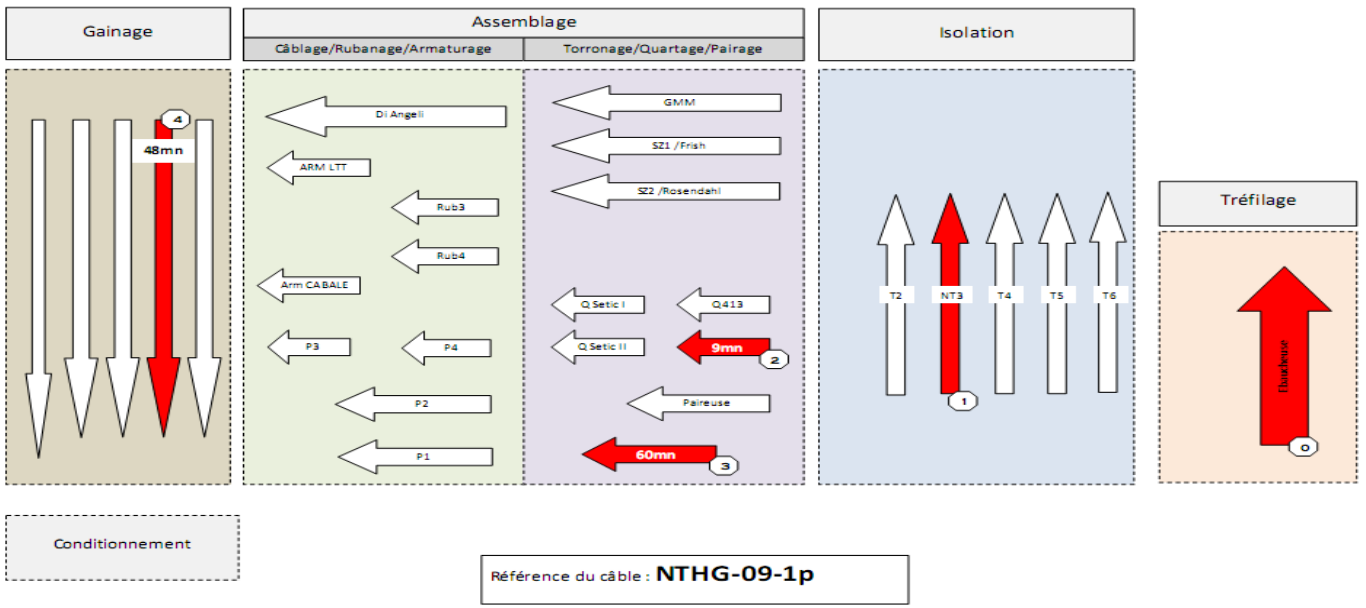
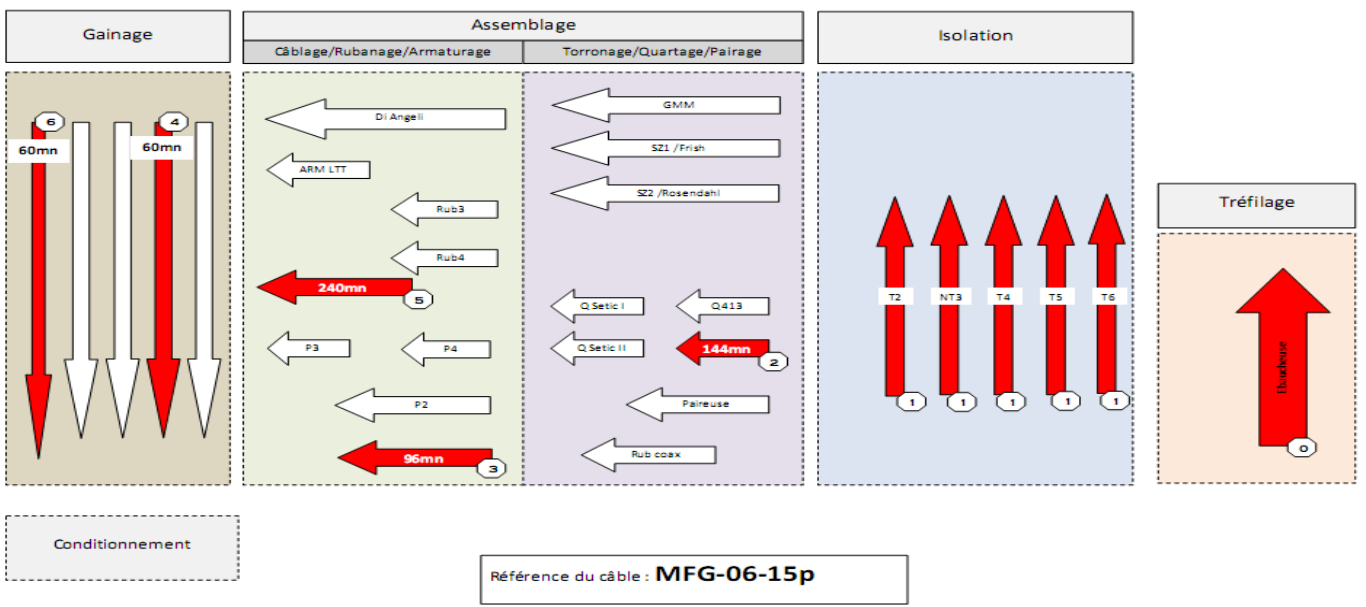
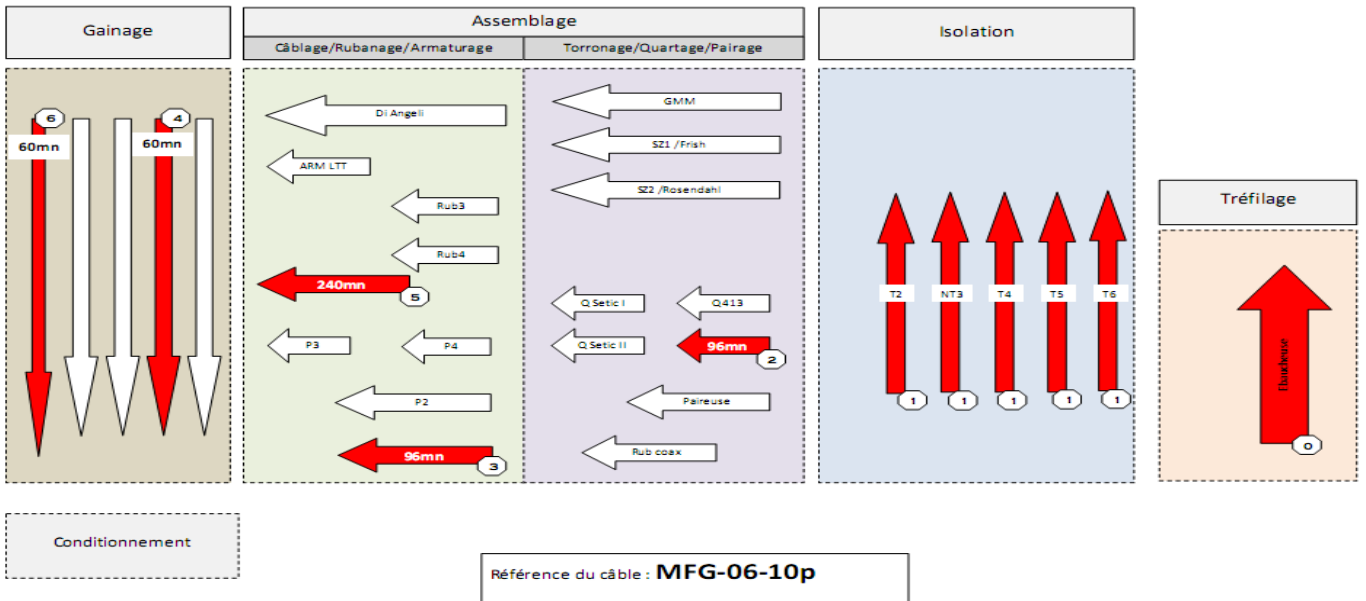
Conditionnement

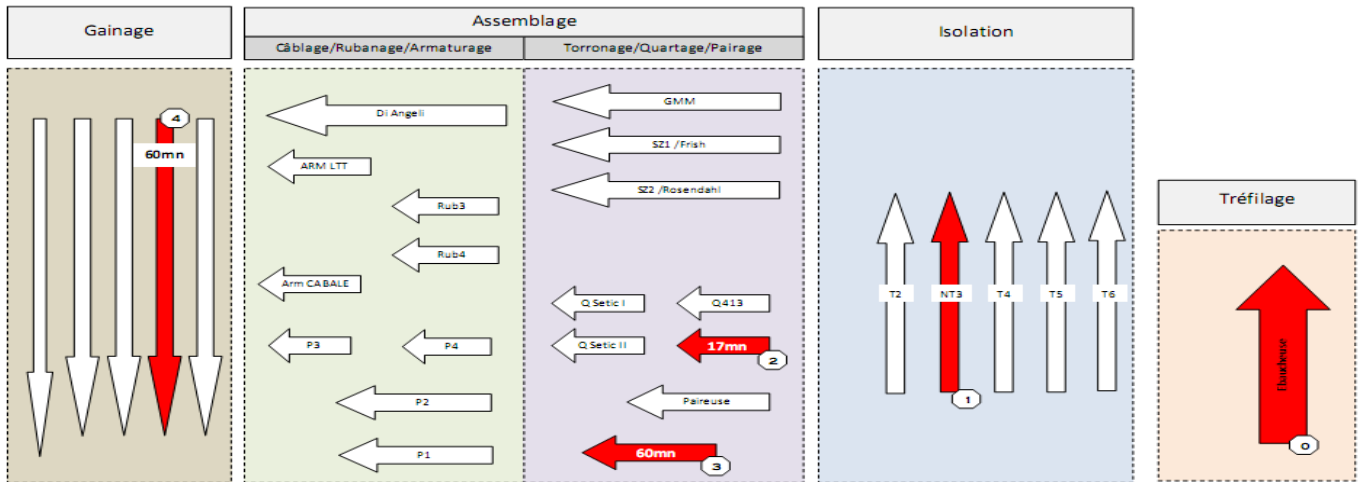
Référence du câble : **GMBG-08-448p**



Conditionnement

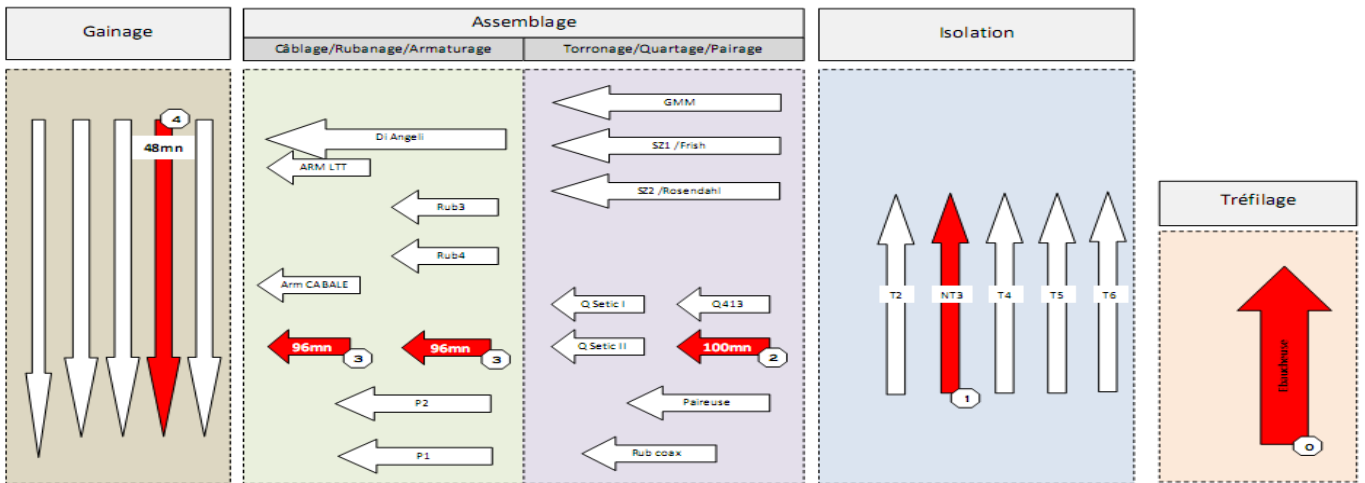
Référence du câble : **MFG-06-5p**





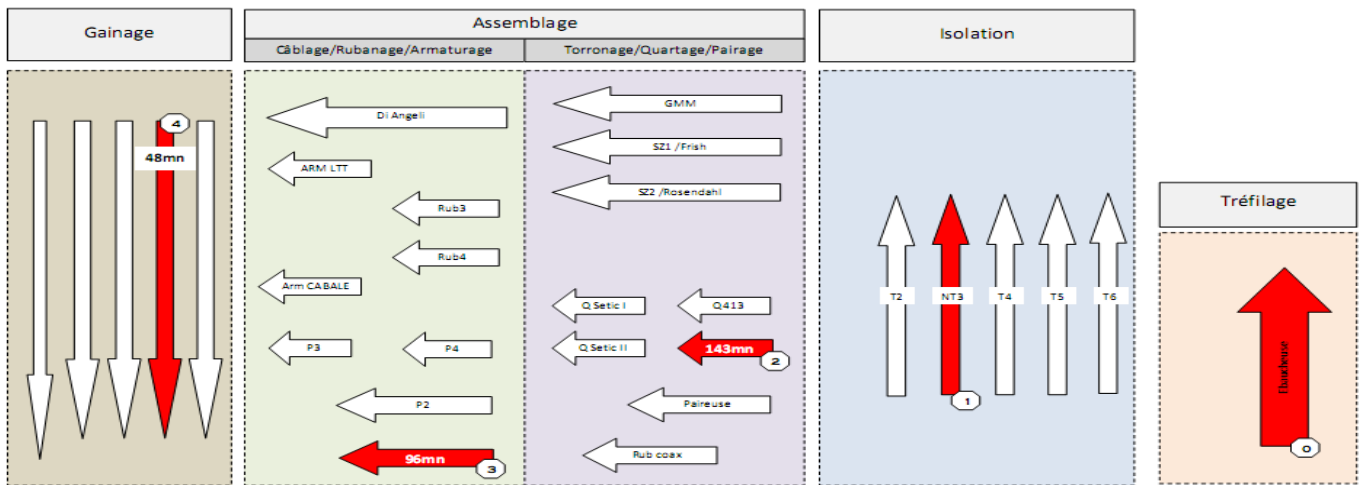
Conditionnement

Référence du câble : **NTHG-09-2p**



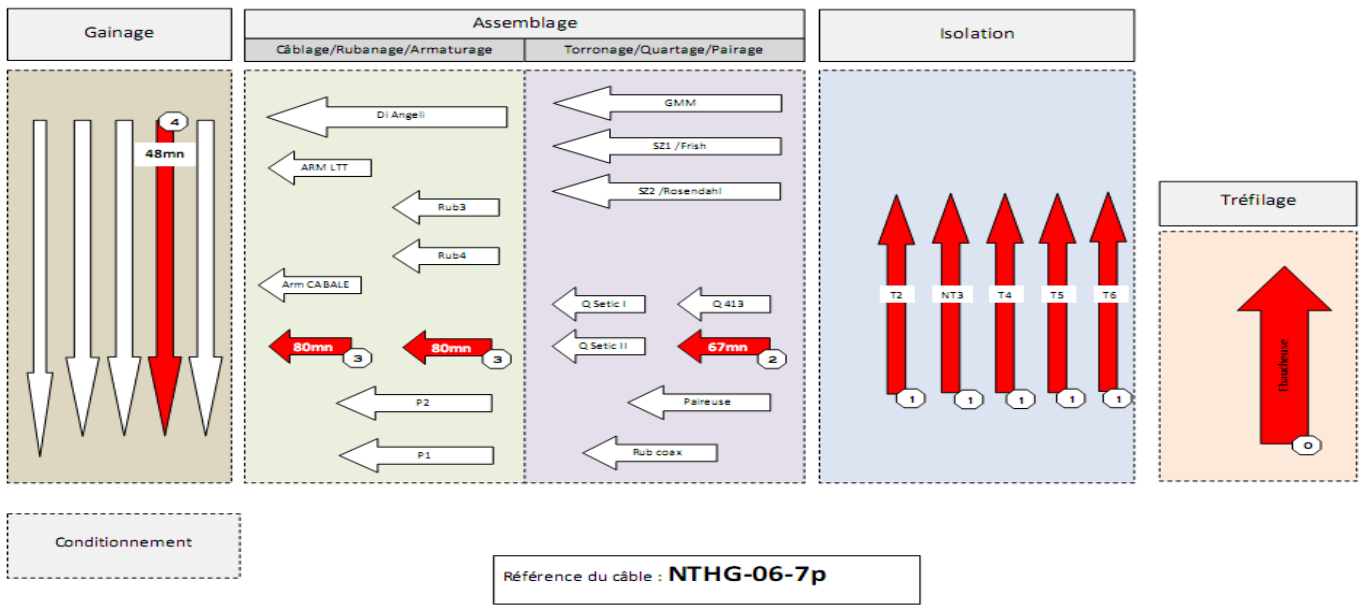
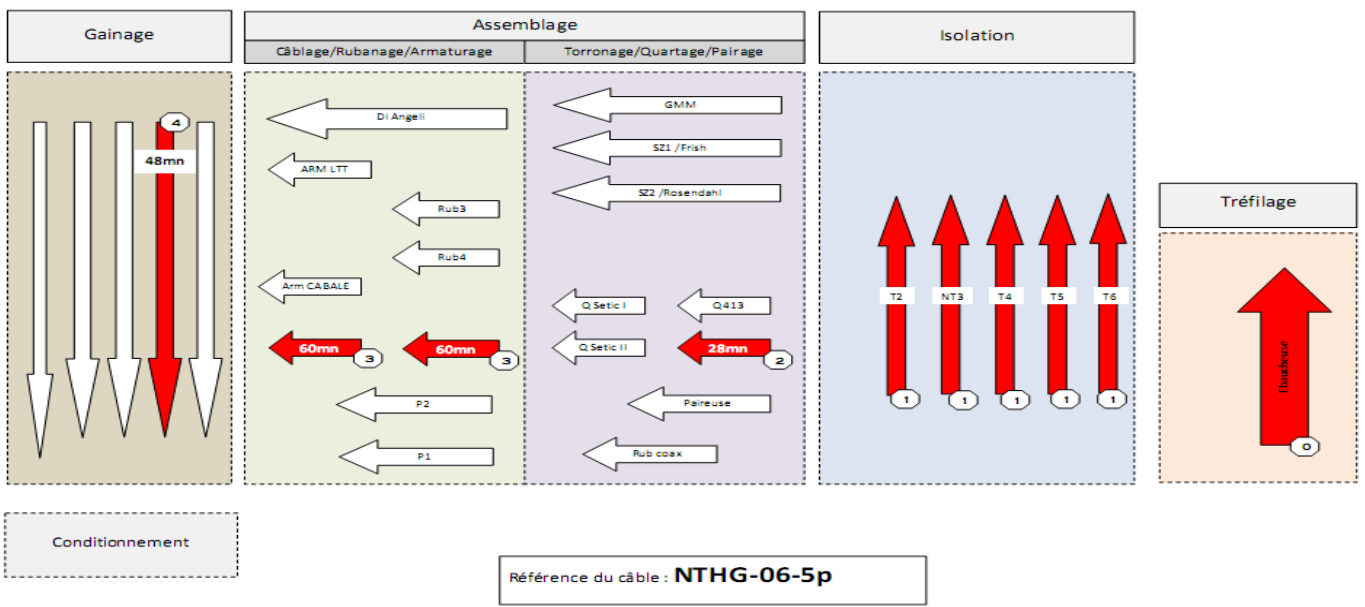
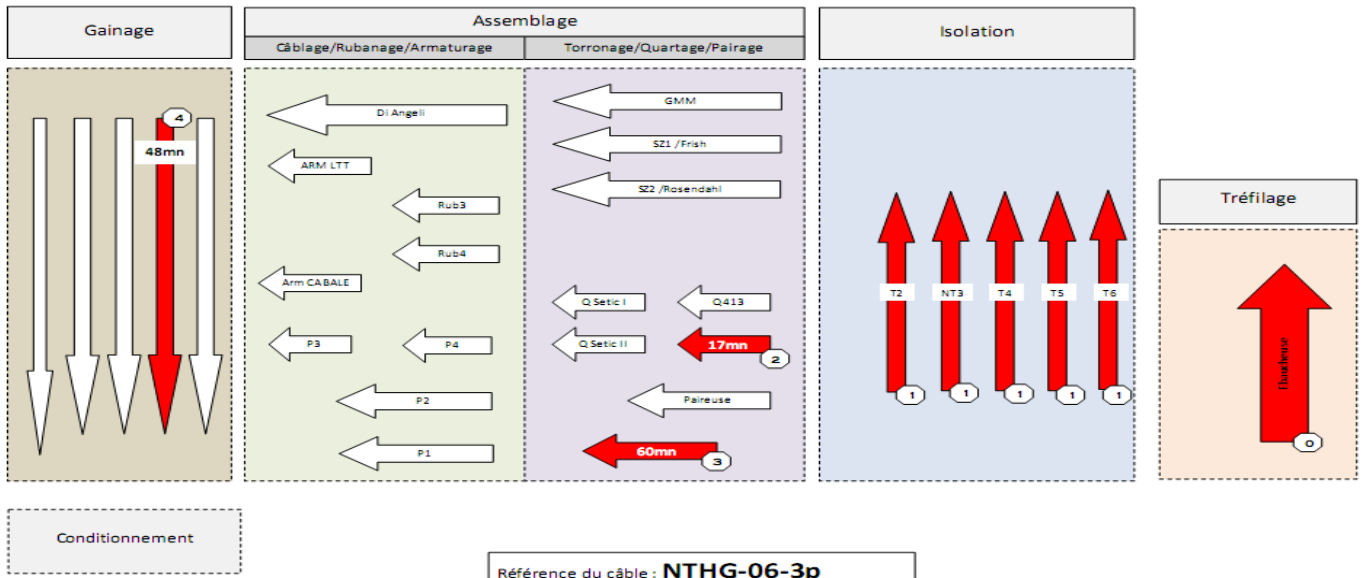
Conditionnement

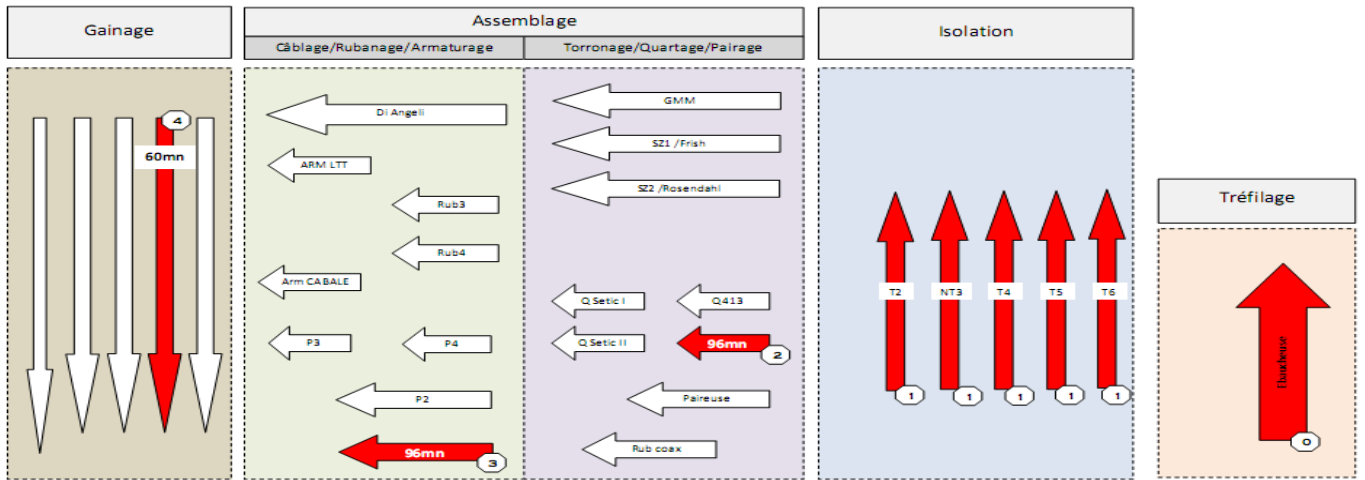
Référence du câble : **NTHG-09-7p**



Conditionnement

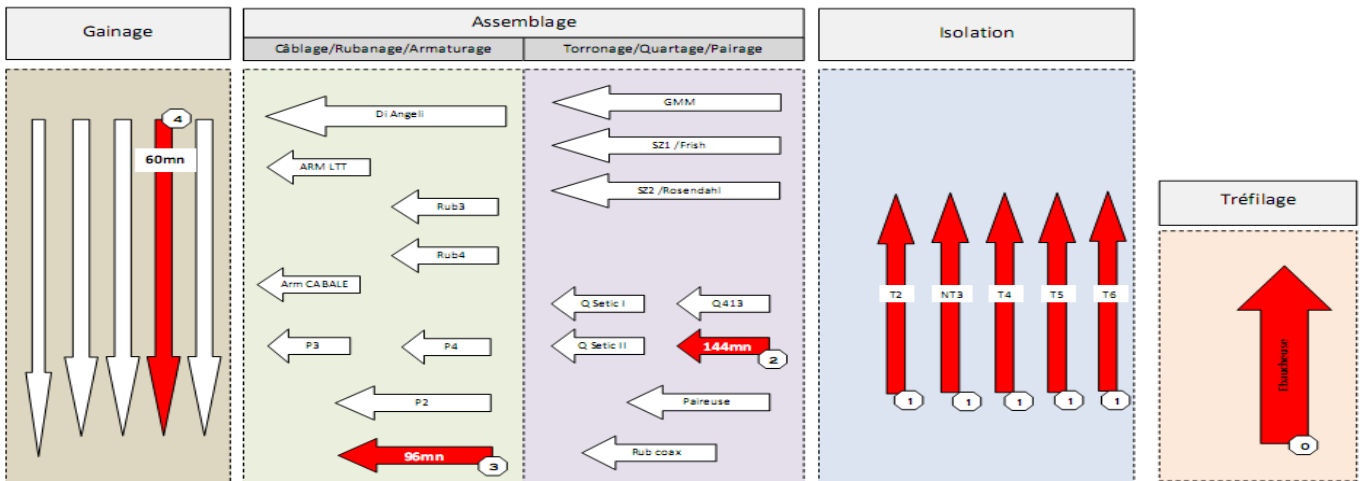
Référence du câble : **NTHG-09-10p**





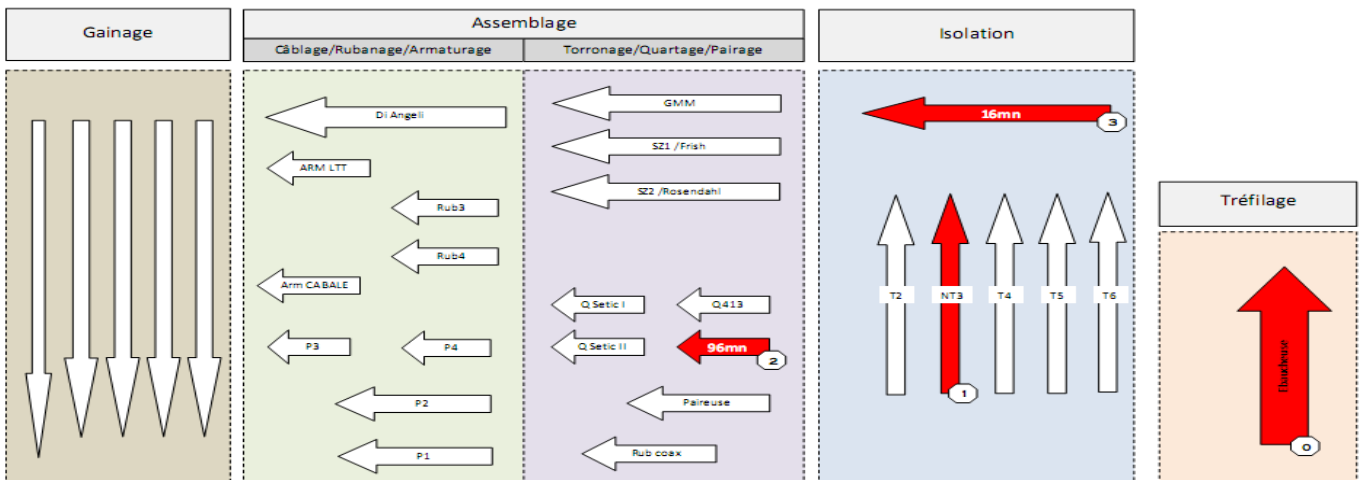
Conditionnement

Référence du câble : **NTHG-06-10p**



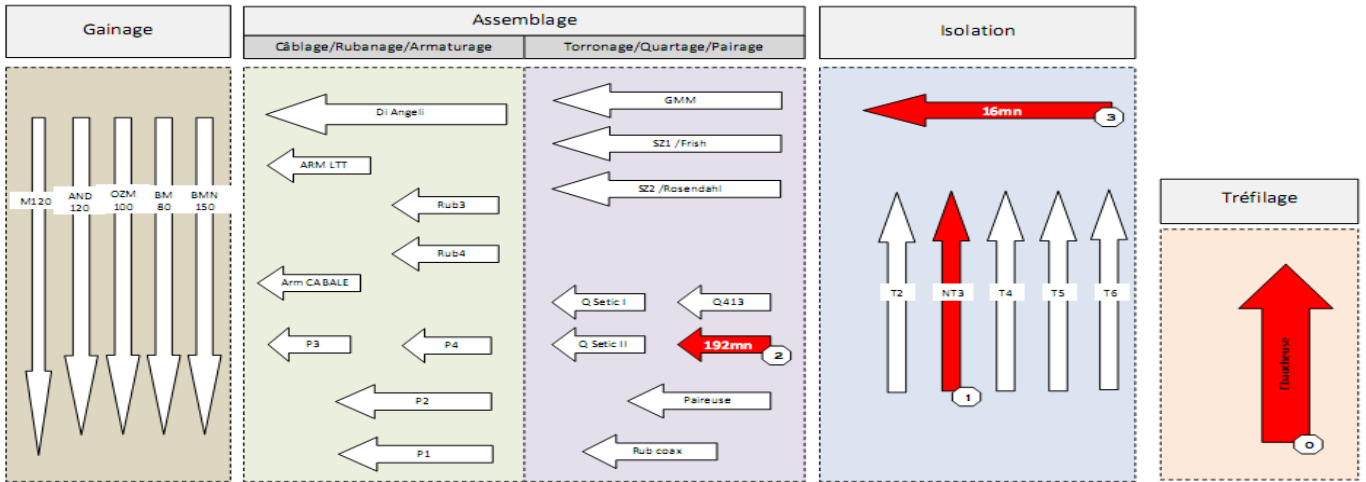
Conditionnement

Référence du câble : **NTHG-06-15p**



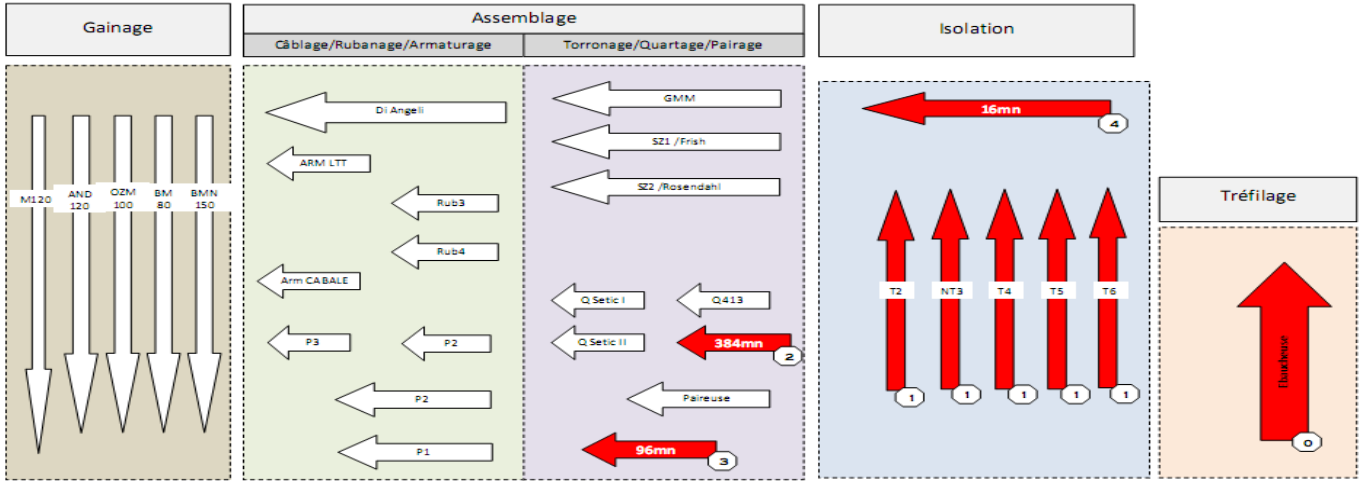
Conditionnement

Référence du câble : **278-06-1p**



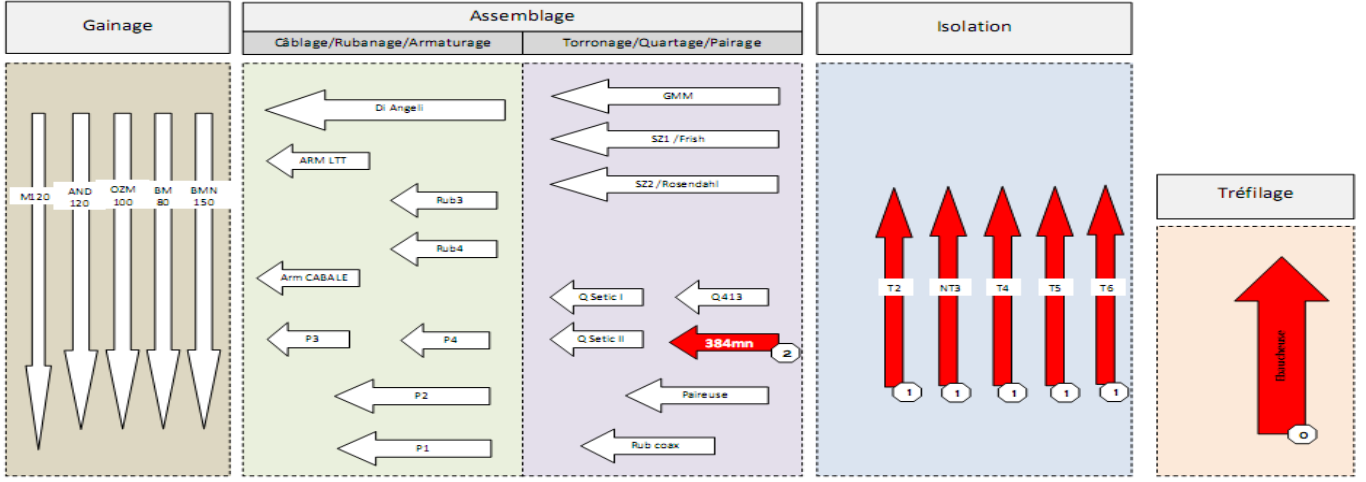
Conditionnement

Référence du câble : **278-06-2p**



Conditionnement

Référence du câble : **278-06-4p**



Conditionnement

Référence du câble : **281-06-2p**

ANNEXE 4 Nomenclatures des produits

Les séries ayant des nomenclatures analogues sont regroupées ensemble.

Séries 88-89-98-99-GMBG _____	Page 124 à Page 125
Séries ZPAU-ZPFU-ZPGU _____	Page 126 à Page 127
Séries NTHG-MFG _____	Page 127 à Page 129
Série 278 et 281 _____	Page 130

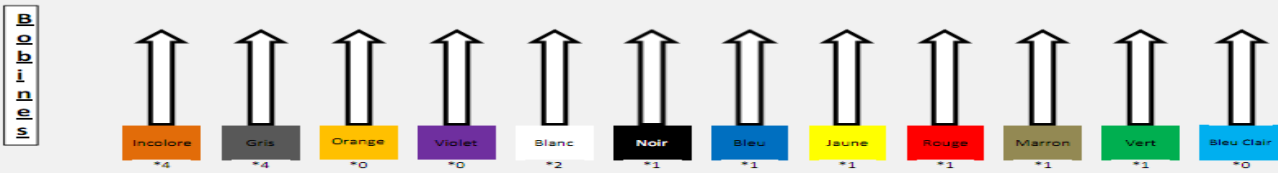
Câble semi fini

Séries 88-89-98-99-GMBG
8p

*1

Quartes de réserve :

*0	Incolore	*0	Gris
*0	Blanc	*0	Bleu
*0	Jaune	*0	Marron
*0	Noir	*0	Rouge



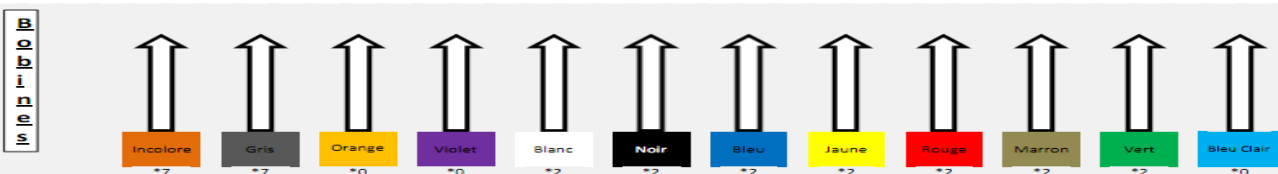
Câble semi fini

Séries 88-89-98-99-GMBG
14p

*1

Quartes de réserve :

*0	Incolore	*0	Gris
*0	Blanc	*0	Bleu
*0	Jaune	*0	Marron
*0	Noir	*0	Rouge



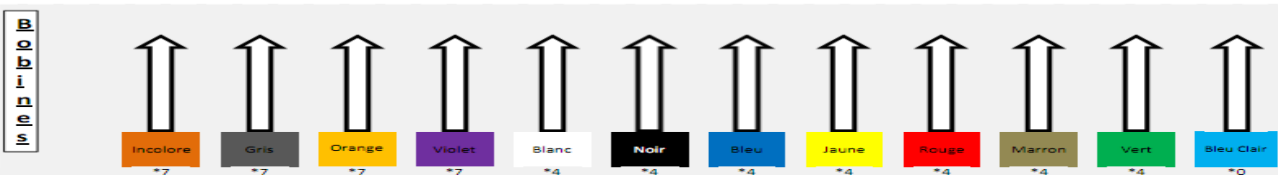
Câble semi fini

Séries 88-89-98-99-GMBG
28p

*1

Quartes de réserve :

*0	Incolore	*0	Gris
*0	Blanc	*0	Bleu
*0	Jaune	*0	Marron
*0	Noir	*0	Rouge



Câble semi fini

Séries 88-89-98-99-GMBG
56p

*1

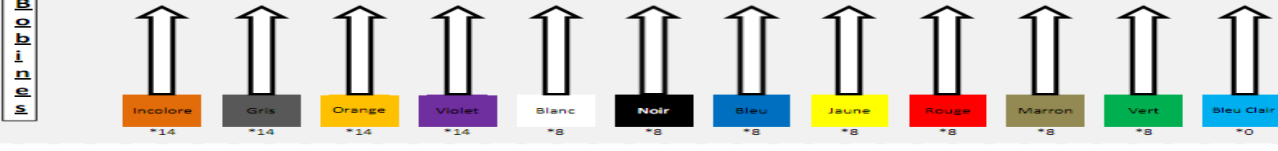
Câbles intermédiaires

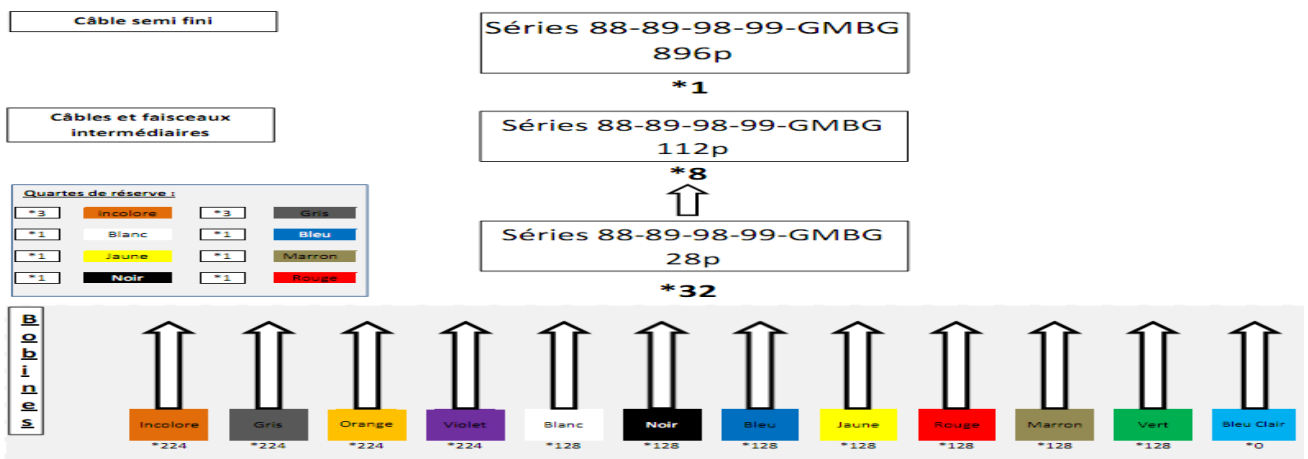
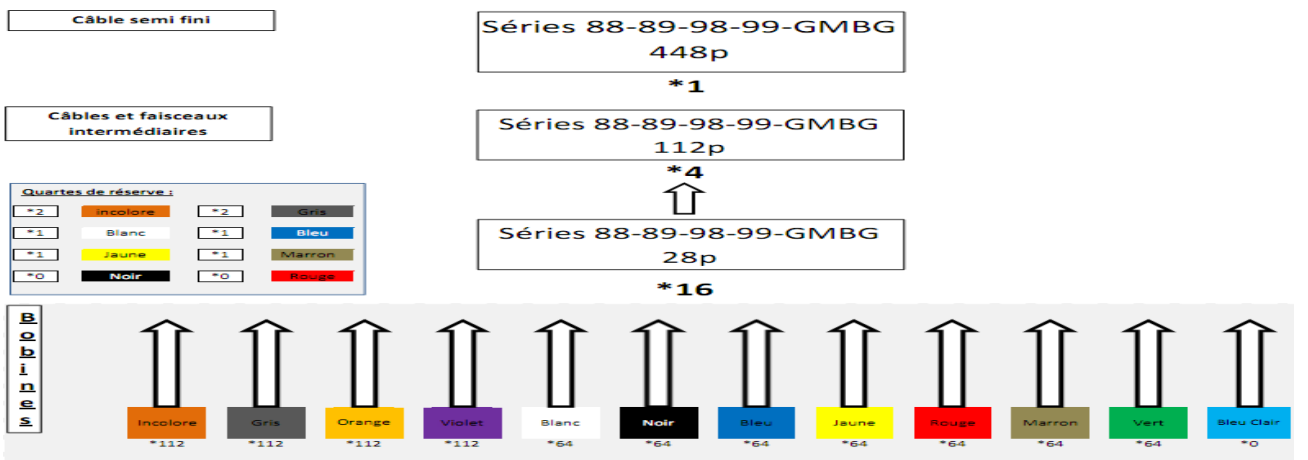
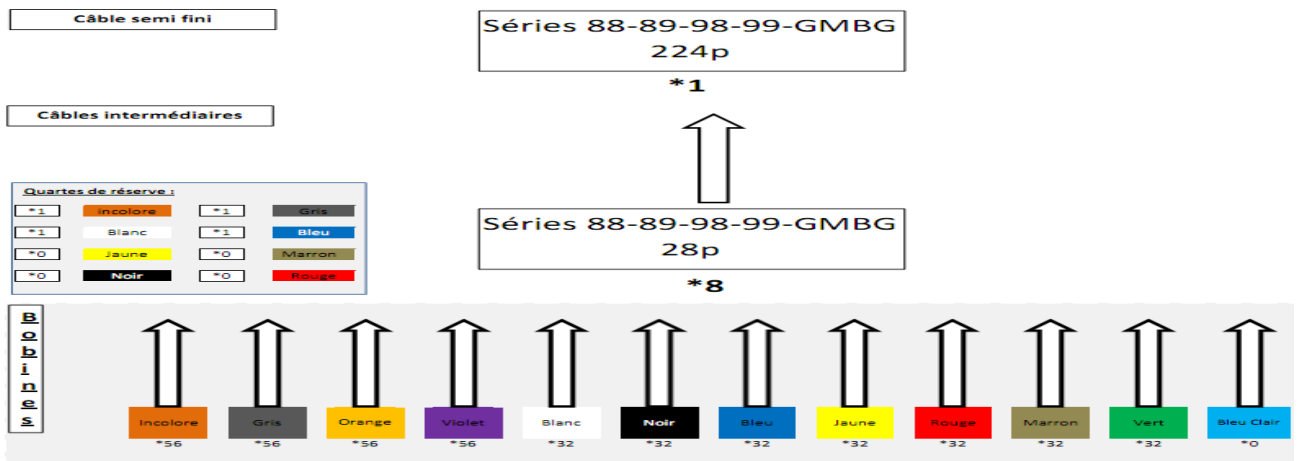
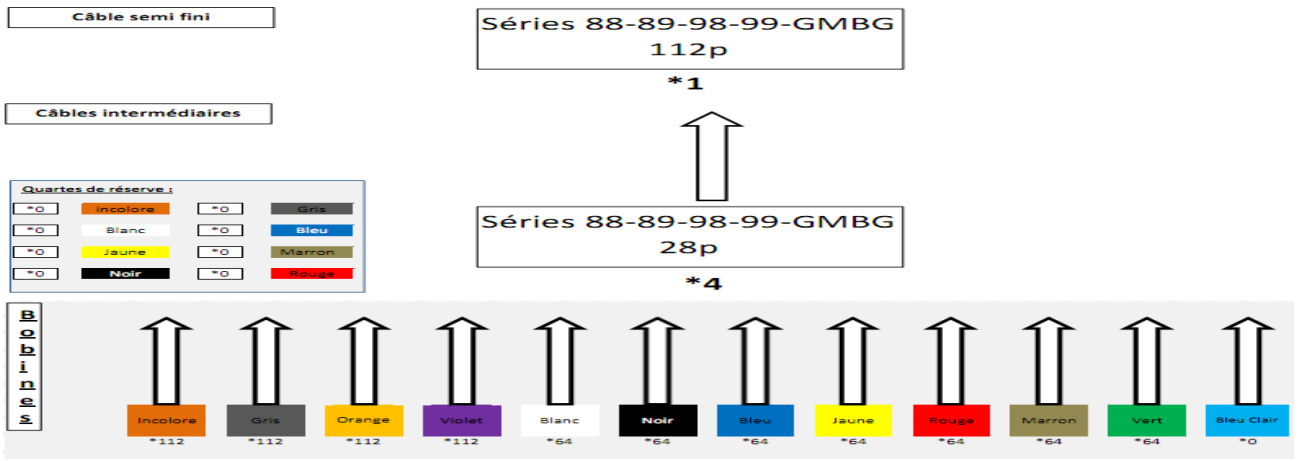
Séries 88-89-98-99-GMBG
14p

*4

Quartes de réserve :

*0	Incolore	*0	Gris
*0	Blanc	*0	Bleu
*0	Jaune	*0	Marron
*0	Noir	*0	Rouge





Câble semi fini

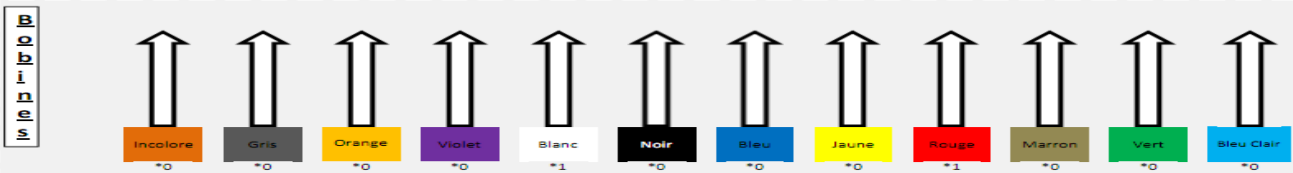
ZPAU-ZPFU-ZPGU

1p

*1

Quartets de réserve :

*0	Incolore	*0	Gris
*0	Blanc	*0	Bleu
*0	Jaune	*0	Marron
*0	Noir	*0	Rouge



Câble semi fini

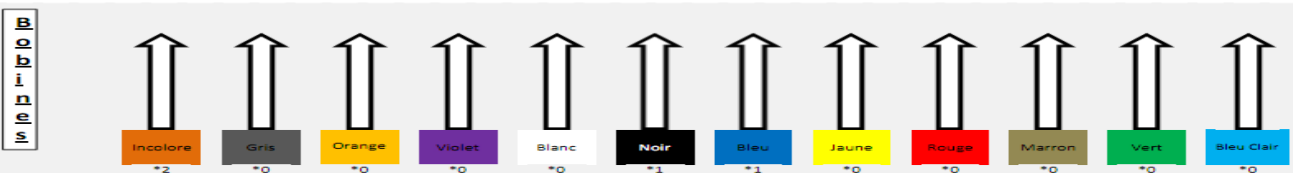
ZPAU-ZPFU-ZPGU

2p

*1

Quartets de réserve :

*0	Incolore	*0	Gris
*0	Blanc	*0	Bleu
*0	Jaune	*0	Marron
*0	Noir	*0	Rouge



Câble semi fini

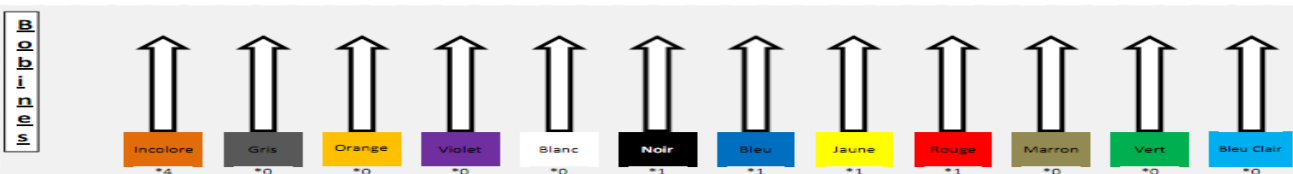
ZPAU-ZPFU-ZPGU

4p

*1

Quartets de réserve :

*0	Incolore	*0	Gris
*0	Blanc	*0	Bleu
*0	Jaune	*0	Marron
*0	Noir	*0	Rouge



Câble semi fini

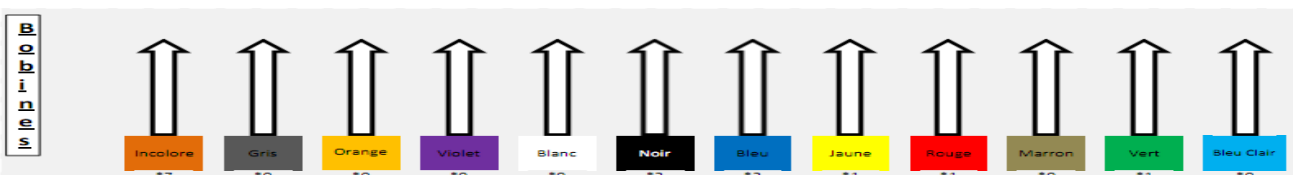
ZPAU-ZPFU-ZPGU

7p

*1

Quartets de réserve :

*0	Incolore	*0	Gris
*0	Blanc	*0	Bleu
*0	Jaune	*0	Marron
*0	Noir	*0	Rouge



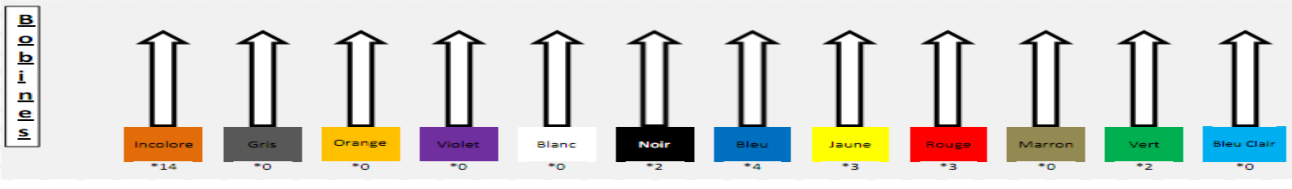
Câble semi fini

ZPAU-ZPFU-ZPGU
14p

*1

Quartes de réserve :

*0	Incolore	*0	Gris
*0	Blanc	*0	Bleu
*0	Jaune	*0	Marron
*0	Noir	*0	Rouge



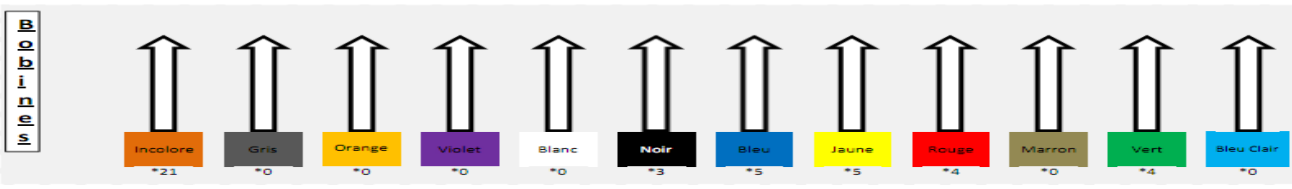
Câble semi fini

ZPAU-ZPFU-ZPGU
21p

*1

Quartes de réserve :

*0	Incolore	*0	Gris
*0	Blanc	*0	Bleu
*0	Jaune	*0	Marron
*0	Noir	*0	Rouge



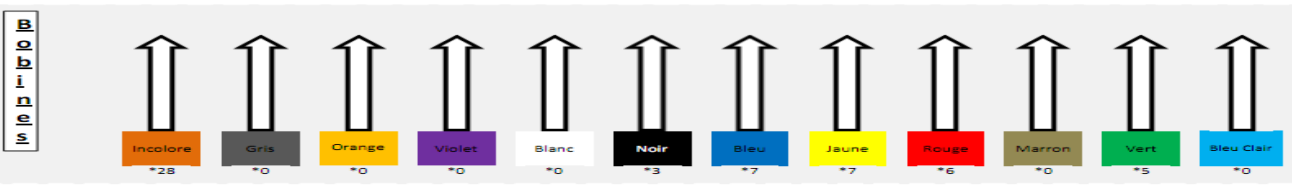
Câble semi fini

ZPAU-ZPFU-ZPGU
28p

*1

Quartes de réserve :

*0	Incolore	*0	Gris
*0	Blanc	*0	Bleu
*0	Jaune	*0	Marron
*0	Noir	*0	Rouge



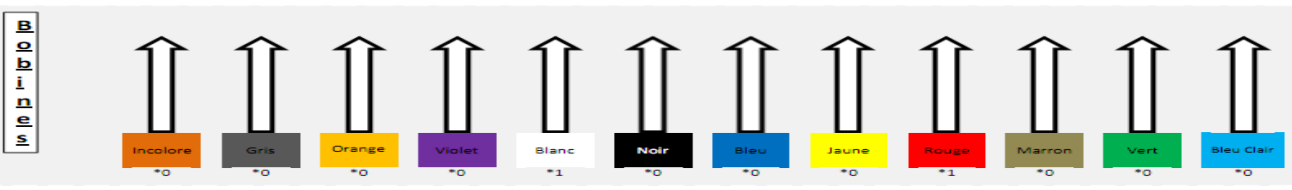
Câble semi fini

NTHG-MFG
1p

*1

Quartes de réserve :

*0	Incolore	*0	Gris
*0	Blanc	*0	Bleu
*0	Jaune	*0	Marron
*0	Noir	*0	Rouge



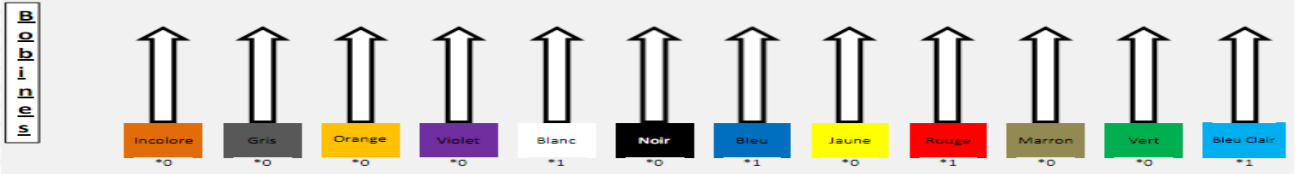
Câble semi fini

NTHG-MFG
2p

*1

Quartes de réserve :

*0	Incolore	*0	Gris
*0	Blanc	*0	Bleu
*0	Jaune	*0	Marron
*0	Noir	*0	Rouge



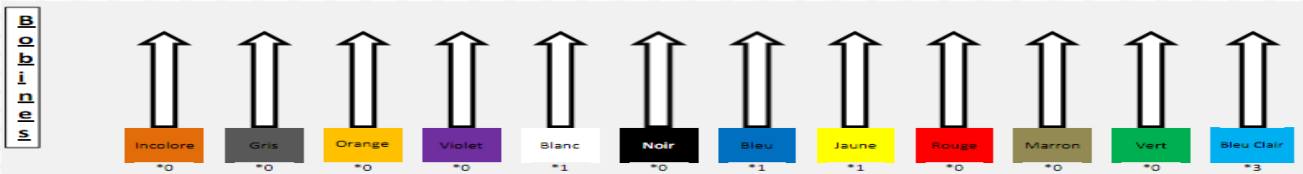
Câble semi fini

NTHG-MFG
3p

*1

Quartes de réserve :

*0	Incolore	*0	Gris
*0	Blanc	*0	Bleu
*0	Jaune	*0	Marron
*0	Noir	*0	Rouge



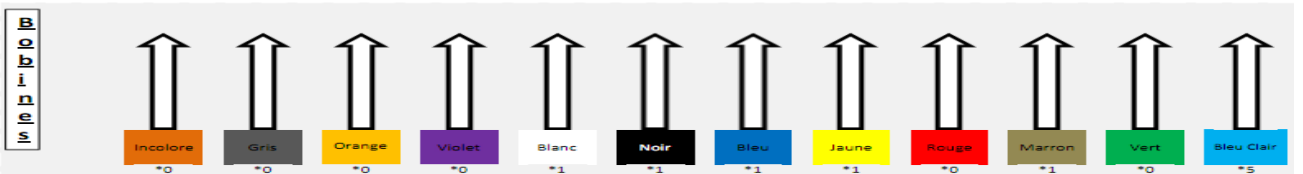
Câble semi fini

NTHG-MFG
5p

*1

Quartes de réserve :

*0	Incolore	*0	Gris
*0	Blanc	*0	Bleu
*0	Jaune	*0	Marron
*0	Noir	*0	Rouge



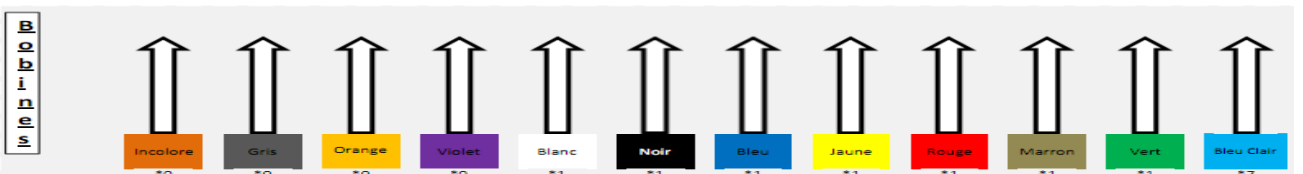
Câble semi fini

NTHG-MFG
7p

*1

Quartes de réserve :

*0	Incolore	*0	Gris
*0	Blanc	*0	Bleu
*0	Jaune	*0	Marron
*0	Noir	*0	Rouge



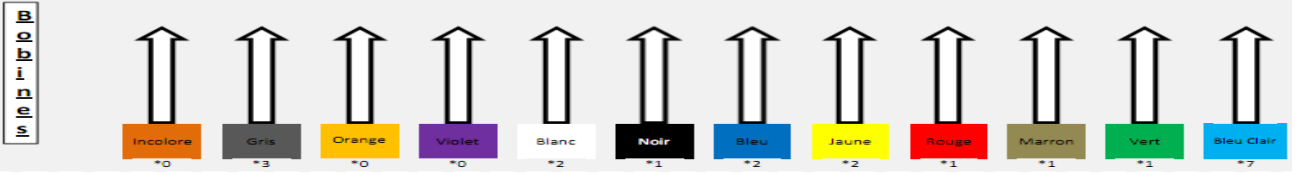
Câble semi fini

NTHG-MFG
10p

*1

Quartes de réserve :

*0	Incolore	*0	Gris
*0	Blanc	*0	Bleu
*0	Jaune	*0	Marron
*0	Noir	*0	Rouge



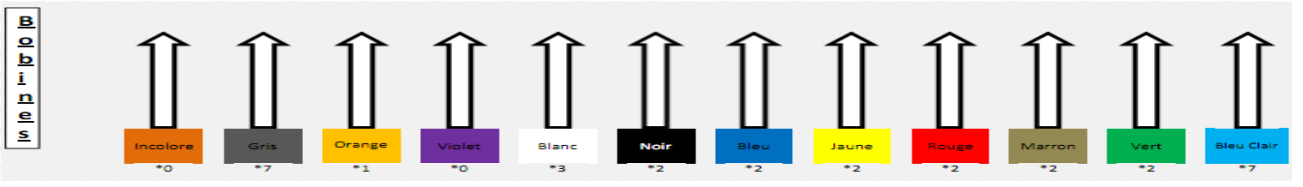
Câble semi fini

NTHG-MFG
15p

*1

Quartes de réserve :

*0	Incolore	*0	Gris
*0	Blanc	*0	Bleu
*0	Jaune	*0	Marron
*0	Noir	*0	Rouge



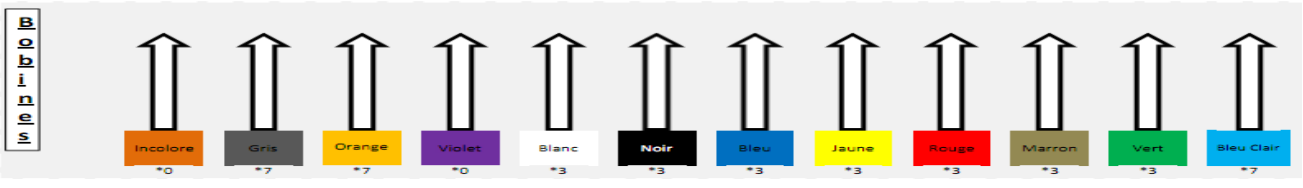
Câble semi fini

NTHG-MFG
21p

*1

Quartes de réserve :

*0	Incolore	*0	Gris
*0	Blanc	*0	Bleu
*0	Jaune	*0	Marron
*0	Noir	*0	Rouge



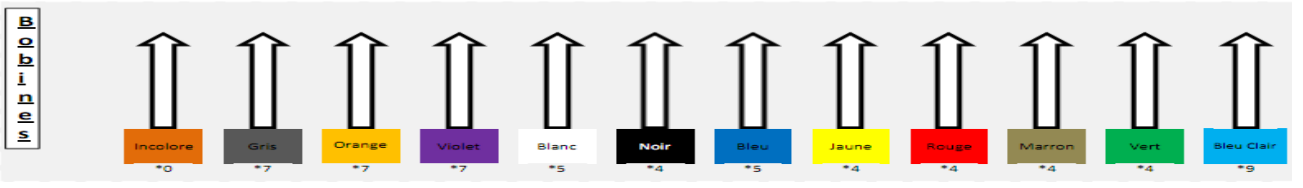
Câble semi fini

NTHG-MFG
30p

*1

Quartes de réserve :

*0	Incolore	*0	Gris
*0	Blanc	*0	Bleu
*0	Jaune	*0	Marron
*0	Noir	*0	Rouge

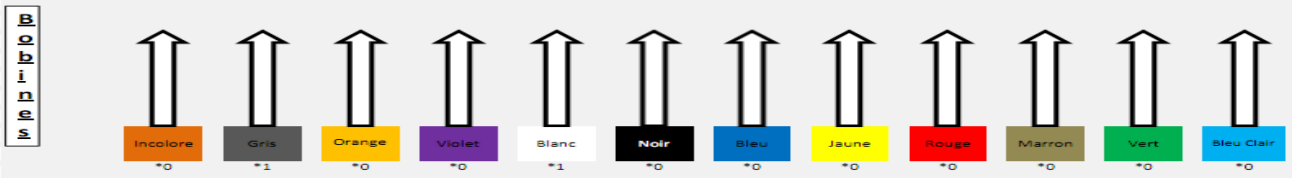


Câble semi fini

278
1p
*1

Quartes de réserve :

*0	Incolore	*0	Gris
*0	Blanc	*0	Bleu
*0	Jaune	*0	Marron
*0	Noir	*0	Rouge

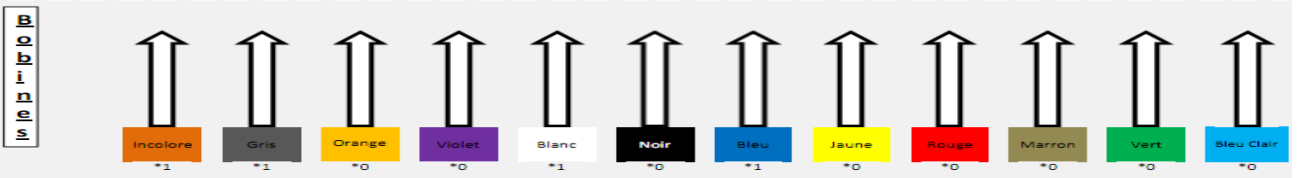


Câble semi fini

278
2p
*1

Quartes de réserve :

*0	Incolore	*0	Gris
*0	Blanc	*0	Bleu
*0	Jaune	*0	Marron
*0	Noir	*0	Rouge

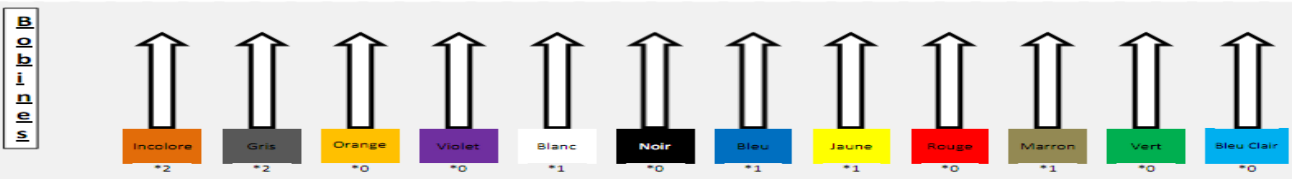


Câble semi fini

278
4p
*1

Quartes de réserve :

*0	Incolore	*0	Gris
*0	Blanc	*0	Bleu
*0	Jaune	*0	Marron
*0	Noir	*0	Rouge

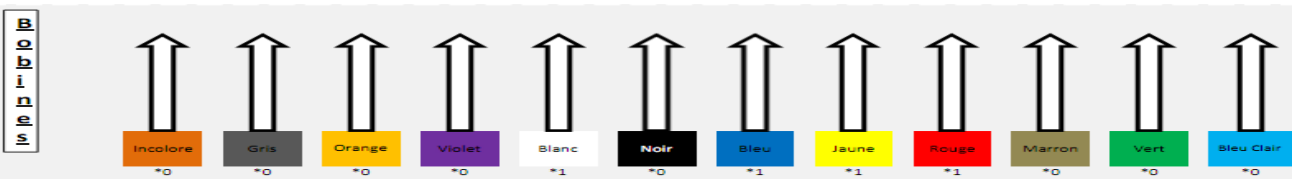


Câble semi fini

281
2p
*1

Quartes de réserve :

*0	Incolore	*0	Gris
*0	Blanc	*0	Bleu
*0	Jaune	*0	Marron
*0	Noir	*0	Rouge



ANNEXE 5 Ordre de fabrication

CATEL	Ordre de fabrication	Ref : FE 7.1-02 Version : 01 Page 1/2
--------------	-----------------------------	--

Service Planning	Date : Le 24/03/11	
ORDRE N° 2701		
SERIE : 98	TYPE : 008 6	Specif : 302/72 Marché : ALG/TEL

Nombre de longueurs : 63	Métrage nominal : 1205
De N° : 1798 A N° : 1860	Métrage total (M) : 75915.00

Couleur	Nombre Bobines	Métrage Bobine	Métrage total
Gris	16	20100	321600
Incolore	16	20100	321600
Blanc	8	20100	160800
Bleu	4	20100	80400
Jaune	4	20100	80400
Marron	4	20100	80400
80400Noir	4	20100	80400
Rouge	4	20100	80400
Vert	4	20100	80400
Total général			1286400

Remarque : La page 2/2 contient un calcul des besoins en matières premières pour les ateliers assemblage et gainage.

ANNEXE 6 Carnets de commandes 2010 et 2011

CATEL

Carnet de commandes 2010

Clients	Quantité Km câbles	Quantité km paires	Valeur KDA/HT
Algérie Télécom (2 ^{ème} tranche)	7 597	381 676	1 803 689
Algérie Télécom (3 ^{ème} tranche)	2 775	336 740	1 431 596
MDN	1242	28 937	189 234
Câbles de signalisation	454	4 234	165 244
Autres Clients	1 556	10 570	60 200
TOTAL	13 624	762 157	2 649 963

Carnet de commandes 2011

Clients	Quantité Km câbles	Quantité km paires	Valeur KDA/HT
Algérie Télécom (3 ^{ème} tranche)	440 410	9 970	2 442 411
Algérie Télécom (Nouveau marché)	05 060	4 200	1 144 990
MDN	37 202	1 132	329 121
Câbles de signalisation	3 876	706	250 448
Autres Clients	23 200	19 735	158 103
TOTAL	710 111	19 735	4 437 006

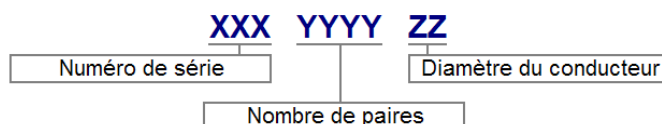
ANNEXE 7 Liste des références, Câbles en cuivre

L'offre de produits CATEL à conducteur en cuivre se décline selon 3 gammes différentes :

Télécom	Signalisation ferroviaire	Applications industrielles
---------	---------------------------	----------------------------

Nous présentons l'ensemble de références de produit existantes.

Rappel : la codification des produits est faite comme suit :



Gamme de produits : Télécom		
Numéro de série (XXX)	Nombre de paires (YYYY)	Diamètre du conducteur (ZZ) en 1/10 mm
Série 88 Câble urbain souterrain	008/014/028/056/112/224/ 448/896	6
Série 89 Câble urbain souterrain	008/014/028/056/112/224/ 448/896/1792	4
Série 98 Câble urbain autoporté	007/008/014/028/056/112/ 224/448	8
Série 99 Câble urbain autoporté	008/014/028/056	8
Série Paire 5/9 Câble unipolaire de raccordement aérien	001	7,4
Série Paire 5/1 Câble unipolaire de raccordement aérien	001	9
Série Paire 5/3 Câble unipolaire de raccordement aérien	001	12
Série 281 Câble de raccordement pour équipements centraux	001/002/003/004/005	5
Série 278 Câble de raccordement pour équipements intérieurs	001/002/004/008/014/028	6
Série SYT1/NTHG Câble téléphonique pour installations privées	001/002/003/005/007/010/ 015/021/030/056/112	6
	001/002/003/005/007/010/ 015/021/030	9
Série SYT2/MFG Câble téléphonique armé	005/007/010/015/021/030/056/ 112	6
	005/007/010/015/021/030	9

Gamme de produits : Signalisation ferroviaire		
Numéro de série (XXX)	Nombre de paires (YYYY)	Section du conducteur (ZZ)
Série ZPGU Câble local de signalisation	001/004/007/014/021/028	1 mm ² / 1,2 mm ² / 1,6 mm ²
Série ZPFU Câble principal de signalisation de voie	001/002/004/007/014/021/028	1 mm ²
Série ZPAU Câble principal de signalisation de voie	004/007/014/021/028	1 mm ²
Série ZCO3 Câble principal de signalisation d'aiguillage	016	1 mm ²

Gamme de produits : Applications industrielles		
Numéro de série (XXX)	Nombre de paires (YYYY)	Diamètre du conducteur (ZZ) en 1/10 mm
Série SYT rouge Câble de détection incendie	001/002/003/005	9
Série H07 V-U Fil de câblage rigide	-	1,5 mm ² / 2,5 mm ² (section)

ANNEXE 8 Investissements 2010 et 2011

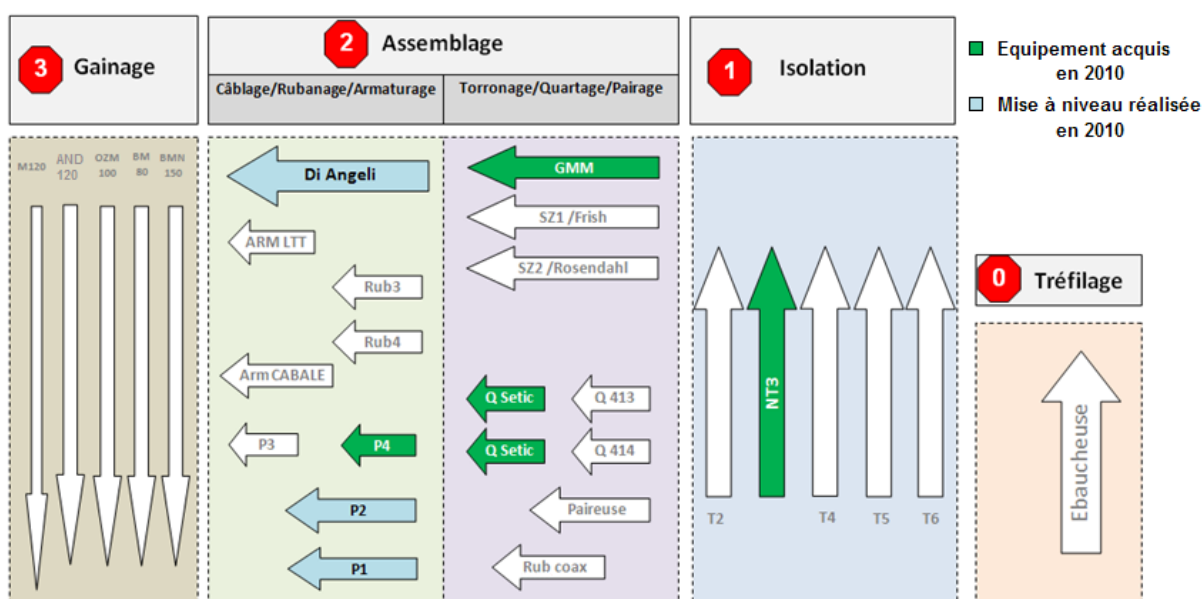
Investissements 2010

Segment	Désignation
Acquisitions équipements de production (Câbles en cuivre)	Deux quarteuses Setic1 et Setic2
	Une ligne d'isolation NT3 ROSENDAHL
	Une (1) ligne d'assemblage Pourtier P4
	Assembleuse GMM 56 départs
Mises à niveau équipements de production (Câbles en cuivre)	Pourtier 1 et 2 (assembleuses P1 et P2)
	Huit (08) départs rotatifs pour assembleuse De Angeli
Divers	Lot de bobines

Investissements 2011

Segment	Désignation
Acquisitions équipements de production (Câbles en cuivre)	/
Mises à niveau équipements de production (Câbles en cuivre)	/
Divers	Compléments de Lot de bobines (Réf. 1250/1900)

Illustration graphique



ANNEXE 9 Calcul des charges

Dans cette annexe, nous exposons sous forme de tableau le calcul des charges induites par le programme de production.

Pour chaque référence de produit, nous avons délibérément affecté les charges sur tous les postes qui se trouveraient en parallèle. Cette façon de procéder dévoile l'écart existant entre les différents choix d'affectation possibles.

Un poste de charge peut représenter un seul équipement, ou bien plusieurs équipements se trouvant systématiquement en parallèle.

Dans notre cas, il existe 29 équipements que nous avons répartis selon 22 postes de charge.

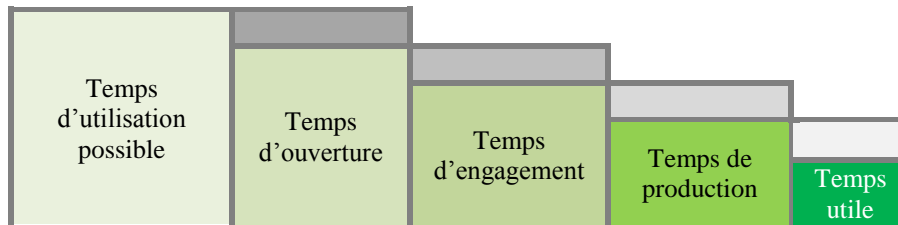
La mesure de la charge est effectuée en **unité de temps (en jour)**, l'objectif est d'assurer une cohérence entre produits et postes de charge, et assurer une comparabilité avec la mesure de la capacité.

Programme de production		Etape N°1			Etape N°2					Etape N°3						Etape N°4						Etape N°5					Etape N°6			Etape N°7								
Réf. du câble	Quantité (km)	T2/T5/T6	T3	T4	SZ1	GMM/SZ2	SETIC 1/2	Q 414	Q 413	Paireuse	P1	P2	P3/P4	Rub Coax	RUB 3/4	DA	BMN60	DA	M120	AND120	OZM100	BM80	BMN150	BMN60	RUB 3	RUB 4	CABALE	M120	AND120	OZM100	BM80	BMN150	CABALE	M120	BM80	M120		
		88 06	8	942	9	6	10		13						87		105							52	52													
88 06	14	1026	17	11	20		14						95		114							114	114															
88 06	28	1019	33	22	40		14						94		57							71	71															
88 06	56	521	34	23	41		7				48	48							29	36	36		36															
88 06	11	647	85	56	101		18				60	60				52			36	90			36															
88 06	22	574	151	99	179		64									60			64	80			64															
88 06	44	237	125	82	147		53				22	22						33												38					33			
88 06	89	209	220	144	260		93				19	19						58												46					58			
89 08	7	37		0	0				2				3									1	1															
89 08	8	673		5	7			37					62									23	23															
89 08	14	688		9	13			67					64									48	48															
89 08	28	253		7	10			49			28									21	21																	
89 08	56	218		11	17			85			24								12	15			15															
89 08	11	153		16	24			119			34								21	34			21															
89 08	22	42		9	13			66			9						4													6					6			
98 06	8	302	3	2	3		4						28		34								17															
98 06	14	302	5	3	6		4						28		34								17															
98 06	28	300	10	6	12		4						28		33								24	24														
98 06	56	134	9	6	10		2				12	12											9															
98 06	11	265	35	23	41		15				49	49				43							29															
99 08	14	20		0	0			2					2										1	1														
99 08	28	20		1	1			4			2													1														
99 08	56	20		1	2			8			3													4														
ZPAU 1.0	2	37		0				2					4										3														5	
ZPAU 1.0	4	19		0				2					2										2														6	
ZPAU 1.0	7	113		1				18					13						11																		38	
ZPAU 1.0	14	35		0				11			5								3																		12	
ZPAU 1.0	21	27		1				13			4								3																		9	
ZPAU 1.0	28	36		1				22			5								4																		12	
ZPAU 2.5	2	431		1				19					48										36														144	

ANNEXE 10 Calcul des capacités

Dans cette annexe, nous exposons la procédure et les résultats du calcul des capacités utiles de chaque poste de charge.

Les résultats sont formulés selon le modèle de décomposition des temps suivant :



Ce modèle est présenté plus en détail au chapitre 3.

Procédure de calcul :

Pour tous les postes de charges, on considère que :

- Le temps d'utilisation possible soit de **365 jours** ;
- Le temps d'ouverture soit de **231 jours** en 2011 ;
- Le temps d'engagement soit de **231 jours**. L'outil de production étant saturé.

La capacité utile (temps utile) est calculée à partir du TRS propre à chaque poste de charge.

$$\text{La capacité utile} = \text{TRS} \times \text{Temps d'engagement (231 jours)}$$

Nous avons calculé le TRS moyen sur la base des relevés d'arrêt machines et des taux de qualité des cinq (05) derniers trimestres pour chaque poste de charge.

Remarque :

Les capacités sont exprimées **en jour**. Nous nous intéressons à la capacité disponible sur l'intervalle d'une année, l'année 2011.

Poste de charge T2, T5 et T6				
Temps Total (365 jours)	Temps de fermeture (134 jours)	Vendredis + Samedis + Jours fériés + Congés (Mois d'Août) : 134 jours		
	Temps d'ouverture (231 jours)	Temps de sous-charge (0 jours)	Absence de commandes : 0 jours	
		Temps d'engagement (231 jours)	Temps d'arrêt induits (42 jours)	-Absences : 10 jours -Rupture Matières premières : 5 jours -Coupure courant : 1 jour -Autres Indep. Proc : 26 jours
			Temps d'arrêt Propres (48 jours)	- Pannes - Electriques/Mécaniques : 29 jours - Soudure Cassettes fils : 14 jours - Chauffage Vis (préparation) : 2 jours -Transf. Réglage (Chang. Diam) : 3 jours - Autres Dép. Proc : 0 jours
			Temps de production (140 jours)	Temps de non-qualité (1jour) Temps utile (139 jours)
TRS = 60%				

Poste de charge T4				
Temps Total (365 jours)	Temps de fermeture (134 jours)	Vendredis + Samedis + Jours fériés + Congés (Mois d'Août) : 134 jours		
	Temps d'ouverture (231 jours)	Temps de sous-charge (0 jours)	Absence de commandes : 0 jours	
		Temps d'engagement (231 jours)	Temps d'arrêt induits (43 jours)	-Absences : 14 jours -Rupture Matières premières : 5 jours -Coupure courant : 1 jour -Autres Indep. Proc : 24 jours
			Temps d'arrêt Propres (92 jours)	- Pannes - Electriques/Mécaniques : 76 jours - Soudure Cassettes fils : 10 jours - Chauffage Vis (préparation) : 1 jour -Transf. Réglage (Chang. Diam) : 4 jours - Autres Dép. Proc : 0 jours
			Temps de production (96 jours)	Temps de non-qualité (1jour) Temps utile (95 jours)
TRS = 41%				

Poste de charge NT3				
Temps Total (365 jours)	Temps de fermeture (134 jours)	Vendredis + Samedis + Jours fériés + Congés (Mois d'Août) : 134 jours		
	Temps d'ouverture (231 jours)	Temps de sous-charge (0 jours)	Absence de commandes : 0 jours	
		Temps d'engagement (231 jours)	Temps d'arrêt induits (23 jours)	-Absences : 0 jours -Rupture Matières premières : 1 jour -Coupure courant : 2 jours -Autres Indep. Proc : 21 jours
			Temps d'arrêt Propres (27 jours)	- Pannes - Electriques/Mécaniques : 11 jours - Soudure Cassettes fils : 9 jours - Chauffage Vis (préparation) : 2 jours -Transf. Réglage (Chang. Diam) : 4 jours - Autres Dép. Proc : 2 jours
			Temps de production (180 jours)	Temps de non-qualité (2jours) Temps utile (178 jours)
TRS = 77%				

Poste de charge SZ1				
Temps Total (365 jours)	Temps de fermeture (134 jours)	Vendredis + Samedis + Jours fériés + Congés (Mois d'Août) : 134 jours		
	Temps d'ouverture (231 jours)	Temps de sous-charge (0 jours)	Absence de commandes : 0 jours	
		Temps d'engagement (231 jours)	Temps d'arrêt induits (7 jours)	-Absences : 3 jours -Rupture Matières premières : 0 jours -Coupure courant : 0 jour -Autres Indep. Proc : 4 jours
			Temps d'arrêt Propres (4 jours)	- Pannes - Electriques/Mécaniques : 1jour - Soudure Cassettes fils : 1 jour - Chauffage Vis (préparation) : 0 jours -Transf. Réglage (Chang. Diam) : 0 jours - Autres Dép. Proc : 2 jours
			Temps de production (220 jours)	Temps de non-qualité (1jour) Temps utile (218 jours)
TRS = 94%				

Poste de charge GMM/SZ2				
Temps Total (365 jours)	Temps de fermeture (134 jours)	Vendredis + Samedis + Jours fériés + Congés (Mois d'Août) : 134 jours		
	Temps d'ouverture (231 jours)	Temps de sous-charge (0 jours)	Absence de commandes : 0 jours	
		Temps d'engagement (231 jours)	Temps d'arrêt induits (41 jours)	-Absences : 2 jours -Rupture Matières premières : 0 jours -Coupure courant : 1 jour -Autres Indep. Proc : 38 jours
			Temps d'arrêt Propres (24 jours)	- Pannes - Electriques/Mécaniques : 9 jours - Soudure Casses fils : 4 jours - Chauffage Vis (préparation) : 0 jours -Transf. Réglage (Chang. Diam) : 2 jours - Autres Dép. Proc : 9 jours
			Temps de production (165 jours)	Temps de non-qualité (1jour)
Temps utile (164 jours)				
TRS = 71%				

Poste de charge Q SETIC1/2				
Temps Total (365 jours)	Temps de fermeture (134 jours)	Vendredis + Samedis + Jours fériés + Congés (Mois d'Août) : 134 jours		
	Temps d'ouverture (231 jours)	Temps de sous-charge (0 jours)	Absence de commandes : 0 jours	
		Temps d'engagement (231 jours)	Temps d'arrêt induits (6 jours)	-Absences : 1 jour -Rupture Matières premières : 0 jours -Coupure courant : 0 jours -Autres Indep. Proc : 5 jours
			Temps d'arrêt Propres (6 jours)	- Pannes - Electriques/Mécaniques : 2 jours - Soudure Casses fils : 2 jours - Chauffage Vis (préparation) : 0 jours -Transf. Réglage (Chang. Diam) : 1 jour - Autres Dép. Proc : 1 jour
			Temps de production (219 jours)	Temps de non-qualité (1jour)
Temps utile (217 jours)				
TRS = 94%				

Poste de charge Q 414				
Temps Total (365 jours)	Temps de fermeture (134 jours)	Vendredis + Samedis + Jours fériés + Congés (Mois d'Août) : 134 jours		
	Temps d'ouverture (231 jours)	Temps de sous-charge (0 jours)	Absence de commandes : 0 jours	
		Temps d'engagement (231 jours)	Temps d'arrêt induits (14 jours)	-Absences : 3 jours -Rupture Matières premières : 0 jours -Coupure courant : 1 jour -Autres Indep. Proc : 10 jours
			Temps d'arrêt Propres (5 jours)	- Pannes - Electriques/Mécaniques : 3 jours - Soudure Casses fils : 1 jour - Chauffage Vis (préparation) : 0 jours -Transf. Réglage (Chang. Diam) : 0 jours - Autres Dép. Proc : 1 jour
			Temps de production (212 jours)	Temps de non-qualité (1jour)
Temps utile (210 jours)				
TRS = 91%				

Poste de charge Q413 (à l'arrêt)				
Temps Total (365 jours)	Temps de fermeture (134 jours)	Vendredis + Samedis + Jours fériés + Congés (Mois d'Août) : 134 jours		
	Temps d'ouverture (231 jours)	Temps de sous-charge (0 jours)	Absence de commandes : 0 jours	
		Temps d'engagement (231 jours)	Temps d'arrêt induits (0 jours)	-Absences : 0 jours -Rupture Matières premières : 0 jours -Coupure courant : 0 jours -Autres Indep. Proc : 0 jours
			Temps d'arrêt Propres (0 jours)	- Pannes - Electriques/Mécaniques : 0 jours - Soudure Casses fils : 0 jours - Chauffage Vis (préparation) : 0 jours -Transf. Réglage (Chang. Diam) : 0 jours - Autres Dép. Proc : 0 jours
			Temps de production (231 jours)	Temps de non-qualité (1jour)
Temps utile (229 jours)				
TRS = 99%				

Poste de charge P1				
Temps Total (365 jours)	Temps de fermeture (134 jours)	Vendredis + Samedis + Jours fériés + Congés (Mois d'Août) : 134 jours		
	Temps d'ouverture (231 jours)	Temps de sous-charge (0 jours)	Absence de commandes : 0 jours	
		Temps d'engagement (231 jours)	Temps d'arrêt induits (70 jours)	-Absences : 10 jours -Rupture Matières premières : 0 jours -Coupure courant : 1 jour -Autres Indép. Proc : 59 jours
			Temps d'arrêt Propres (37 jours)	- Pannes - Electriques/Mécaniques : 23 jours - Soudure Cassettes fils : 3 jours - Chauffage Vis (préparation) : 0 jours -Transf. Réglage (Chang. Diam) : 1 jour - Autres Dép. Proc : 10 jours
			Temps de production (124 jours)	Temps de non-qualité (1jour) Temps utile (123 jours)
TRS = 52%				

Poste de charge P2				
Temps Total (365 jours)	Temps de fermeture (134 jours)	Vendredis + Samedis + Jours fériés + Congés (Mois d'Août) : 134 jours		
	Temps d'ouverture (231 jours)	Temps de sous-charge (0 jours)	Absence de commandes : 0 jours	
		Temps d'engagement (231 jours)	Temps d'arrêt induits (47 jours)	-Absences : 3 jours -Rupture Matières premières : 0 jours -Coupure courant : 1 jour -Autres Indép. Proc : 43 jours
			Temps d'arrêt Propres (14 jours)	- Pannes - Electriques/Mécaniques : 9 jours - Soudure Cassettes fils : 0 jours - Chauffage Vis (préparation) : 0 jours -Transf. Réglage (Chang. Diam) : 1 jour - Autres Dép. Proc : 4 jours
			Temps de production (170 jours)	Temps de non-qualité (1jour) Temps utile (168 jours)
TRS = 73%				

Poste de charge P3/P4				
Temps Total (365 jours)	Temps de fermeture (134 jours)	Vendredis + Samedis + Jours fériés + Congés (Mois d'Août) : 134 jours		
	Temps d'ouverture (231 jours)	Temps de sous-charge (0 jours)	Absence de commandes : 0 jours	
		Temps d'engagement (231 jours)	Temps d'arrêt induits (23 jours)	-Absences : 1 jour -Rupture Matières premières : 0 jours -Coupure courant : 1 jour -Autres Indép. Proc : 21 jours
			Temps d'arrêt Propres (15 jours)	- Pannes - Electriques/Mécaniques : 9 jours - Soudure Cassettes fils : 2 jours - Chauffage Vis (préparation) : 0 jours -Transf. Réglage (Chang. Diam) : 1 jour - Autres Dép. Proc : 3 jours
			Temps de production (192 jours)	Temps de non-qualité (1jour) Temps utile (190 jours)
TRS = 82%				

Poste de charge De Angeli				
Temps Total (365 jours)	Temps de fermeture (134 jours)	Vendredis + Samedis + Jours fériés + Congés (Mois d'Août) : 134 jours		
	Temps d'ouverture (231 jours)	Temps de sous-charge (0 jours)	Absence de commandes : 0 jours	
		Temps d'engagement (231 jours)	Temps d'arrêt induits (57 jours)	-Absences : 0 jours -Rupture Matières premières : 0 jours -Coupure courant : 1 jour -Autres Indép. Proc : 56 jours
			Temps d'arrêt Propres (11 jours)	- Pannes - Electriques/Mécaniques : 3 jours - Soudure Cassettes fils : 0 jours - Chauffage Vis (préparation) : 0 jours -Transf. Réglage (Chang. Diam) : 0 jours - Autres Dép. Proc : 8 jours
			Temps de production (163 jours)	Temps de non-qualité (1jour) Temps utile (161 jours)
TRS = 70%				

Poste de charge M120				
Temps Total (365 jours)	Temps de fermeture (134 jours)	Vendredis + Samedis + Jours fériés + Congés (Mois d'Août) : 134 jours		
	Temps d'ouverture (231 jours)	Temps de sous-charge (0 jours)	Absence de commandes : 0 jours	
		Temps d'engagement (231 jours)	Temps d'arrêt induits (12 jours)	-Absences : 4 jours -Rupture Matières premières : 0 jours -Coupure courant : 1 jour -Autres Indep. Proc : 6 jours
			Temps d'arrêt Propres (22 jours)	- Pannes - Electriques/Mécaniques : 5 jours - Soudure Cassettes fils : 0 jours - Chauffage Vis (préparation) : 2 jours - Transf. Réglage (Chang. Diam) : 5 jours - Autres Dép. Proc : 11 jours
			Temps de production (197 jours)	Temps de non-qualité (1jour)
Temps utile (195 jours)				
TRS = 84%				

Poste de charge AND120				
Temps Total (365 jours)	Temps de fermeture (134 jours)	Vendredis + Samedis + Jours fériés + Congés (Mois d'Août) : 134 jours		
	Temps d'ouverture (231 jours)	Temps de sous-charge (0 jours)	Absence de commandes : 0 jours	
		Temps d'engagement (231 jours)	Temps d'arrêt induits (66 jours)	-Absences : 22 jours -Rupture Matières premières : 0 jours -Coupure courant : 1 jour -Autres Indep. Proc : 43 jours
			Temps d'arrêt Propres (60 jours)	- Pannes - Electriques/Mécaniques : 46 jours - Soudure Cassettes fils : 0 jours - Chauffage Vis (préparation) : 0 jours - Transf. Réglage (Chang. Diam) : 4 jour - Autres Dép. Proc : 11 jours
			Temps de production (105 jours)	Temps de non-qualité (1jour)
Temps utile (104 jours)				
TRS = 45%				

Poste de charge OZM100				
Temps Total (365 jours)	Temps de fermeture (134 jours)	Vendredis + Samedis + Jours fériés + Congés (Mois d'Août) : 134 jours		
	Temps d'ouverture (231 jours)	Temps de sous-charge (0 jours)	Absence de commandes : 0 jours	
		Temps d'engagement (231 jours)	Temps d'arrêt induits (56 jours)	-Absences : 12 jours -Rupture Matières premières : 0 jours -Coupure courant : 1 jour -Autres Indep. Proc : 47 jours
			Temps d'arrêt Propres (47 jours)	- Pannes - Electriques/Mécaniques : 17 jours - Soudure Cassettes fils : 0 jours - Chauffage Vis (préparation) : 1 jour - Transf. Réglage (Chang. Diam) : 7 jours - Autres Dép. Proc : 22 jours
			Temps de production (128 jours)	Temps de non-qualité (1jour)
Temps utile (126 jours)				
TRS = 55%				

Poste de charge BM80				
Temps Total (365 jours)	Temps de fermeture (134 jours)	Vendredis + Samedis + Jours fériés + Congés (Mois d'Août) : 134 jours		
	Temps d'ouverture (231 jours)	Temps de sous-charge (0 jours)	Absence de commandes : 0 jours	
		Temps d'engagement (231 jours)	Temps d'arrêt induits (29 jours)	-Absences : 9 jours -Rupture Matières premières : 0 jours -Coupure courant : 1 jour -Autres Indep. Proc : 19 jours
			Temps d'arrêt Propres (48 jours)	- Pannes - Electriques/Mécaniques : 8 jours - Soudure Cassettes fils : 0 jours - Chauffage Vis (préparation) : 1 jour - Transf. Réglage (Chang. Diam) : 12 jours - Autres Dép. Proc : 27 jours
			Temps de production (155 jours)	Temps de non-qualité (1jour)
Temps utile (153 jours)				
TRS = 66%				

Poste de charge BMN150					
Temps Total (365 jours)	Temps de fermeture (134 jours)	Vendredis + Samedis + Jours fériés + Congés (Mois d'Août) : 134 jours			
	Temps d'ouverture (231 jours)	Temps de sous-charge (0 jours)	Absence de commandes : 0 jours		
		Temps d'engagement (231 jours)	Temps d'arrêt induits (22 jours)	-Absences : 2 jours -Rupture Matières premières : 0 jours -Coupure courant : 2 jours -Autres Indep. Proc : 19 jours	
			Temps d'arrêt Propres (46 jours)	- Pannes - Electriques/Mécaniques : 9 jours - Soudure Casses fils : 0 jours - Chauffage Vis (préparation) : 1 jour - Transf. Réglage (Chang. Diam) : 9 jours - Autres Dép. Proc : 28 jours	
			Temps de production (162 jours)	Temps de non-qualité (1jour)	
		Temps utile (161 jours)			
TRS = 70%					

Poste de charge BMN60					
Temps Total (365 jours)	Temps de fermeture (134 jours)	Vendredis + Samedis + Jours fériés + Congés (Mois d'Août) : 134 jours			
	Temps d'ouverture (231 jours)	Temps de sous-charge (0 jours)	Absence de commandes : 0 jours		
		Temps d'engagement (231 jours)	Temps d'arrêt induits (1 jour)	-Absences : 0 jours -Rupture Matières premières : 0 jours -Coupure courant : 1 jour -Autres Indep. Proc : 0 jours	
			Temps d'arrêt Propres (1 jour)	- Pannes - Electriques/Mécaniques : 0 jours - Soudure Casses fils : 0 jours - Chauffage Vis (préparation) : 1 jour - Transf. Réglage (Chang. Diam) : 0 jours - Autres Dép. Proc : 0 jours	
			Temps de production (229 jours)	Temps de non-qualité (1jour)	
		Temps utile (227 jours)			
TRS = 98%					

ANNEXE 11 Répartition des charges

Dans cette annexe, nous exposons sous forme de tableau la répartition des charges sur les différents postes de charge.

Pour chaque produit, et pour chaque étape, nous avons affecté les charges sur tous les postes qui se trouveraient en parallèle. Cette répartition a été obtenue après plusieurs simulations, elle représente le meilleur équilibre auquel nous sommes parvenus.

Les nombres inscrits dans le tableau sont donnés **en pourcentage**. On remarquera que sur chacune des étapes, la somme sur chaque ligne est égale 100. Ce qui signifie que la charge correspondante a été entièrement affectée (à 100%).

Programme de production			Etape N°1			Etape N°2					Etape N°3						Etape N°4						Etape N°5						Etape N°6			Etape N°7								
Réf. du câble	Quantité (km)		T2/ T5/T6	T3	T4	SZ1	GMM/SZ2	SETIC 1/2	Q 414	Q 413	Paireuse	P1	P2	P3/P4	Rub Coax	RUB 3/4	DA	BMN60	DA	M120	AND120	OZM100	BM80	BMN150	BMN60	RUB 3	RUB 4	CABALE	M120	AND120	OZM100	BM80	BMN150	CABALE	M120	BM80	M120			
	88 06	8	942	62	32	6		100									100						10	90																
88 06	14	1026	62	32	6		100									100						90	10																	
88 06	28	1019	62	32	6		100							100								100																		
88 06	56	521	62	32	6		100						100							100																				
88 06	11	647	61	31	8		100						58				42			80	19			1																
88 06	22	574	61	31	8		100										100			8	89			3																
88 06	44	237	61	31	8		100						100						100																				100	
88 06	89	209	61	31	8		100						100						100																				100	
89 08	7	37		61	39				100					100									60	40																
89 08	8	673		61	39			100						100									70	30																
89 08	14	688		61	39			100						100									70	30																
89 08	28	253		61	39			100				100									100																			
89 08	56	218		61	39			100				100													100															
89 08	11	153		61	39			100				100										50			50															
89 08	22	42		61	39			100				100							100																				100	
98 06	8	302	62	32	6		100									100								100																
98 06	14	302	62	32	6		100									100								100																
98 06	28	300	62	32	6		100									100									100															
98 06	56	134	62	32	6		100						100												100															
98 06	11	265	62	32	6		100						100												100															
99 08	14	20		61	39			100						100											100															
99 08	28	20		61	39			100				100													100															
99 08	56	20		61	39			100				100													100															
ZPAU 1.0	2	37		100					100					100										100																100
ZPAU 1.0	4	19		100					100					100										100																100
ZPAU 1.0	7	113		100					100					100						100																				100
ZPAU 1.0	14	35		100					100					100						100																				100
ZPAU 1.0	21	27		100					100					100						100																				100
ZPAU 1.0	28	36		100					100					100						100																				100
ZPAU 2.5	2	431		100					100					100										100																100

ZPGU 1.0	1	8		100				100				100				100					10										
GMBG 08	56	5		61	39			100				100					100						100					100			
GMBG 08	11	5		61	39			100				100					100						100					100			
GMBG 08	22	3		61	39			100				100					100										100	100			100
GMBG 08	44	3		61	39			100				100					100										100	100			100
MFG 06	5	20	62	32	6			100				100					100						100							100	
MFG 06	10	10	62	32	6			100				100					100						100							100	
MFG 06	15	6	62	32	6			100				100					100						100							100	
NTHG 06	3	200	62	32	6			100									100						100								
NTHG 06	5	200	62	32	6			100									100						100								
NTHG 06	7	4	62	32	6			100									100						100								
NTHG 06	10	4	62	32	6			100									100						100								
NTHG 06	15	100	62	32	6			100									100						100								
NTHG 09	1	400		100				100									100						100								
NTHG 09	2	100		100				100									100						100								
NTHG 09	7	40		100				100									100						100								
NTHG 09	10	18		100				100									100						100								
278 06	1	291	62	32	6			100									100						100								
278 06	2	642	62	32	6			100									100						100								
278 06	4	135	62	32	6			100									100						100								
281 06	2	15	62	32	6			100									100						100								

Cette répartition donne lieu aux rapports charge/capacité suivants :

Postes de charge	Charge (en jours)	Rapport charge/Capacité	Déficit (en jours)
T2/T5/T6	252	109%	21
T3	252	109%	21
T4	249	108%	18
SZ1	0	0%	0
GMM/SZ2	215	93%	0
SETIC 1 / 2	243	105%	12
Q414	487	211%	256
Q413	0	0%	0
PAIREUSE	0	0%	0
P1	244	106%	13
P2	254	110%	23
DA	254	110%	23
P3 / P4	221	96%	0
RUB COAX	89	38%	0
RUB 3 / 4	167	72%	0
CABALE/LTT	140	61%	0
M120	281	121%	50
AND120	279	121%	48
OZM100	417	180%	186
BM80	413	179%	182
BMN150	279	121%	48
BMN60	23	10%	0

Note : Ces résultats ont fait l'objet d'une vérification en collaboration avec le demandeur de l'étude.

ANNEXE 12 Nouvelle répartition des charges

Dans cette annexe, nous exposons sous forme de tableau la nouvelle répartition des charges sur les postes de charge de l'atelier gainage.

Nous avons identifié de nouvelles possibilités d'orienter le flux qui permettent de réduire considérablement la charge sur le goulot d'étranglement OZM100/BM80.

Les produits (88-06-14) et (88-06-28) ont la possibilité de passer par la ligne M120.

Les produits (NTHG-09-07) et (NTHG -09-10) ont la possibilité de passer par les lignes M120 et BMN150.

Les nouvelles affectations (Produit, Poste de charge) sont coloriées en bleu dans le tableau. Elles sont toutes localisées à l'étape N°4 des processus.

Les nombres inscrits dans le tableau sont donnés **en pourcentage** de la charge répartissable. On remarquera que sur chacune des étapes, la somme sur chaque ligne est égale 100. Ce qui signifie que la charge correspondante a été entièrement affectée (à 100%).

Programme de production			Etape N°1			Etape N°2					Etape N°3						Etape N°4						Etape N°5					Etape N°6			Etape N°7							
Réf. du câble	Quantité (km)	TZ/ T5/T6	T3	T4	SZ1	GMM/SZ2	SETIC.1/2	Q.414	Q.413	Paireuse	P1	P2	P3/P4	Rub Coax	RUB 3/4	DA	BIMNGO	DA	M120	AND120	OZM100	BM80	BMN150	BIMNGO	RUB 3	RUB 4	CABALE	M120	A'ND120	OZM100	BM80	BMN150	CABALE	M120	BM80	M120		
			88 06	8		942	62	32	6	100								100																				
88 06	14	1026	62	32	6	100								100					100																			
88 06	28	1019	62	32	6	100							100								100																	
88 06	56	521	62	32	6	100						100							80	15	5																	
88 06	112	647	61	31	8	100						58				42					35																	
88 06	224	574	61	31	8	100									100					89																		
88 06	448	237	61	31	8	100							100					100																			100	
88 06	896	209	61	31	8	100							100					100																			100	
89 08	7	37		61	39			100					100									60	40															
89 08	8	673		61	39		100						100									70	30															
89 08	14	688		61	39		100						100									73	27															
89 08	28	253		61	39		100				100										100																	
89 08	56	218		61	39		100				100																										100	
89 08	112	153		61	39		100				100										45																	
89 08	224	42		61	39		100				100							100																			100	
98 06	8	302	62	32	6	100								100								100																
98 06	14	302	62	32	6	100								100								100																
98 06	28	300	62	32	6	100								100																								100
98 06	56	134	62	32	6	100						100																									100	
98 06	112	265	62	32	6	100						100																									100	
99 08	14	20		61	39		100						100																									100
99 08	28	20		61	39		100				100																											100
99 08	56	20		61	39		100				100																										100	
ZPAU 1.0	2	37	100					100					100															100									100	100
ZPAU 1.0	4	19	100					100					100															100									100	100
ZPAU 1.0	7	113	100					100					100															100									100	100
ZPAU 1.0	14	35	100					100			100																	100									100	100
ZPAU 1.0	21	27	100					100			100																	100									100	100
ZPAU 1.0	28	36	100					100			100																	100									100	100
ZPAU 2.5	2	431	100					100					100															100									100	100
ZPGU 1.0	1	8	100					100						100																							100	

Cette répartition donne lieu aux rapports charge/capacité suivants :

Postes de charge	Charge (en jours)	Rapport charge/Capacité	Déficit en temps de production (en jours)
T2/T5/T6	252	109%	21
T3	252	109%	21
T4	249	108%	18
SZ1	0	0%	0
GMM/SZ2	215	93%	0
SETIC 1 / 2	243	105%	12
Q414	487	100%	0
Q413	0	56%	0
PAIREUSE	0	56%	0
P1	244	106%	13
P2	254	110%	23
DA	254	110%	23
P3 / P4	221	96%	0
RUB COAX	89	38%	0
RUB 3 / 4	167	72%	0
CABALE/LTT	140	61%	0
M120	381	138%	87
AND120	319	138%	88
OZM100	322	139%	91
BM80	321	139%	90
BMN150	321	139%	90
BMN60	23	10%	0

Note : Ces résultats ont fait l'objet d'une vérification en collaboration avec le demandeur de l'étude

ANNEXE 13 Décomposition temporelle de la capacité du goulot (Lignes de gainage)

Ligne de gainage OZM100				
Temps Total (365 jours)	Temps de fermeture (134 jours)	Vendredis + Samedis + Jours fériés + Congés (Mois d'Août) : 134 jours		
	Temps d'ouverture (231 jours)	Temps de sous-charge (0 jours)	Absence de commandes : 0 jours	
		Temps d'engagement (231 jours)	Temps d'arrêt induits (56 jours)	-Absences : 12 jours -Rupture Matières premières : 0 jours -Coupure courant : 1 jour -Autres arrêts induits: 47 jours
			Temps d'arrêt Propres (47 jours)	- Pannes - Electriques/Mécaniques : 17 jours - Soudure Cassettes fils : 0 jours - Chauffage Vis (préparation) : 1 jour -Transf. Réglage (Chang. Diam) : 7 jours - Autres arrêts propres: 22 jours
			Temps de production (128 jours)	Temps de non-qualité (1jour)
				Temps utile (126 jours)
TRS = 55%				

Ligne de gainage BM80				
Temps Total (365 jours)	Temps de fermeture (134 jours)	Vendredis + Samedis + Jours fériés + Congés (Mois d'Août) : 134 jours		
	Temps d'ouverture (231 jours)	Temps de sous-charge (0 jours)	Absence de commandes : 0 jours	
		Temps d'engagement (231 jours)	Temps d'arrêt induits (29 jours)	-Absences : 9 jours -Rupture Matières premières : 0 jours -Coupure courant : 1 jour - Autres arrêts induits: 19 jours
			Temps d'arrêt Propres (48 jours)	- Pannes - Electriques/Mécaniques : 8 jours - Soudure Cassettes fils : 0 jours - Chauffage Vis (préparation) : 1 jour -Transf. Réglage (Chang. Diam) : 12 jours - Autres arrêts propres: 27 jours
			Temps de production (155 jours)	Temps de non-qualité (1jour)
				Temps utile (153 jours)
TRS = 66%				

Ligne de gainage M120				
Temps Total (365 jours)	Temps de fermeture (134 jours)	Vendredis + Samedis + Jours fériés + Congés (Mois d'Août) : 134 jours		
	Temps d'ouverture (231 jours)	Temps de sous-charge (0 jours)	Absence de commandes : 0 jours	
		Temps d'engagement (231 jours)	Temps d'arrêt induits (12 jours)	-Absences : 4 jours -Rupture Matières premières : 0 jours -Coupure courant : 1 jour - Autres arrêts induits: 6 jours
			Temps d'arrêt Propres (22 jours)	- Pannes - Electriques/Mécaniques : 5 jours - Soudure Casses fils : 0 jours - Chauffage Vis (préparation) : 2 jours -Transf. Réglage (Chang. Diam) : 5 jours - Autres arrêts propres: 11 jours
			Temps de production (197 jours)	Temps de non-qualité (1jour)
				Temps utile (195 jours)
TRS = 84%				

Ligne de gainage AND120				
Temps Total (365 jours)	Temps de fermeture (134 jours)	Vendredis + Samedis + Jours fériés + Congés (Mois d'Août) : 134 jours		
	Temps d'ouverture (231 jours)	Temps de sous-charge (0 jours)	Absence de commandes : 0 jours	
		Temps d'engagement (231 jours)	Temps d'arrêt induits (66 jours)	-Absences : 22 jours -Rupture Matières premières : 0 jours -Coupure courant : 1 jour - Autres: 43 jours
			Temps d'arrêt Propres (60 jours)	- Pannes - Electriques/Mécaniques : 46 jours - Soudure Casses fils : 0 jours - Chauffage Vis (préparation) : 0 jours -Transf. Réglage (Chang. Diam) : 4 jour - Autres: 11 jours
			Temps de production (105 jours)	Temps de non-qualité (1jour)
				Temps utile (104 jours)
TRS = 45%				

Ligne de gainage BMN150				
Temps Total (365 jours)	Temps de fermeture (134 jours)	Vendredis + Samedis + Jours fériés + Congés (Mois d'Août) : 134 jours		
	Temps d'ouverture (231 jours)	Temps de sous-charge (0 jours)	Absence de commandes : 0 jours	
		Temps d'engagement (231 jours)	Temps d'arrêt induits (22 jours)	-Absences : 2 jours -Rupture Matières premières : 0 jours -Coupure courant : 2 jours -Autres: 19 jours
			Temps d'arrêt Propres (46 jours)	- Pannes - Electriques/Mécaniques : 9 jours - Soudure Cassettes fils : 0 jours - Chauffage Vis (préparation) : 1 jour - Transf. Réglage (Chang. Diam) : 9 jours - Autres: 28 jours
			Temps de production (162 jours)	Temps de non-qualité (1jour)
			Temps utile (161 jours)	
TRS = 70%				