

# Guide d'utilisation des outils Lean Six Sigma

Université de Technologie de Compiègne

Master Qualité et Performances dans les Organisations

BIAN Wenke

IDRISSI BOUYAHYAOUY Yasmina

NAJI Aymen

NEJMED-DINE Aziza

---

# Quels sont vos besoins ?

<b>Identifier les causes, les solutions et les risques des problèmes</b>	<b>3</b>
<b>Schématiser les flux et les processus</b>	<b>15</b>
<b>Améliorer au quotidien et développer le potentiel humain</b>	<b>24</b>
<b>Optimiser l'efficacité au travail</b>	<b>34</b>
<b>Maîtriser la variabilité des processus</b>	<b>34</b>
<b>Améliorer la relation client</b>	<b>71</b>

---

## Identifier les causes, les solutions et les risques des problèmes

---

### Décrire la situation

---

QQOQCP	4
PLANIFICATION DYNAMIQUE STRATEGIQUE	5

---

### Identifier les causes

---

PARETO	6
DIAGRAMME DES 5M (ISHIKAWA)	8

---

### Analyser les risques

---

AMDEC	9
ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES (APR)	11
ARBRE DE DEFAILLANCE	12
ANALYSE DES RISQUES ET ALTERNATIVES (ARA)	14

## QQOQCP

Niveau requis	Débutant	Trame	Non
---------------	----------	-------	-----

La démarche QQOQCP C'est la démarche la plus simple et efficace qui sert à bien identifier et cerner une problématique.

Pour réaliser une telle démarche il faut suivre les différentes étapes suivantes :

- 1- Identifier **l'élément d'entrée** qui représente une description brève du problème
- 2- Qui est concerné par le problème
- 3- C'est Quoi le problème
- 4- Où apparait le problème
- 5- Quand apparait le problème
- 6- Comment mesurer le problème
- 7- Pourquoi résoudre le problème

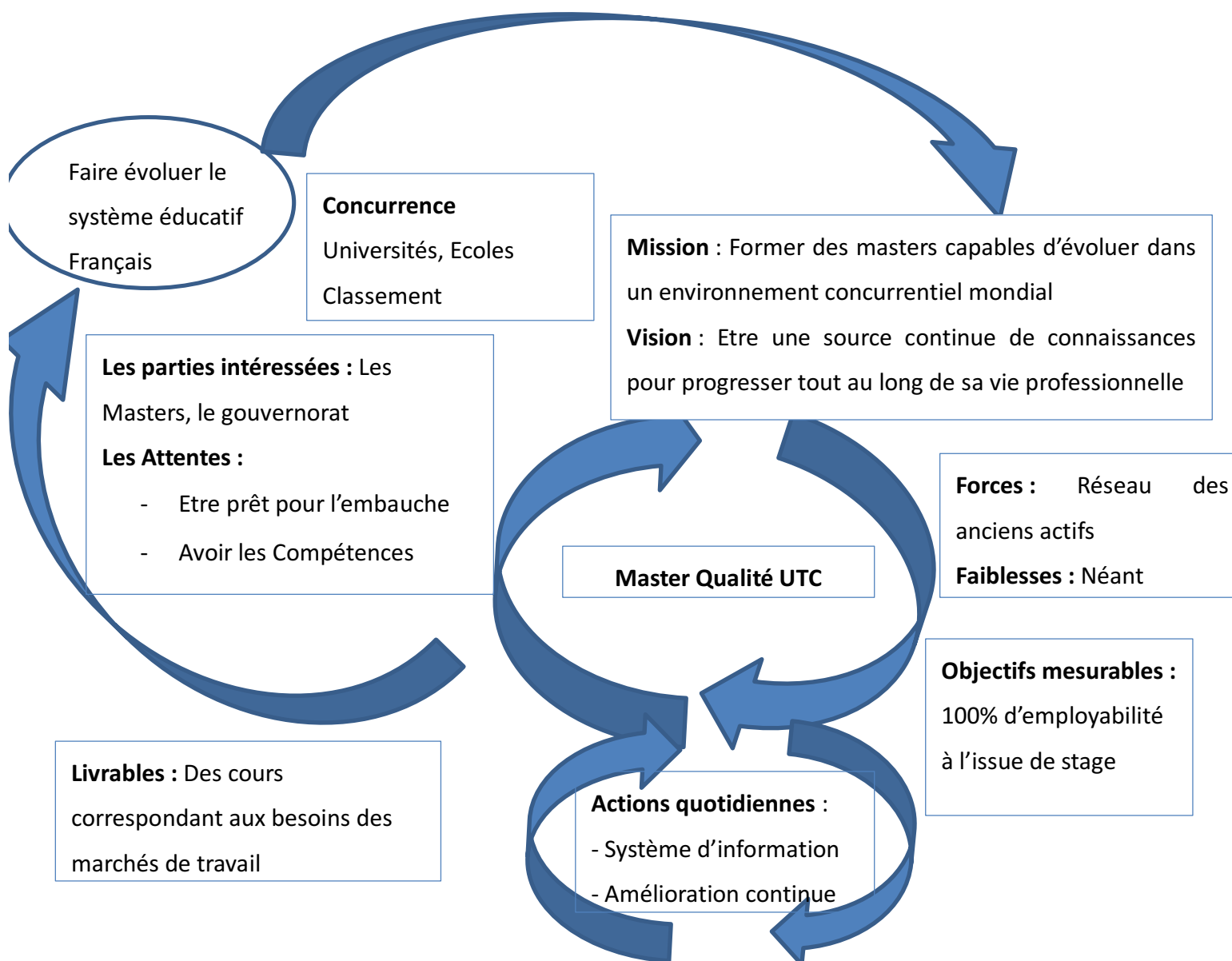
Après avoir répondu aux précédentes questions vous devez synthétiser les différentes informations dans une phrase (**Elément de sortie**) qui représentera au final la problématique recherchée.



## Planification Dynamique Stratégique

Niveau requis	Débutant	Trame	Oui
---------------	----------	-------	-----

Ci-dessous un exemple illustrant l'utilisation de la trame de la planification dynamique stratégique qu'on propose dans notre boîte à outils.



## Pareto

<b>Niveau requis</b>	Débutant	<b>Trame</b>	Non
----------------------	----------	--------------	-----

Ce diagramme permet d'hiérarchiser les problèmes en fonction de leur nombre d'occurrences pour définir ceux qui doivent être traités en priorité. Plus concrètement, la minorité des causes (20%) qui créent 80% du problème.

Voici un exemple sur le Retard de livraison d'un colis.

- 1- Recueillir les données observées et mentionner le nombre d'observation pour chaque donnée.

Causes retard d'une livraison	Nombre d'observation
Colis perdu	60
Retard transporteur	20
Problème sur le produit	30
Erreur sur étiquette	80

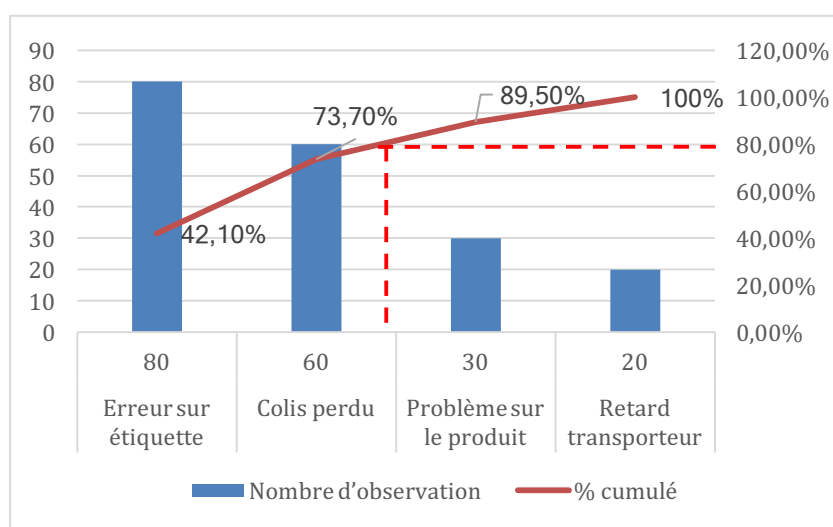
- 2- Classer les données par ordre décroissant en fonction de nombre d'observations.

Causes retard d'une livraison	Nombre d'observation
Erreur sur étiquette	80
Colis perdu	60
Problème sur le produit	30
Retard transporteur	20

- 3- Créer une colonne pour le cumul des observations et une pour le pourcentage des cumuls.

Causes retard d'une livraison	Nombre d'observation	Cumul	% cumulé
Erreur sur étiquette	80	80	42,1%
Colis perdu	60	80+60 = <b>140</b>	73,7%
Problème sur le produit	30	140+30= <b>170</b>	89,5%
Retard transporteur	20	170+20= <b>190</b>	100%
Total	<b>190</b>		

- 4- Tracer sur un même graphique, le nombre d'observations et le pourcentage des cumuls de ces observations.



A partir du graphique, il est clair que les situations sur lesquelles il faut agir sont celles sur la partie gauche. Effectivement, les erreurs sur l'étiquette et la perte des colis doivent faire objet d'une analyse poussée pour savoir quelles sont les causes racines de ce problème.

---

## Diagramme des 5M (ISHIKAWA)

Niveau requis	Débutant	Trame	Oui
---------------	----------	-------	-----

Lors d'une résolution de problème, le diagramme des 5M peut être un outil parmi d'autres qui favorise la collecte des idées. Pour ce faire, il faut :

- Déterminer le problème « effet »
- Chercher à l'aide d'un brainstorming les causes possibles du problème identifié.
- Classer les causes en famille :
  - **Milieu** : environnement, riverain, concurrence, etc.
  - **Matière** : matière première, pièce, fourniture, etc.
  - **Matériel** : machine, outils, équipement, etc.
  - **Main d'œuvre** : compétences, motivation formation, etc.
  - **Méthodes** : procédure, mode opératoire, etc.

## AMDEC

Niveau requis	Expert	Trame	Oui
---------------	--------	-------	-----

La méthode AMDEC est l'analyse des modes de défaillances de leurs effets de leur criticité. L'AMDEC est utilisé dans de la sureté de fonctionnement pour identifier les caractéristiques de sécurité d'un produit dans une démarche qualité.

Réaliser une AMDEC c'est un travail coopératif qui nécessite une équipe pluridisciplinaire.

Les différentes étapes pour réaliser une AMDEC se résument dans le tableau que vous pouvez le consulter dans notre boîte à outils et il faut suivre les différentes instructions ci-dessous pour le remplir convenablement.

- 1- Identifier l'étape du processus, le changement ou la caractéristique sous enquête.
- 2- Identifier les modes de défaillance. "Un mode de défaillance est la manière par laquelle un dispositif peut venir à être défaillant, c'est-à-dire à ne plus remplir sa fonction. Le mode de défaillance est toujours relatif à la fonction du dispositif. Il s'exprime toujours en termes physiques".
- 3- Décrire l'effet de chaque défaillance potentielle.
- 4- Enumérer pour chaque effet toutes les causes possibles.
- 5- Calculer la criticité de chaque cause identifiée.
- 6- Hiérarchiser les défaillances : recenser celles dont l'indice de criticité est supérieur à la limite fixée par le groupe.
- 7- Recherche des actions correctives pour résoudre les défaillances retenues.
- 8- Réévaluer les défaillances en tenant compte des actions correctives : si l'indice de criticité est toujours supérieur à la limite fixée, rechercher d'autres actions correctives.
- 9- Planifier et mettre en œuvre les actions prévues.

Le calcul de la criticité se fait à partir des trois critères d'évaluation (Gravité, Occurrence, Détection). La grille de cotation qui accompagne le tableau AMDEC définit les degrés de chaque critère selon des échelles définies par l'entreprise.

NB : les différentes grilles de cotation peuvent changer et ceci selon les priorités de l'entreprise.

Grille de cotation de l'Occurrence		
Occurrence		
Critère	Occurrence	Degré
Une occurrence d'échec très fréquente entraîne un processus inutilisable et la raison de l'échec se produit encore et encore, processus imprécis.	Occurrence très forte	5
Un échec occasionnel entraîne un processus moins précis.	Occurrence forte	4
La probabilité d'apparition d'une cause d'échec est faible. Processus précis.	Occurrence moyenne	3
La cause de l'échec est improbable	Occurrence faible	2
	Occurrences très faible	1

Grille de cotation de la Détection		
Détection		
Evaluation de la probabilité de	Détection	Degré
La détection des causes d'échec apparues est improbable, l'échec provoqué ne peut pas être détecté.	Détection très faible	5
La détection des causes d'échec apparues est moins probable. La cause d'échec ne sera probablement pas détectée. Examens	Détection faible	4
Il est probable que des causes de défaillance ont été détectées. Les examens sont relativement certains.	Détection moyenne	3
La détection des causes d'échec apparaissant est très probable. Les examens sont certains.	Détection forte	2
Les causes d'échec seront certainement détectées.	Détection très forte	1

Matrice de criticité						
Détection						
Criticité		1	2	3	4	5
	1	1	4	9	16	25
	2	2	8	18	32	50
	3	3	12	27	48	75
	4	4	16	36	64	100
	5	5	20	45	80	125
Fréquence						

## Analyse Préliminaire des Risques

<b>Niveau requis</b>	Intermédiaire	<b>Trame</b>	Non
----------------------	---------------	--------------	-----

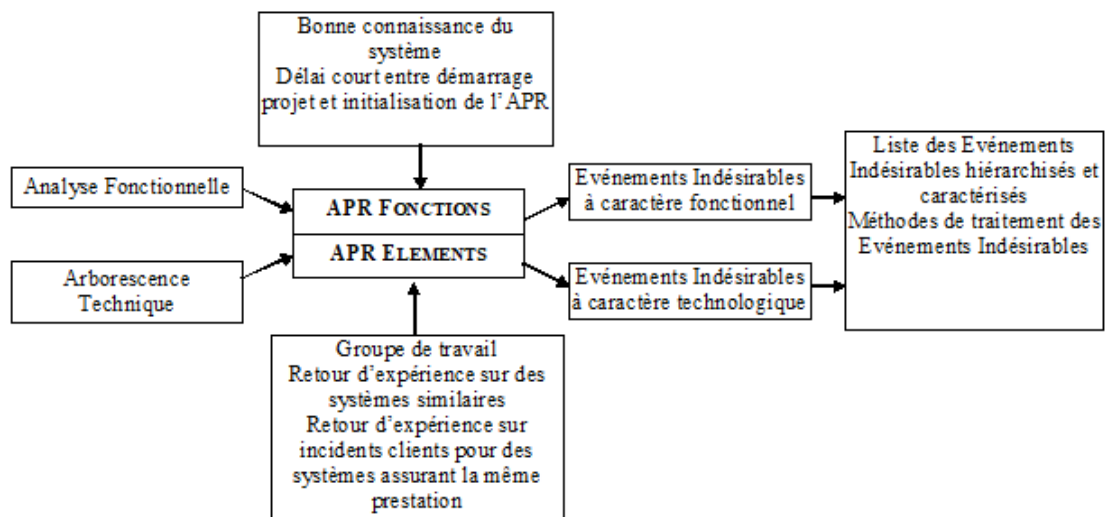
L'analyse préliminaire des risques permet d'étudier les dysfonctionnements qui risquent d'apparaître à cause d'un élément défectueux, ou une fonction non maîtrisée du système.

Il est effectué en groupe de travail et nécessite la présence de personnes spécialistes dans le domaine pour bien décortiquer le système.

Pour effectuer une APR, il faut connaître :

- Les fonctions à remplir par le système (analyse fonctionnelle)
- Cycle de vie du système
- Une description technique claire du système

### Démarche :



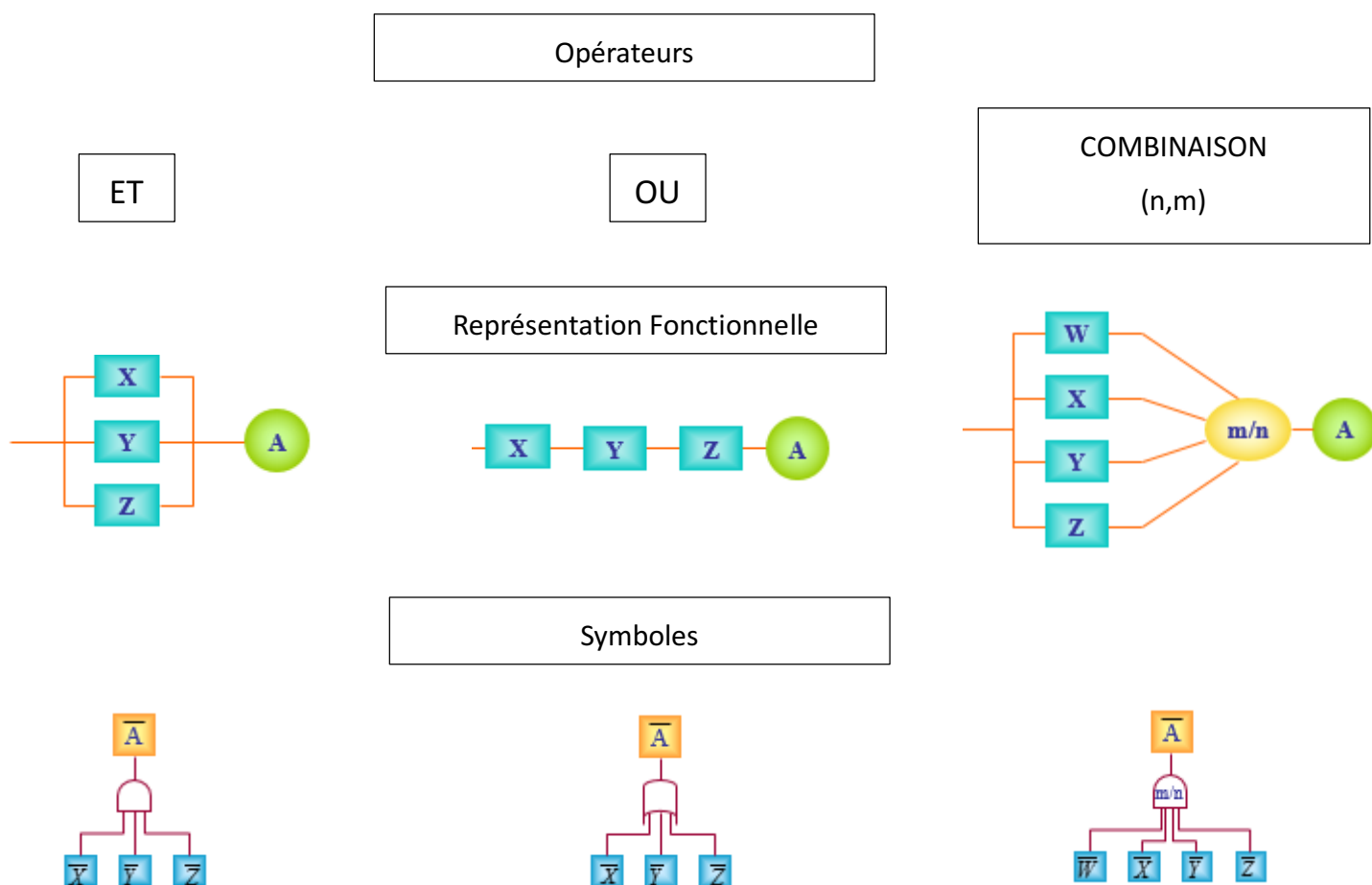
SOURCE : ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES - COURS UTC [PUBLIC]

## Arbre de défaillance

Niveau requis	Intermédiaire	Trame	Non
---------------	---------------	-------	-----

Un arbre de défaillance présente l'ensemble des événements qui conduisent à une défaillance. Construire un arbre revient à répondre à la question « comment telle défaillance peut-elle arriver ? ».

L'arbre de défaillance est représenté par des opérateurs logiques, événement, symbole de transfert.

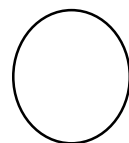


### Les événements de Base :

#### Elémentaire

- Généralement une défaillance,
- Phénomène assez connu pour ne pas le développer plus (probabilité faible - Rex).

#### Représentation





Non élémentaire et non développé :

- Événement étant une cause externe au système étudié
- Porte ET avec plus de 3 branches.

Non élémentaire et non développé momentanément :

- Pas de renseignements suffisants,
- Développer par un fournisseur ou à documenter.

Case configuration :

- Permet de réaliser un seul arbre pour différentes phases de vie.

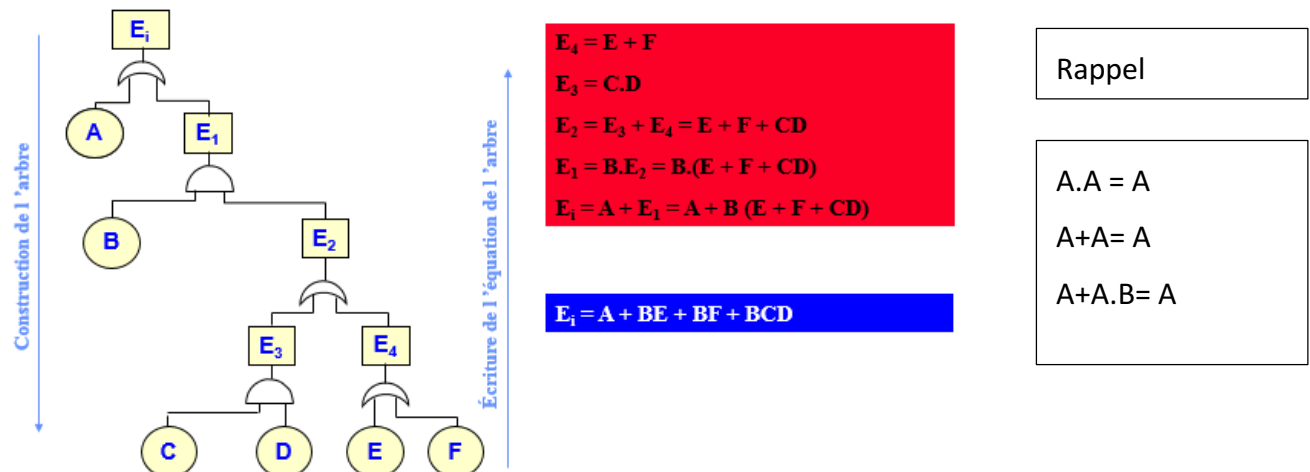
La démarche de réalisation d'un arbre de défaillance se décompose en trois grandes phases :

1. Définition de l'évènement indésirable
2. Démarche déductive
3. Représentation

## Codage de l'arbre et calcul de l'équation de l'évènement indésirable

- Identifier les événements de base identiques sur l'ensemble des Evènements indésirables et leur attribuer le même code
- Coder les autres événements de base
- Réduction de l'équation de l'arbre

Ci-dessous un exemple de codification et de calcul de l'équation de l'arbre des défaillances :



## Analyse des Risques et Alternatives

<b>Niveau requis</b>	Débutant	<b>Trame</b>	Non
----------------------	----------	--------------	-----

Action Risque Alternative le diagramme : ARA, présente les risques potentiels pour chaque phase de projet et propose des alternatives pour les contourner.

Le diagramme suivant illustre un exemple de diagramme ARA :

Planning	Acteur	Action	Risque	Alternative
Phase 1				
Phase 2				
Phase 3				

---

## Schématiser les flux et les processus

---

### Décrire le processus

---

VSM	16
-----	----

SIPOC	22
-------	----

---

### Schématiser les flux

---

DIAGRAMME SPAGHETTI	23
---------------------	----

## VSM

<b>Niveau requis</b>	Intermédiaire	<b>Trame</b>	Oui
----------------------	---------------	--------------	-----

Les 4 étapes principales afin d'établir un VSM sont :

### 1- Définir le périmètre : famille des produit/ process à cartographier

Il faut tout d'abord savoir ce qu'on voudrait cartographier :

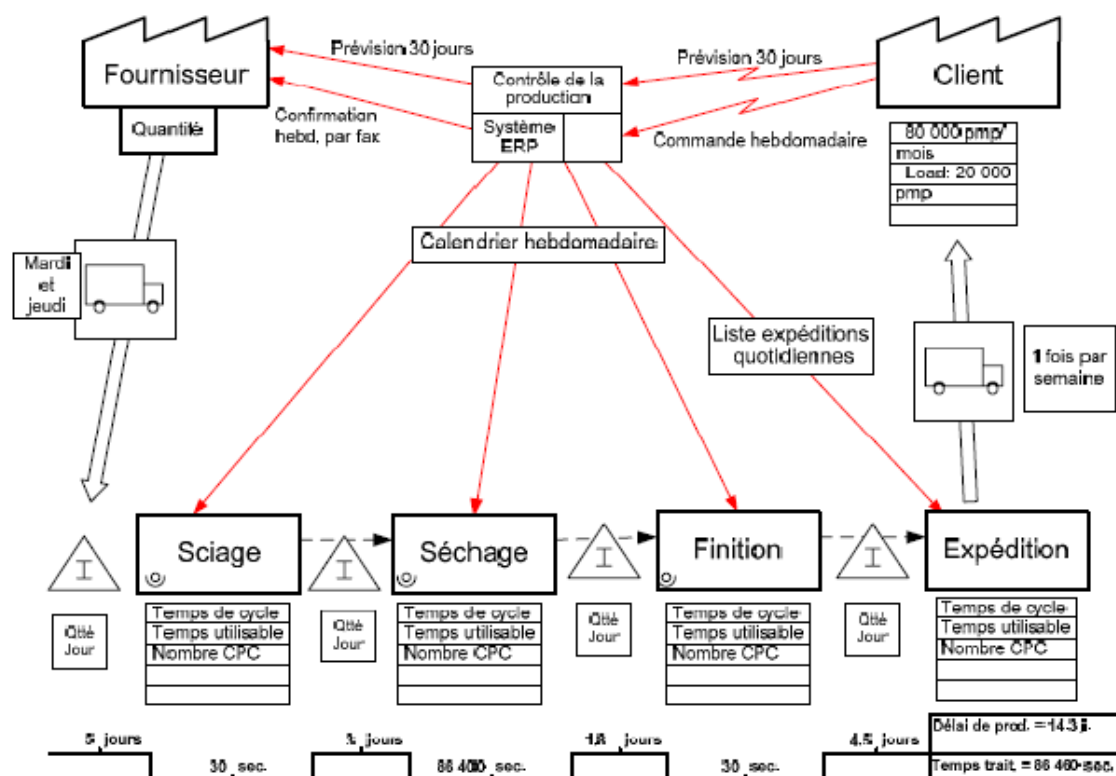
- Processus complet au niveau de toute l'entreprise
- Processus de fabrication au niveau de l'usine
- Une opération définie au niveau d'un processus de fabrication.

Il est recommandé que tous les acteurs concernés par le processus participent à la réalisation de la VSM, pour profiter de l'expérience de chacun et ses connaissances.


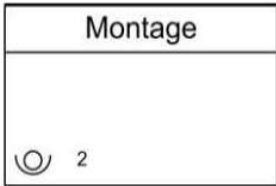
### 2- Créer la VSM actuelle

Pour créer la VSM actuelle, il est très important de noter tous les écarts existants et non pas ce que l'on croit avoir ou ce qu'on souhaite faire.

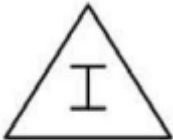
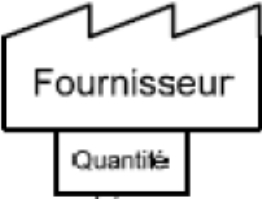
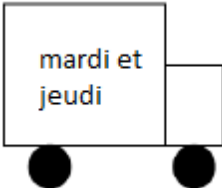
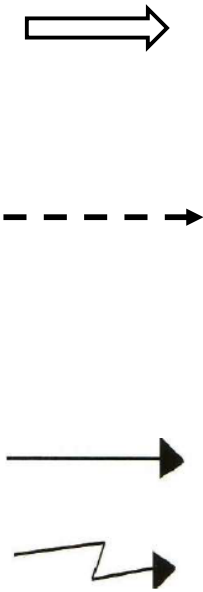
Voici à quoi peut ressembler le résultat finale d'une **cartographie de chaine de valeur** :

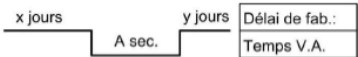


Il y a des icônes pour représenter chaque élément du processus dans le schéma. Chacune est accompagnée d'une case de données pour fournir plus d'informations. Voici une explication de chaque élément suivant les étapes de réalisation :

La case de donnée client	 <p>The diagram shows a box representing a client data entry. The top part has three tabs. Below the tabs, the word "Client" is centered. Underneath, there are four rows of data fields. The first row is labeled "Demande mensuelle". The second row is labeled "Qté / contenant". The third row is labeled "Horaire de production". The fourth row is empty.</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Cette icône correspond au client du processus, elle est placée en haut à droite de la page.</li><li>- Une case de données permet d'identifier toute donnée permettant de comprendre le besoin du client : la demande mensuelle pour chaque produit, la quantité par commande, ...etc.</li></ul>
La case de procédé	 <p>The diagram shows a box representing a process. The top part is a header labeled "Montage". Below the header, there is a large empty space. In the bottom left corner, there is a circular arrow icon followed by the number "2".</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Disposée dans la moitié inférieure de la page.</li><li>- On définit un procédé comme une unité de travail qui transforme un élément d'entrée en élément de sortie</li></ul>

		<ul style="list-style-type: none"><li>- Si le process contient des procédés en parallèle cela peut être présenté sur la VSM</li><li>- Le symbole/numéro en bas à gauche constitue le nombre de personnes affectées à ce procédé</li></ul>						
Case de données de procédé	<table><tr><td>Rth = 45 sec</td></tr><tr><td>TR = 80 sec.</td></tr><tr><td>T Std = 60 sec.</td></tr><tr><td>TMC = 30 min.</td></tr><tr><td>DT = 2 quarts</td></tr><tr><td>NC = 0.5%</td></tr></table>	Rth = 45 sec	TR = 80 sec.	T Std = 60 sec.	TMC = 30 min.	DT = 2 quarts	NC = 0.5%	<p>La case de procédé est obligatoirement accompagnée de données pertinentes, qui seront définies selon le besoin. En général :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- <b>Rth : rythme de fabrication (Sec ou min) :</b> le temps écoulé entre une pièce et la suivante dans le même point du procédé.</li><li>- <b>TVA : temps de valeur ajoutée (Sec ou Min):</b> le temps de transformation du produit par le procédé en question. Pour plus de précision, ce temps peut être divisé en</li><li>- <b>TR :</b> temps réel qui correspond au temps calculé tel qu'il par le système</li><li>- <b>TStd :</b> temps Standard qui correspond au temps attribué généralement lors de la planification</li></ul> <p><b>-TMC : Temps de mise en course :</b> temps entre la dernière pièce d'un lot et la première bonne pièce du lot d'après</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- <b>DT : Durée de travail :</b> la durée planifiée où le procédé est en opération. Les pauses, les maintenances préventives, les nettoyages et les réunions n'y sont pas inclus.</li><li>- <b>NC (%) : Non-conformité :</b> pourcentage de rebuts.</li></ul>
Rth = 45 sec								
TR = 80 sec.								
T Std = 60 sec.								
TMC = 30 min.								
DT = 2 quarts								
NC = 0.5%								

Stock	 300 pièces 1 jour	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les points de stockage de la matière première, des produits en cours ou finis. Elles sont disposées en aval du procédé qui les a générés.</li> <li>- Mentionner le nombre de pièces stockées, la durée de stockage...etc.</li> </ul>
La case de données fournisseurs		<p>La case de fournisseur doit être disposée en haut à gauche de la page juste après avoir localisé les stocks. De la même manière, les informations pertinentes sont renseignées.</p>
Expédition et réception		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cette icône représente <b>la réception</b> de la marchandise de la part du fournisseur (placée à gauche) ou <b>l'expédition</b> vers le client (placée à droite).</li> <li>-La fréquence et/ou les dates de l'opération sont renseignées sur l'icône.</li> </ul>
Flux		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cette <b>flèche</b> représente le cheminement de la matière première ou le produit fini, il traverse le camion (voir le schéma).</li> <li>- Cette <b>flèche hachurée</b> présente les flux poussés entre les cases de procédé et les points de stockage. Un flux poussé est une production qui ne prend pas en considération la demande du client en aval.</li> <li>-Ces flèches indiquent un flux d'information : Celle constituée d'une ligne continue indique un flux d'information papier, tandis que la ligne discontinue est utilisée pour un flux d'information virtuelle.</li> </ul>

<p>La ligne de temps</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les lignes supérieures correspondent à la durée de stockage, chacune doit être placée sous un point de stockage et la durée doit être indiquée au-dessus.</li> <li>- Les lignes inférieures correspondent à la durée de l'opération, soit le temps de la valeur ajoutée.</li> <li>- A la fin du processus, la somme de chacune de ces notions est mentionnée.</li> </ul>
--------------------------	---	---

### 3- Identifier Les sortes de gaspillages

Lorsqu'on obtient une vision globale sur la situation actuelle du processus, on identifie les différents types de gaspillage, ce qu'on appelle les 8 Mudas pour les éliminer.

	<b>Défaut/Rebuts</b> produits non conforme, erreur de saisie des données d'entrées
	<b>Surproduction</b> Documents inutile, ou travail fait deux fois
	<b>Attente</b> Tâche /documents en attente impactant sur l'avancement procédé d'après
	<b>Transport inutile</b> Voyage à vide
	<b>Processus excessif</b> Proceessus complexe par rapport au prix de vente, programme compliqué à utiliser
	<b>Stocks</b> Gestion de l'espace de vente, capital immobilisé
	<b>Mouvement inutile</b> Mauvais rangement, mauvaise ergonomie de poste
	<b>Sous-utilisation du personnel</b> •Non reconnaissance du travail et initiative



---

#### **4- Créer la futur VSM**

Créer la Cartographie de Chaîne de Valeur Visée, avec la nouvelle modification.

#### **5- Mettre en place un plan d'action pour passer à la nouvelle VSM**

Mettre en place un plan d'actions qui définit ce qui est à faire pour chaque amélioration identifiée, avec un suivi régulier.

## SIPOC

<b>Niveau requis</b>	Débutant	<b>Trame</b>	Oui
----------------------	----------	--------------	-----

C'est l'outil le plus simple pour cartographier les processus. Pour le créer, il faut :

- 1- Définir le processus choisi et son périmètre (début et fin)
- 2- Définir les éléments qui le constituent à savoir :

<b>Supplier</b>	<b>Input</b>	<b>Process</b>	<b>Output</b>	<b>Customer</b>
<b>Fournisseur</b>	<b>Données d'entrées</b>	<b>Processus</b>	<b>Sorties</b>	
Personne ou	Eléments	Les tâches de	Produits / Services	
Entité qui	déclencheurs du	réalisation du	générés par le	<b>Client</b>
fournit	processus (matière	produit ou du	processus qui satisfait	destinataire
l'élément	première,	service à valeur	le besoin du client	du produit.
déclencheur du	documents,	ajoutée pour le	(factures, rapports,	
processus	informations, etc.)	client.	etc.).	

- 3- Identifier les macro-étapes du processus défini (5 à 7 étapes). Chacune de ces étapes peut être encore détaillée dans un SIPOC.

## Diagramme Spaghetti

Niveau requis	Débutant	Trame	Oui
---------------	----------	-------	-----

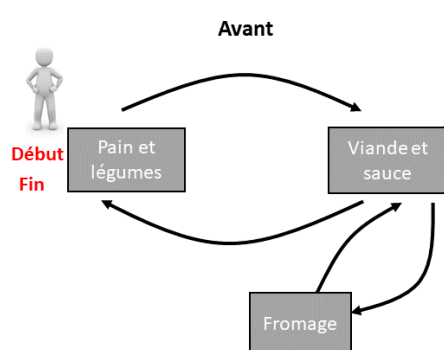
Cet outil est utilisé pour rendre lisible les différents déplacements, mouvements que ce soit physiques ou immatériels en temps réel. Il peut être utilisé dans la phase Ranger de la démarche 5S.

Pour créer un diagramme Spaghetti, il faut tout d'abord définir le type de flux à tracer : physique/électronique.

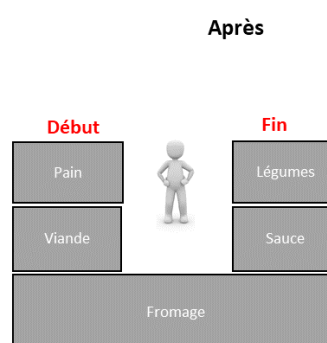
Sur le plan de la zone de travail concernée (exemple : flux physique) :

1. Tracer les différents flux : personnel, matière, document sous forme de flèche, chacun avec une couleur différente.
2. Déterminer les distances parcourus pendant une période donnée, les allers-retours, et les endroits les plus visités.
3. Identifier les différentes sortes de gaspillage : aller-retour inutile, long trajet...etc.
4. Retracer des nouveaux trajets pour la nouvelle présentation.

### Exemple : Comment préparer un Sandwich ?



1. Choisir le pain
2. Marcher jusqu'à la table de la viande
3. Ajouter la viande
4. Marcher jusqu'à la table du fromage
5. Ajouter du fromage
6. Marcher jusqu'à la table des sauces
7. Ajouter une sauce
8. Marcher jusqu'à la table des légumes
9. Ajouter un légume



1. Choisir le type de pain
2. Ajouter la viande
3. Ajouter du fromage
4. Ajouter la sauce
5. Ajouter les légumes

---

## Améliorer au quotidien et développer le potentiel humain

---

### Faire la formation

---

ONE POINT LESSON	25
CROSS-TRAINING	26

---

### Améliorer le processus

---

KAIZEN	27
RACI	28
QRQC	29

---

### Standardiser le travail

---

STANDARD OPERATING PROCEDURE (SOP)	33
------------------------------------	----

## One Point Lesson

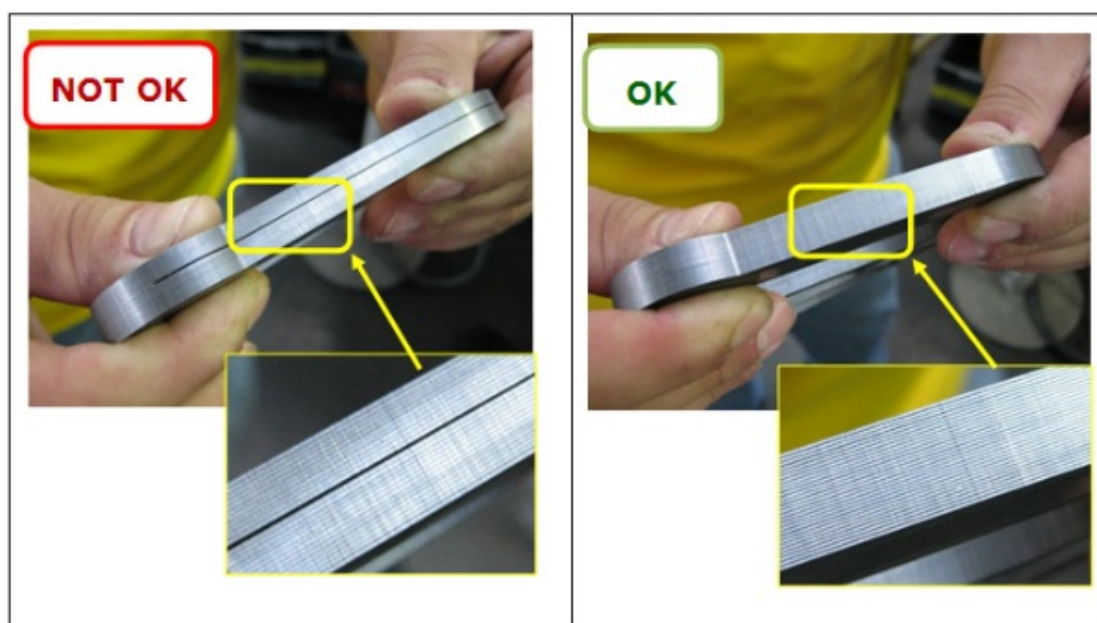
<b>Niveau requis</b>	Débutant	<b>Trame</b>	Non
----------------------	----------	--------------	-----

One point lesson est un outil d'apprentissage de 5 à 10 minutes, qui prend normalement moins de 15 minutes à écrire. C'est une leçon sur un seul sujet / point, sur une feuille de papier. Il se compose normalement de 80% de diagramme et de 20% de mots. Il est généralement préparé par des superviseurs ou des chefs de groupe et parfois par des opérateurs.

Ci-après un exemple de one point lesson réalisé pour former les opérateurs sur l'opération du contrôle visuelle :

Entreprise	One Point Lesson	Date xx/xx/xx
------------	------------------	---------------

### Contrôle visuelle



## Cross-training

<b>Niveau requis</b>	Intermédiaire	<b>Trame</b>	Non
----------------------	---------------	--------------	-----

Le cross training consiste à former un employé à faire une partie différente de son travail habituel. Former le travailleur A pour accomplir la tâche que le travailleur B accomplit et former B pour faire la tâche de A est une formation croisée. La formation croisée est bonne pour les gestionnaires, car elle offre plus de souplesse dans la gestion de la main-d'œuvre.

Pour réaliser le cross training au sein de votre organisme, différentes étapes doivent être réalisées :

1. Expliquer le concept du Cross Training aux personnels.
2. Laisser les employés identifier les rôles et les tâches qui les intéressent.
3. Inciter les employés à identifier des opportunités d'enrichissement dans le cadre de leurs activités.
4. Discuter avec votre chef d'unité ou votre exécutif de la mise en place d'un programme formel de rotation des postes au sein de votre organisation.
5. Obtenir le soutien des ressources humaines pour coordonner les initiatives de cross training et de rotation des emplois.
6. Noter les commentaires des employés sur leur intérêt et leur satisfaction à l'égard du travail par la méthode cross training.

---

## Kaizen

Niveau requis	Intermédiaire	Trame	Non
---------------	---------------	-------	-----

Le système Kaizen consiste à améliorer la productivité d'une entreprise en apportant chaque jour de petits changements. Pour être efficace, tous les employés, cadres ou non cadres, doivent participer en donnant des idées.

Le Kaizen se présente donc ni comme méthode ni comme outil mais comme un mode de pensée. Basé sur l'implication de tous les personnels en effectuant des actions d'amélioration et des routines journalières afin d'avoir des petites améliorations faites pas à pas.

---

## RACI

Niveau requis	Débutant	Trame	Oui
---------------	----------	-------	-----

Représente une matrice des responsabilités, elle indique les rôles et les responsabilités des intervenants au sein de chaque processus et activité. Donc la matrice RACI donne une vision simple et claire de qui fait quoi dans le projet. Vous trouvez dans notre boîte à outils la trame concernant la matrice RACI.

Suivant les principes de gestion de la méthode RACI, les auditeurs, experts, responsables et chefs de projets doivent dresser une liste croisée d'attribution pour définir les rôles et les processus organisationnels en œuvre dans un cadre projet.

Pour se faire il faut identifier l'activité à réaliser dans la colonne Activités puis dans la case de chaque responsable on identifie son rôle (R.A.C.I.).



## QRQC

Niveau requis	Débutant	Trame	Oui
---------------	----------	-------	-----

C'est la réaction immédiate face à une anomalie détectée. Le "Quick Response Quality Control" doit être effectué sur place lors de la détection du problème. Il sert à mettre fin au problème pour éviter les pertes qui en découlent.

Nous proposons dans notre boîte à outils une démarche à suivre pour réaliser le QRQC.

Ci-dessous le mode opératoire de la trame :

On commence par prendre une photo de la pièce défectueuse (photo qui montre le défaut) et une photo de la pièce bonne.

1. Identifier et cerner la problématique en répondant à un QQQQCP dans le premier tableau.

Detection du problème				
Qu'est ce que c'est passé?				
Quand est ce qu'on a détecté le problème?				
Où est détecté le problème?				
Qui a détecté le Problème?				
Comment le problème est-il détecté				
Combien de composants sont affectés?				
Pourquoi est-il considéré un problème?				
Team Leader		Nom:		Date:

2. Remplir le tableau **Informations complémentaires** (Il facilite la détection du problème).

Informations complémentaires
Lors de la détection du problème le processus était-il conforme aux standards
Quels processus/acteurs peuvent être affectés par le problème?
Le problème apparaît-il déjà avant?
Dans le cas d'une récurrence : quelles sont les contre-mesures/actions correctives

3. Dans le tableau Actions immédiates citer les différentes actions entreprises en identifiant le pilote et le délai de réalisation de chaque action.

Actions immédiates			
Actions	Qui	date	Commentaires

4. Remplir le tableau « Pourquoi le problème apparaît » en décrivant l'état conforme et l'état non conforme par rapport à chaque critère (Matériel, méthode, etc.).

Pourquoi le problème apparaît					
4M	Facteurs	Standard	Etat conforme	Etat non conforme	Différence
MATÉRIEL					Non <input type="checkbox"/>
					Oui <input type="checkbox"/>
METHODE					Non <input type="checkbox"/>
					Oui <input type="checkbox"/>
Main d'œuvre					Non <input type="checkbox"/>
					Oui <input type="checkbox"/>
MACHINE					Non <input type="checkbox"/>
					Oui <input type="checkbox"/>
AUTRES					Non <input type="checkbox"/>
					Oui <input type="checkbox"/>
					Non <input type="checkbox"/>
					Oui <input type="checkbox"/>

5. Remplir le tableau « Pourquoi le problème n'a pas été détecté » en décrivant l'état conforme et l'état dans les mauvaises conditions par rapport à chaque critère (Matériel, méthode, etc.).

Pourquoi le problème n'a pas été détecté						
4M	Facteurs	Standard	Etat conforme	Etat non conforme	Différence	
MATÉRIEL					Non	<input type="checkbox"/>
					Oui	<input type="checkbox"/>
					Non	<input type="checkbox"/>
					Oui	<input type="checkbox"/>
MÉTHODE					Non	<input type="checkbox"/>
					Oui	<input type="checkbox"/>
					Non	<input type="checkbox"/>
					Oui	<input type="checkbox"/>
MAIN D'ŒUVRE					Non	<input type="checkbox"/>
					Oui	<input type="checkbox"/>
					Non	<input type="checkbox"/>
					Oui	<input type="checkbox"/>
MACHINE					Non	<input type="checkbox"/>
					Oui	<input type="checkbox"/>
					Non	<input type="checkbox"/>
					Oui	<input type="checkbox"/>
AUTRES					Non	<input type="checkbox"/>
					Oui	<input type="checkbox"/>
					Non	<input type="checkbox"/>
					Oui	<input type="checkbox"/>

6. Remplir le tableau « détection de Causes du problème » pour déterminer les causes racines en utilisant la méthode des 5 pourquoi et ceci pour chaque problème déjà identifié dans le tableau « pourquoi le problème apparaît » .

Détection des causes du problème	
<b>POURQUOI 1 :</b>	
Preuve 1 :	
<b>POURQUOI 2 :</b>	
Preuve 2 :	
<b>POURQUOI 3 :</b>	
Preuve 3 :	
<b>POURQUOI 4 :</b>	
Preuve 4 :	
<b>POURQUOI 5 :</b>	
Preuve 5 :	

7. Remplir le tableau « Identification des causes de non détection du problème » afin de déterminer les causes principale de non détection de chaque problème identifié dans le tableau « Pourquoi le problème n'a été pas détecté ».

Détection des causes de non détection du problème	
<b>POURQUOI 1 :</b>	
Preuve 1 :	
<b>POURQUOI 2 :</b>	
Preuve 2 :	
<b>POURQUOI 3 :</b>	
Preuve 3 :	
<b>POURQUOI 4 :</b>	
Preuve 4 :	
<b>POURQUOI 5 :</b>	
Preuve 5 :	

8. Après avoir identifié les causes principales on réalise un plan d'action pour faire face aux différentes causes détectées en remplissant le tableau « Plan d'action ».

[illegible]

9. Pour assurer un bon suivi du plan d'actions, un graphe est mis à disposition pour schématiser la fiabilité des actions de l'entreprise.

## Standard Operating Procédure (SOP)

Niveau requis	Débutant	Trame	Non
---------------	----------	-------	-----

Les procédures fournissent une description de qui fait quoi et quand. Un SOP caractérise les relations et les mesures de contrôle. Il définit les rôles et les responsabilités pour aider les travailleurs à se retrouver dans le processus d'affaires. Les procédures clarifient les différents points de décision et fournissent les conseils nécessaires pour prendre une décision.

Lors de l'écriture d'une procédure, on doit répondre aux questions clés suivantes :

Qui fait quoi ? (rôle ou personne responsable)

Que fait-il ? (tâches, fréquence, à quelle norme ou critères)

Quel est le résultat quand il le fait ? (livrables, mesures, résultats objectifs)

Ci-dessous un exemple de Standard Operating Procédure :

Référence : xxxxx	Titre (procédure) : xxxxx	Logo entreprise
-------------------	---------------------------	-----------------

**Définition :** Dans cette partie on définit c'est quoi un « standard operating procédure » et d'identifier ses objectifs ;

**Département :** Identifier le département concerné ;

**Responsabilité :** Lister les personnes concernées par cette procédure en identifiant leurs responsabilités ;

**Notation :** Citer tous les mots qui peuvent ne pas être compris par l'équipe ;

**Procédure :**

1. Décrire la première étape de la procédure
  - Identifier les pilotes des activités
  - Insérer des images pour faciliter la compréhension des tâches réalisées
2. Décrire la Deuxième étape :

**Résultat :** Identification des résultats souhaités (photo pour mieux décrire l'objet)

Mise à Jour xxxx	Valider Par : xxxxx	Déployer : xxx
------------------	---------------------	----------------

---

## Optimiser l'efficacité au travail

---

### Divers

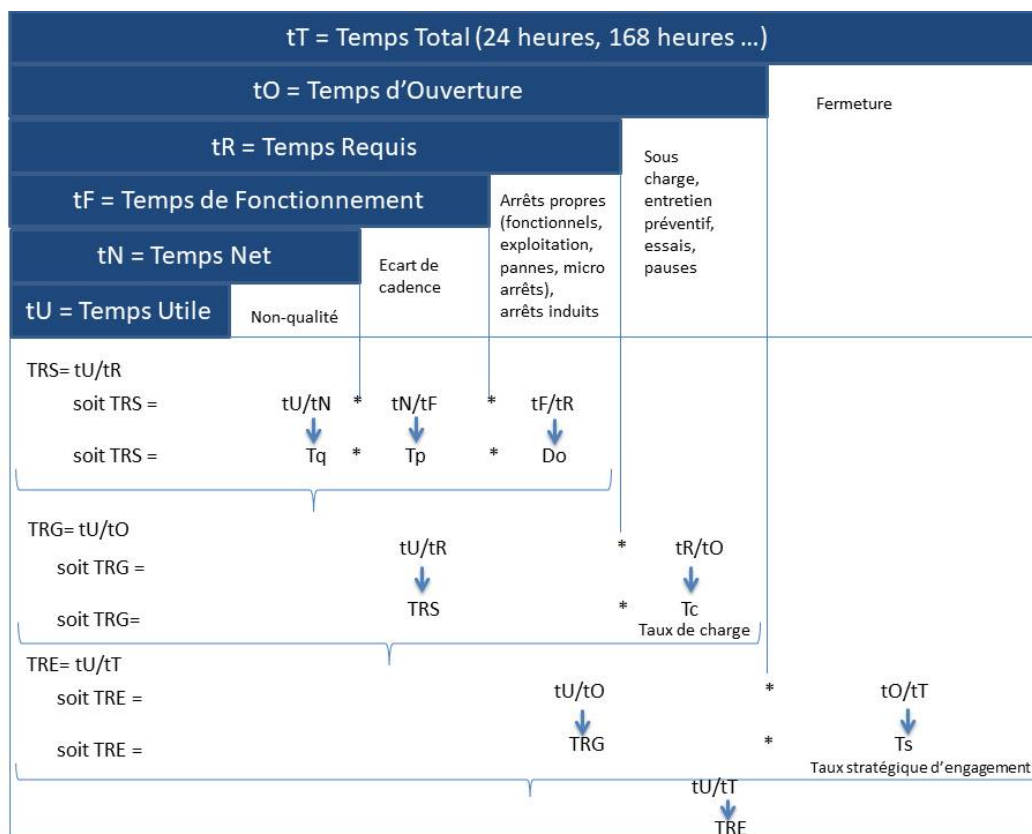
---

TRS	35
5S	38
KANBAN	41
POKA-YOKE	43
TPM	44
SMED	47

## TRS

<b>Niveau requis</b>	Intermédiaire	<b>Trame</b>	Non
----------------------	---------------	--------------	-----

Le tableau ci-dessous résume le calcul de l'indicateur TRS :



### Temps total : tT

Temps de référence intégrant l'ensemble des états possibles du moyen

Pour une journée, le temps total est de 24 h ; pour une semaine, le temps total est de 168 h ; pour un an, le temps total est de 365 jours × 24 h, etc.

### Temps d'ouverture : tO

Partie du temps total (tT) correspondant à l'amplitude des horaires de travail du moyen de production et incluant les temps d'arrêt de désengagement du moyen de production par exemple (nettoyage, sous charge, modification, essai, formation, réunion, pause, maintenance préventive,...)

### Temps requis : tR

Partie du temps d'ouverture (tO) pendant lequel l'utilisateur engage son moyen de production avec la volonté de produire comprenant les temps d'arrêt subis et

programmés (par exemple pannes, changement de série, réglage, absence de personnel)

**Temps de fonctionnement : tF**

Partie du temps requis (tR) pendant lequel le moyen de production produit des pièces bonnes et mauvaises dans le respect ou non du temps de cycle de référence (tCR) et avec toutes ou parties des fonctions en service

**Temps de cycle de référence : tCR**

Temps fixé pour obtenir une pièce compte tenu du moyen de production (temps théorique défini par les « Méthodes »)

**Temps net : tN**

Partie du temps de fonctionnement (tE) pendant lequel le moyen de production aurait produit des pièces bonnes et mauvaises, dans le respect du temps de cycle de référence (tCR)

**Temps utile : tU**

Partie du temps net (tN) correspondant au temps non mesurable obtenu en multipliant le nombre de pièces bonnes par le temps de cycle de référence (tCR)

**Nombre de pièces bonnes : NPB**

Nombre de pièces bonnes (pièces conformes) réalisées

**Nombre de pièces théoriquement réalisables : NPTR**

Nombre de pièces qui auraient été produites pendant le temps requis si le moyen de production fonctionnait au temps de cycle de référence

**Taux de performance : Tp**

Rapport entre le temps net (tN) et le temps de fonctionnement (tF).

Il mesure les écarts de performance du moyen de production et intègre les variations de cadence (liées au process ou aux réglages du moyen de production).

**Taux de qualité : Tq**

Rapport entre le nombre de pièces bonnes (NPB) et le nombre de pièces réalisées (NPR) c'est-à-dire le temps utile (tU) et le temps net (tN)

**Disponibilité opérationnelle : Do**

Rapport entre le temps de fonctionnement (tF) et le temps requis (tR)

**Taux de rendement synthétique TRS**

Indicateur de performance de productivité des moyens correspondant au rapport entre le temps utile (tU) et le temps requis (tR)



- 
- $TRS = tU / tR$
  - $TRS = NPB / NPTR$
  - $TRS = tq * Tp * Do$

**Taux de rendement global TRG**

Indicateur de productivité de l'organisation industrielle correspondant au rapport entre le temps utile (tU) et le temps d'ouverture (tO)

Il compare le nombre de pièces bonnes réalisées au nombre de pièces théoriquement réalisables pendant le temps d'ouverture.

**Taux de rendement économique TRE**

Indicateur stratégique d'engagement des moyens correspondant au rapport entre le temps utile (tU) et le temps total (tT)

Il compare le nombre de pièces bonnes réalisées au nombre de pièces théoriquement réalisables pendant le temps total.

**[Définitions de la norme NF E60-182 : 2002]**

## 5S

Niveau requis	Débutant	Trame	Oui
---------------	----------	-------	-----

### Seiri : éliminer/trier

- Lister toutes les choses présentes sur le poste
- Définir des critères permettant de garder uniquement ce qui est indispensable (un système de classification du type ABC : Pareto  
A : usage quotidien, B : usage hebdomadaire ou mensuel, C : usage rarissime.
- Séparer l'utile de l'inutile et éliminer tout ce qui est inutile sur le poste et dans son environnement. Il faut s'assurer que les choses inutiles ne seront pas utiles ailleurs.

### Seiton : ranger, réduire les recherches inutiles

« Une place pour chaque chose et chaque chose à sa place »

Tout ce qui a été jugé utile par rapport à la première étape doit être matérialisé par un emplacement.

- Définir des emplacements en fonction des utilisations :  
Rapprocher ce qui sert quotidiennement, ranger ce qui sert chaque semaine, stocker ce qui sert rarement.

### Exemple :

Panneau d'outils : Affecter à chaque outil un nom et une place bien définie, réaliser des supports permettant de trouver les outils rapidement.

Cette étape consiste aussi à :

- Peindre les sols afin de visualiser les saletés
- Identification de l'emplacement de l'outillage, tableaux, etc.

### Seito : Nettoyage régulier

Dans un environnement propre, toute anomalie se détecte plus facilement et plus rapidement. Pour cela, on effectue un grand nettoyage afin d'obtenir un état propreté idéal.

Ce nettoyage peut être effectué ainsi :

- Diviser l'atelier en zones en affectant pour chaque zone un responsable ;
- Nettoyer le poste de travail et son environnement (machines, sols, outils...) ;
- Identifier et si possible éliminer les causes de salissures ;
- Définir ce qui doit être nettoyé, les moyens pour y parvenir et la fréquence de nettoyage pour maintenir constamment l'état de propreté en réduisant les temps consacrés au nettoyage et en facilitant les opérations de nettoyage ;
- Rendre visible les salissures afin de mieux les éliminer (éclairage interne des machines, peinture fluo...).

### **Seiketsu : Standardiser**

Formaliser les règles et les standards avec la participation du personnel :

- Favoriser l'utilisation des 5 sens : (la vue, l'ouïe, le toucher, l'odorat et la parole) ;
- Utiliser au maximum des couleurs vives pour accentuer les contrastes ;
- Afin d'éviter du texte, utiliser des photos et des dessins ;
- Définir des codes de couleurs ;
- Noter les informations liées à chaque objet.

### **Shitsuke : Suivre et faire évoluer**

Quelques conseils pour faire vivre les quatre étapes précédentes :

- Impliquer tout le personnel et lui faire savoir qu'il est concerné ;
- Eclaircir et préciser les règles et les responsabilités (utiliser des check-lists, illustrer par des schémas, indiquer ce qu'il faut faire, ne pas faire et dire pourquoi) ;
- Avoir un exemplaire des règles et des responsabilités pour chacun ;
- Contrôler la capacité de chacun en restituant verbalement ses responsabilités ;
- Dans le cas d'un équipement, l'opérateur est responsable du nettoyage et du rangement ;
- Si une machine est utilisée par plusieurs postes, la responsabilité est partagée.

D'ailleurs, le nettoyage est fait en alternance suivant un planning.

- Chaque objet est affecté à un espace bien défini ;
- Un responsable ne peut pas tout faire ;
- Afficher le plan des lieux et les noms des responsables concernés ;

- 
- Définir des périodes de nettoyage collectif ;
  - Réaliser un maximum de photos et n'afficher sur le tableau d'activité que quelques exemples pertinents et n'oublier pas d'archiver les photos et les conserver.

## Kanban

Niveau requis	Intermédiaire	Trame	Non
---------------	---------------	-------	-----

La démarche du Kanban se résume comme suit :

- Le client consomme les pièces usinées par le fournisseur
- Chaque fois qu'il utilise un container de pièces il détache une carte Kanban qu'il renvoie au fournisseur
- Pour le fournisseur cette carte constitue un ordre de fabrication d'un container de pièces
- Quand le fournisseur a terminé la fabrication du container, il attache à celui-ci le kanban sur lequel est noté l'adresse du client et du fournisseur
- Le container est alors acheminé vers le client.

Un kanban particulier ne circule qu'entre le fournisseur et le client en un nombre limité de kanbans donc de contenants pour approvisionner au bon moment, la bonne quantité tout en ayant le minimum de stock.

Les kanbans sont donc :

- Soit sur le planning à kanbans du fournisseur ;
- Soit attaché à des containers pleins en attente d'utilisation chez le client ;
- Soit sur des containers pleins en cours de livraison ;
- Soit en cours de renvoi au client pour « valeur à produire ».

Pour déterminer le nombre de Kanban dans la boucle, on procède par l'une des trois formules suivantes :

$$\text{Nombre} = \text{Seuil} + \frac{Cm * D + Ss}{N}$$

D : Délai de réapprovisionnement d'un contenant de pièces en catastrophe.

Cm : Consommation moyenne du client par unité de temps.

Ss : Stock de sécurité pour l'incertitude sur D.

N : capacité du contenant en nombre de pièces.

Seuil : nombre de contenants correspondant aux aléas de fourniture (du fournisseur).

---


$$- Y = \frac{Cm * D * (1 + \alpha)}{N}$$

Y : nombre de cartes ;

Cm : demande par unité de temps ;

D : délais de fabrication : temps d'opération + attente + transport ;

$\alpha$  : facteur de sécurité ;

N : capacité d'un contenant.

$$- \text{Nombre totale de Kanban} = \frac{P * (TP + TA) * (1 + X)}{C} \quad \text{exprimée en \%}$$

P : consommation moyenne par jour ;

TP : temps de fabrication pour réaliser une pièce exprimée en fraction de jour ;

TA : temps d'attente pour 1 pièce correspondant au délai de livraison du fournisseur exprimé en fraction de jour ;

C : capacité du conteneur. Elle tendra si possible vers 1 ou représentera 1 jour de consommation ;

X : Variable correspondant aux aléas rencontrés en production. Ce coefficient est déterminé en fonction de l'expérience de l'entreprise.

---

## Poka-Yoké

Niveau requis	Débutant	Trame	Non
---------------	----------	-------	-----

Après avoir bien compris la philosophie du Poka-Yoké par le groupe concerné, sa mise en place peut être comme suit :

- Mettre en place un groupe de travail avec les personnes concernées par le problème. Identifier à quel niveau du processus, l'erreur se produit ;
- Décrire l'erreur et analyser le problème ;
- Trouver les solutions possibles pour éviter que cela ne se reproduise et choisir la meilleure ;
- Mettre en place le système et vérifier son fonctionnement ;

## TPM

Niveau requis	Intermédiaire	Trame	Non
---------------	---------------	-------	-----

Tout d'abord, il faut savoir les différentes sources de perte. Pour cela, il est conseillé de les visualiser à travers un Pareto par exemple. Ainsi, il faut aussi évaluer l'efficacité d'une machine en analysant en détails les causes de non TRS qui doivent être enregistrées de manière continue.

Si alors, on constate que les pannes et les micros arrêts engendrent des pertes importantes, on décide d'appliquer la TPM.

Il convient ensuite d'établir un graphique de suivi hebdomadaire des pannes et/ou micro arrêts/ralentissement afin d'évaluer l'efficacité des « actions TPM » mises en place.

Si par exemple la source de panne se résume aux pannes, on trace un Pareto de panne qui permet d'identifier un nombre de pannes récurrentes qui représente une part importante du temps total d'immobilisation des machines.

L'équipe TPM doit donc :

- Choisir la panne la plus critique ;
- Tenter d'identifier ses causes initiales (règle des 5 pourquoi par exemple) ;
- Tenter de les éliminer au moyen d'un plan d'action (PDCA) ;

Pour les pannes ayant souvent des causes multiples, l'équipe doit se garder de se focaliser uniquement sur la cause initiale la plus probable sans oublier d'examiner les autres causes potentielles.

### **Traitement des pannes récurrentes en équipe :**

- Enregistrer les pannes : enregistrement au fil de l'eau sur cahier à la machine ;
- Réaliser le dépannage ;
- Confirmer les causes ;
- Définir et mettre en application les actions pour éviter la récurrence : réunion 1h par semaine, 5 pourquoi, analyse du Pareto des pannes ;



- Créer ou modifier si nécessaire la gamme d'entretien préventif : mise à jour et validation de la gamme ;
- Appliquer la nouvelle gamme : suivant niveau de maintenance, définir les besoins de formation et former les intervenants.

Lorsque cette panne spécifique est éliminée, l'équipe passe à l'étude d'un autre type de panne.

A l'issue des actions de la TPM, le plan de maintenance préventive est modifié en profondeur pour éviter la réapparition des causes identifiées.

***Dans le cas des pannes non récurrentes, la maintenance préventive doit également être instaurée en insistant plus particulièrement sur la maintenance prédictive.***

#### **Traitement des micro-arrêts :**

- Relever les micro-arrêts (observation, Pareto) ;
- Sélectionner le micro-arrêt à analyser (Réunions sur le terrain, avec Pareto, diagramme cause effet, 5 Pourquoi, réunions en salle) ;
- Identifier les causes possibles du micro-arrêt ;
- A partir de l'effet constaté définir le mode de diagnostic des causes (formaliser et former l'opérateur au diagnostic) ;
- Quantifier les causes (bétonnage) : relevé sur feuille au poste ;
- Sélectionner les causes à traiter en priorité : Pareto, pondération, etc. ;
- Rechercher les solutions ;
- Mettre en place les solutions ;
- Créer ou modifier si nécessaire la gamme d'entretien préventif ;
- Appliquer la nouvelle gamme ;
- Continuer le bétonnage des causes des micro-arrêts (relevé sur feuille au poste) ;

Les opérateurs doivent être informés, formés et impliqués dans le processus TPM, en particulier à propos des micro-arrêts et ralentissements. La TPM exige de façon générale une forte implication de la part des opérateurs puisqu'ils devront fournir de

---

nombreuses données et informations à l'équipe TPM afin d'identifier les causes initiales des pannes, micro-arrêts et ralentissements.

## SMED

Niveau requis	Intermédiaire	Trame	Non
---------------	---------------	-------	-----

Les quatre principales étapes de la méthode SMED sont :

- ✓ La suppression des opérations inutiles ;
- ✓ -L'identification et la séparation des opérations externes des opérations internes ;  
-L'externalisation d'opérations internes ;
- ✓ L'organisation : travail à plusieurs synchronisations de tâches, check List, mode opératoire, premières optimisations d'opérations, etc. ;
- ✓ La simplification : positionnement automatique, élimination des besoins de réglages.

Le déroulement d'un chantier SMED se fait en quatre étapes, comme suit :

### 1- Observer

Cette étape consiste tout d'abord à observer et à documenter le déroulement du set up (*il se mesure de la dernière pièce bonne à la première pièce bonne produite à la cadence nominale de la machine*) réalisé selon le standard. Ensuite, on filme le changement de référence tout en prenant en considération de toutes les idées d'amélioration pour détecter les améliorations qui peuvent être réalisable immédiatement.

### 2- Retour en salle, décomposition du changement et analyse

On revient en salle pour regarder le film en le découpant en séquences, après chaque séquence, on analyse les différentes actions de chaque intervenant. Pour ensuite, lister toutes les opérations sur un Paperboard en utilisant l'outil QQQQCP par exemple : Qui, quoi, où, quand, comment, pourquoi.

Après avoir listé toutes les opérations, on commence par écrire le Storyboard, nommer toutes les opérations en notant le temps de début et fin d'opération d'après le chronométrage de la caméra. Ceci va permettre de calculer la durée de chaque opération et de schématiser les déplacements des opérateurs. Si on a deux caméras, il faut synchroniser les deux Storyboards.

Après avoir supprimé les opérations inutiles, il faut identifier et séparer les

opérations internes/externes. Les opérations internes sont celles qui ne peuvent être que machine à l'arrêt. Les opérations externes sont celles dont l'exécution ne nécessite pas l'arrêt de la machine (réalisation avant ou après l'arrêt de la machine).

Ainsi, on reprend le film de changement de série puis pour chaque opération on se demande si elle est réalisable en externe ou pas.

### 3- L'organisation

Ensuite, il faut optimiser l'organisation du changement c'est-à-dire les check List (externe) et mode opératoire (interne).

Les check List doit être :

- Facilement modifiables ;
- Validés (voir faits) sur le terrain par les opérateurs ;
- Modifiés lors d'améliorations techniques : systématiquement pour le mode opératoire et suivant les cas pour la check-list.

Pour le mode Opératoire, il faut utiliser au maximum des schémas explicatifs, avec codes couleurs qui pourront être apposés directement à l'endroit de la manipulation (management visuel).

La phase « Organisation » doit aussi prendre en compte :

- Le système de planification des changements de fabrication (Kanban à lots fixes) ;
- A défaut, visualisation du planning de production à l'avance par les acteurs concernés (caristes, opérateurs de changement de fabrication, logistique...) ;
- Localisation des outillages à côtés des machines ;
- Check List de préparation : organisation des opérations externes ;
- Synchronisation des tâches.

### 4- Simplification

Porter une attention particulière à la préparation du changement de fabrication, car elle constitue une phase importante dans la réduction du temps des arrêts machine :

- Regrouper tous les éléments nécessaires au changement près de la machine ;
- Réduire le nombre de clés et moyens divers dont la recherche est souvent source d'aléas ;
- Prévoir la remise en état dès la fin de la série (contrôle des éléments à retoucher, indiqué sur la Check-list les éléments à remplacer ou à remettre en état) ;
- Equiper les outils de leurs accessoires avant l'arrêt de la production (en intégrant les accessoires sur les outils et non sur la machine).

Après avoir défini les Check List et mode opératoire d'organisation optimisée, il faut éliminer les pertes de temps, pour cela :

- Recherche de solutions pour réduire le temps de changement ;
- Applique immédiatement les actions faciles à mettre en place ;
- Etabli un plan d'action à moyen terme. ;

Avec la Check List et le nouveau mode opératoire, on peut se poser à nouveau les questions suivantes, pour chaque opération :

- Peut-on la supprimer ?
- Peut-on transformer une opération interne en externe ?
- Peut-on la réduire, l'optimiser ?
- Ne pas oublier d'optimiser aussi les opérations que l'on a classées en externe.

Il faut tout de même informer le personnel impliqué dans la démarche et les former aux Check List et au Mode Opératoire du changement de série, sans oublier de mettre en place le tableau de communication qui va permettre de suivre la progression en visualisant les indicateurs (suivi des temps de changement de série).

---

## Maîtriser la variabilité des processus

---

### Visualiser les données

---

BOITE A MOUSTACHE (BOXPLOT)	51
-----------------------------	----

---

### Piloter le procédé

---

R&R	52
-----	----

TEST D'HYPOTHESE	60
------------------	----

ETUDE DE CAPABILITE	61
---------------------	----

CARTES DE CONTROLE	64
--------------------	----

---

### Améliorer le procédé

---

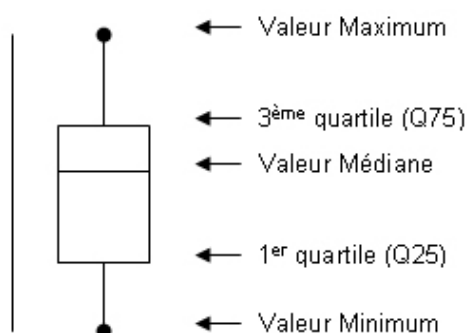
PLAN D'EXPERIENCE	65
-------------------	----

## Boîte à moustache (Boxplot)

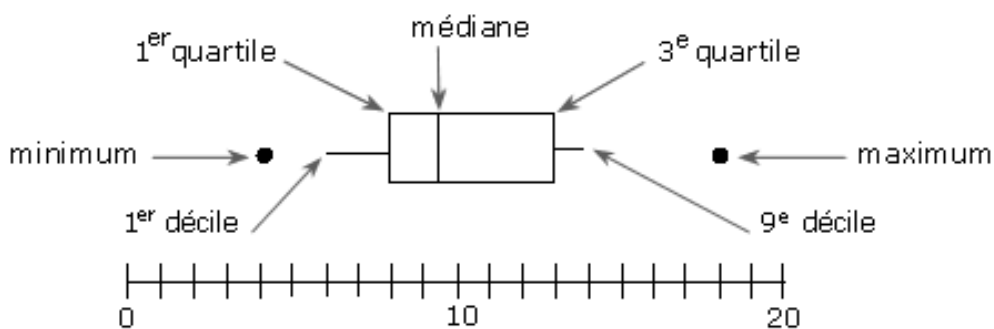
Niveau requis	Débutant	Trame	Non
---------------	----------	-------	-----

### Démarche

1. Trier les données dans le sens croissant ;
2. Tracer un rectangle allant du premier quartile au troisième quartile et coupé par la médiane ;
3. Ajouter des segments aux extrémités menant jusqu'aux valeurs extrêmes (ou jusqu'aux premier et neuvième déciles, voire aux 5e et 95e centiles).



[SOURCE : [HTTPS://WWW.ILEMATHS.NET/IMG/FORUM\\_IMG/0521/FORUM\\_521726\\_2.JPG](https://www.ilemaths.net/img/forum_img/0521/forum_521726_2.jpg)]



[SOURCE : [HTTP://WWW.MAXICOURS.COM/SE/FICHE/5/1/17751.HTML](http://www.maxicours.com/se/fiche/5/1/17751.html)]

## R&R

Niveau requis	Intermédiaire	Trame	Oui
---------------	---------------	-------	-----

### 1- R&R rapide :

#### Procédure

Deux ou trois opérateurs mesurent 10 pièces (minimum).

Pour chaque pièce :

- Calcul de l'étendue de mesure des 2 ou 3 opérateurs
- Calcul de l'écart type à partir de l'étendue moyenne :

$$\sigma_{instrument} = \bar{R}/d_2^*$$

- Calcul du Cmc :  $Cmc = \frac{IT}{\sigma * \sigma_{instrument}}$  avec  $\alpha = 4$  ou 5,15 ou 6

#### Exemple : (sur la boîte à outils)

Capabilité de moyen de mesure(R&R rapide)

Echantillon	Opérateur 1	Opérateur 2	Opérateur 3	Moyenne	Etendue
Pièce 1					0,0
Pièce 2					0,0
Pièce 3					0,0
Pièce 4					0,0
Pièce 5					0,0
Pièce 6					0,0
Pièce 7					0,0
Pièce 8					0,0
Pièce 9					0,0
Pièce 10					0,0
			Moyenne	#DIV/0!	0,0

Tolérance maxi	
Tolérance mini	
IT	

à définir

alpha	6,0
sigma instrument	#N/A
Cmc	#N/A
Processus	#N/A

Remarques

L'utilisateur doit définir les tolérances maximum et minimum ainsi que les mesures des 10 pièces par deux ou trois opérateurs. (En général, on fixe alpha à 6)

Les calculs du sigma instrument et Cmc se font automatiquement, pour enfin conclure la capabilité du moyen de mesure qui s'affiche sur l'onglet Processus.

Si l'utilisateur ne définit pas le même nombre d'échantillons de mesures pour les deux ou trois opérateurs une remarque s'affiche en dessous de "Remarques".



## 2- R&R complète :

Principe : différencier les dispersions : répétabilité et reproductibilité

$$\sigma_{instrument}^2 = \sigma_{répétabilité}^2 + \sigma_{reproductibilité}^2$$

### Procédure

Trois opérateurs mesurent 10 pièces, 2 ou 3 fois

Condition : Nombre d'opérateurs \* Nombre de pièces au moins égale à 15

### Analyse de la répétabilité :

La dispersion de répétabilité est obtenue à partir des étendues moyennes des mesures pour un même opérateur :

$$\sigma_{répétabilité} = \frac{\text{Moyenne } \bar{R}}{d_2^*} \quad \text{t.q : } \text{Moyenne } \bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{R}_i}{k}$$

avec k : nombre d'opérateurs

Conditions sur  $d_2^*$  :

$d_2^* = d_2$  si le nombre d'opérateurs fois le nombre de pièces est supérieur à 15

Sinon un facteur correction est nécessaire, une table est proposée

### Analyse de la reproductibilité :

Elle représente l'écart de mesure dû aux opérateurs :

On l'estime à partir de l'étendue sur la mesure moyenne

$$\sigma_{opérateur} = R_{\bar{X}} \quad \text{avec } R_{\bar{X}} = \bar{X}_{\text{max}} - \bar{X}_{\text{min}}$$

Dans cette variabilité opérateur (estimé à partir des moyennes) il y a une part de variabilité due à la répétabilité, ainsi il faut soustraire pour en déduire la variabilité de reproductibilité :

$$\sigma_{reproductibilité} = \sqrt{\sigma_{opérateur}^2 - \frac{\sigma_{répétabilité}^2}{N}} \quad \text{avec N : nombre total de mesures}$$

par opérateur

Remarque :

$$\text{Si } \sigma_{opérateur}^2 - \frac{\sigma_{répétabilité}^2}{N} < 0 \quad \text{alors on fixe } \sigma_{reproductibilité} = 0$$

### Calcul de la dispersion et Cmc :

Dispersion de l'instrument de mesure :

$$\sigma_{instrument}^2 = \sigma_{répétabilité}^2 + \sigma_{reproductibilité}^2$$

Donc  $Cmc = \frac{IT}{\alpha \cdot \sigma_{instrument}}$  avec  $\alpha = 4$  ou  $5,15$  ou  $6$

### Exemple : (sur la boîte à outils)

Capabilité de moyen de mesure (R&R complète Charbonneau)

à définir

Tolérance min	
Tolérance max	
IT	
Sigma population	

Echantillon	Opérateur 1					Opérateur 2					Opérateur 3							
	Série 1	Série 2	Série 3	Moyenne	Etendue	Série 1	Série 2	Série 3	Moyenne	Etendue	Série 1	Série 2	Série 3	Moyenne	Etendue			
1					0,0					0,0					0,0			
2					0,0					0,0					0,0			
3					0,0					0,0					0,0			
4					0,0					0,0					0,0			
5					0,0					0,0					0,0			
6					0,0					0,0					0,0			
7					0,0					0,0					0,0			
8					0,0					0,0					0,0			
9					0,0					0,0					0,0			
10					0,0					0,0					0,0			
				Moyenne	#DIV/0!	0,0				Moyenne	#DIV/0!	0,0				Moyenne	#DIV/0!	0,0

sigma répéta	#DIV/0!
sigma opérateur	#DIV/0!
sigma repro	#DIV/0!
sigma instrument	#DIV/0!
Alpha	6,0
Cmc	#DIV/0!
Processus	#DIV/0!

Remarques

L'utilisateur doit définir les tolérances max, min et sigma population ainsi que les mesures des 10 pièces mesurées deux ou trois fois par trois opérateurs. (En général, on fixe alpha à 6).

Les calculs du sigma répétabilité, sigma opérateur, sigma reproductibilité, sigma instrument et Cmc se font automatiquement selon les formules citées en dessus de l'exemple, pour enfin conclure la capabilité du moyen de mesure qui s'affiche sur l'onglet Processus.

Si l'utilisateur ne définit pas le même nombre d'échantillons de mesures ou le même nombre de pièce par opérateur des remarques s'affichent sur en dessous de "Remarques".

### 3- Méthode R&R par ANAVAR

L'analyse R&R est réalisée à l'aide d'une analyse de la variance à partir des données initiales de la méthode de Charbonneau :

Permet d'étudier l'interaction entre pièce et opérateur

D'évaluer l'influence de plusieurs sites de contrôle.

#### Principales étapes de l'ANAVAR :

Définir les facteurs à analyser :

Effet pièce : P

Effet opérateur : O

Interaction Pièce-Opérateur : P×O

Il s'agit de comparer la variance associée à chaque facteur : opérateur, produit, interaction, à la variance expérimentale : TEST de FISHER

Cela permet d'identifier le/les facteurs les plus influents

**Tableau d'ANAVAR**

Source	Somme des carrés	Ddl	Moyenne des carrés	Rapport de Fisher
Pièces	$SC_P$	$p-1$	$MS_P = SC_P/p-1$	$F_P = MS_P/MS_R$
Opérateur	$SC_O$	$m-1$	$MS_O = SC_O/m-1$	$F_O = MS_O/MS_R$
Interaction OP	$SC_{OP}$	$(m-1)(p-1)$	$MS_{OP} = SC_{OP}/(m-1)(p-1)$	$F_{OP} = MS_{OP}/MS_R$
Résidus (répétabilité)	$SC_R$	$mp(r-1)$	$MS_R = SC_R/mp(r-1)$	
Total	$SC_T$	$mpr-1=N-1$	$\sigma_{N-1}^2$	

Avec p : nombre de pièces, m : nombre d'opérateurs, r : nombre de mesures

### Répartition des dispersions

Source	Variance	Interprétation
Estimation de la dispersion Opérateur (reproductibilité)	$D_O = 6 \sqrt{\frac{MS_O - MS_{OP}}{pr}}$	Importance des variations observées sur un même opérateur sur plusieurs pièces
Dispersion des pièces	$D_r = 6 \sqrt{\frac{MS_P - MS_{OP}}{mr}}$	Importance des variations observées sur une même pièce par plusieurs opérateurs
Dispersion de l'interaction OP	$D_{OP} = 6 \sqrt{\frac{MS_{OP} - MS_R}{r}}$	Importance des différences observées sur les moyennes de plusieurs mesures par différents opérateurs

Dispersion du moyen (répétabilité)	$D_O = 6\sqrt{MS_R}$	Importance des variations observées lors de mesures par un même opérateur sur une pièce
Dispersion de l'instrument	$R\&R = 6 \sigma_{instrument} = \sqrt{D_R^2 + D_O^2 + D_{OP}^2}$	R&R : représente la somme de toutes les dispersions

### Remarque :

La méthode R&R donne des résultats équivalents à l'ANAVAR lorsque l'interaction entre opérateur et pièces est négligeable.

ANAVAR donne une information sur les variances dû : opérateur, pièces et répétabilité

### Exemple : (sur la boîte à outils)

Capabilité de moyen de mesure(R&R complète ANAVAR)

Tolérance min	
Tolérance max	
IT	
Sigma population	

à définir

Moyenne générale	#DIV/0!
Moyenne étendue	0,0

Opérateur 1						Opérateur 2					Opérateur 3					
Echantillon	Série 1	Série 2	Série 3	Moyenne	Etendue	Série 1	Série 2	Série 3	Moyenne	Etendue	Série 1	Série 2	Série 3	Moyenne	Etendue	Moyenne
1				#DIV/0!	0,0				#DIV/0!	0,0				#DIV/0!	0,0	#DIV/0!
2				#DIV/0!	0,0				#DIV/0!	0,0				#DIV/0!	0,0	#DIV/0!
3				#DIV/0!	0,0				#DIV/0!	0,0				#DIV/0!	0,0	#DIV/0!
4				#DIV/0!	0,0				#DIV/0!	0,0				#DIV/0!	0,0	#DIV/0!
5				#DIV/0!	0,0				#DIV/0!	0,0				#DIV/0!	0,0	#DIV/0!
6				#DIV/0!	0,0				#DIV/0!	0,0				#DIV/0!	0,0	#DIV/0!
7				#DIV/0!	0,0				#DIV/0!	0,0				#DIV/0!	0,0	#DIV/0!
8				#DIV/0!	0,0				#DIV/0!	0,0				#DIV/0!	0,0	#DIV/0!
9				#DIV/0!	0,0				#DIV/0!	0,0				#DIV/0!	0,0	#DIV/0!
10				#DIV/0!	0,0				#DIV/0!	0,0				#DIV/0!	0,0	#DIV/0!
			Moyenne	#DIV/0!	0,0			Moyenne	#DIV/0!	0,0			Moyenne	#DIV/0!	0,0	

Tableau d'ANAVAR				
Source	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrées	Rapport de Fisher
Pièces	#DIV/0!	-1,0	#DIV/0!	#DIV/0!
Opérateur	#DIV/0!	-1,0	#DIV/0!	#DIV/0!
Interaction OP	#DIV/0!	1,0	#DIV/0!	#DIV/0!
Résidu(répétabilité)	#NUM!	0,0	#NUM!	
Total	#NUM!	-1,0	#DIV/0!	

Répartition des dispersions		
Source	Variances	
dispersion Opérateur	#DIV/0!	
Dispersion des pièces	#DIV/0!	
Dispersion de l'interaction OP	#DIV/0!	
Dispersion du moyen (répétabilité)	#NUM!	
Dispersion de l'instrument	#DIV/0!	
Cmc	#DIV/0!	#DIV/0!

Remarques

L'utilisateur doit définir les tolérances max, min et sigma population ainsi que les mesures des 10 pièces mesurées deux ou trois fois pour chaque opérateur.

Les calculs des données du Tableau ANAVAR et du tableau des répartitions des dispersions se font automatiquement selon les formules citées en dessus de l'exemple, pour conclure la capabilité du moyen de mesure qui s'affiche sur l'onglet Processus.

Si l'utilisateur ne définit pas le même nombre d'échantillons de mesures ou le même nombre de pièce par opérateur des remarques s'affichent sur en dessous de "Remarques".

#### 4- Selon la norme CNOMO

Principe : en plus de la répétabilité, la norme CNOMO préconise l'estimation de la justesse de l'instrument de contrôle ; par contre elle ne prend pas en compte la reproductibilité due aux opérateurs.

#### 5 étapes de calcul

Etalon : Répétabilité de l'étalon sur le moyen de contrôle (MC) ;

Produit : Répétabilité de la mesure d'une pièce sur le MC ;

Mesure d'un échantillonnage représentatif de l'intervalle de tolérance (IT) sur le MC ;

Mesure d'un échantillonnage représentatif de l'IT sur un MC de métrologie (en labo) ;

Evaluation de la capacité Cmc ;

#### Procédure de pré-contrôle du moyen de mesure

**Etape 1** : répétabilité des mesurages de l'étalon.

Calibrage du moyen de mesure

Mesurer 5 fois consécutives l'étalon Estimer l'incertitude de répétabilité  $\pm I_e$ .

$I_e = 2 S_e$  avec  $S_e$  : Ecart – type expérimental de mesurage de l'étalon

Critère d'acceptation :  $I_e < IT/20$

**Exemple : sur la boîte à outils**

#### Capabilité de moyen de mesure(R&R CNOMO)

Moyen de contrôle	
Intervalle de tolérance	

à définir

Phase préliminaire - Répétabilité des mesurages de l'étalon sur le moyen					
Mesure n° :	1	2	3	4	5
Valeur					
Se = #DIV/0!					
Répétabilité des mesurages = +/- le = +/- 2 Se = +/- #DIV/0!					
#####					

L'utilisateur commence par définir son moyen de contrôle et l'intervalle de tolérance. Ensuite, comme déjà expliqué en dessus de l'exemple, il définit les 5 mesures. Le calcul de l'écart type  $S_e$  se fait automatiquement en affichant un commentaire sur l'acceptabilité de la répétabilité.

**Procédure de calcul du Cmc :**

**Etape 2 :** répétabilité du moyen de mesure sur la mesure d'un élément issu de la production :

Mesurer 10 fois l'élément produit prélevé en production.

Estimer l'incertitude de répétabilité  $\pm I_r$ .

$I_r = 2 S_r$  avec  $S_r$  : Ecart – type expérimental de mesurage d'un produit

Critère d'acceptation :  $I_r < IT/8$

**Remarque :**

A chaque fois qu'une mesure est effectuée, on doit retirer puis réinstaller le « master » ou le produit.

Si les consignes d'utilisation du moyen ne nécessitent pas d'étalon : on prend  $S_e = 0$

On peut parfois vérifier la stabilité des mesures : analyse de la distribution des résultats : 30 mesures minimum.

**Exemple : sur la boîte à outils**

Phase préliminaire - Répétabilité des mesurages d'une pièce sur le moyen					
Mesure n°	1	2	3	4	5
Valeur					
Mesure n°	6	7	8	9	10
Valeur					
Sr = #DIV/0!					
Répétabilité des mesurages = +/- Ir = +/- 2Sr = +/- #DIV/0!					
#DIV/0!					

L'utilisateur commence par définir les 10 mesures. Le calcul de l'écart type  $S_r$  se fait automatiquement en affichant un commentaire sur l'acceptabilité de la répétabilité.

**Etape 3 :** mesure d'un échantillonnage représentatif de l'intervalle de tolérance IT sur le MC.

Prélever 5 pièces au minimum ;

Mesurer 5 fois les pièces par permutation circulaire ;

Etablir un tableau de relevés.

**Exemple : sur la boîte à outils**

Mesure de 5 pièces sur le moyen de contrôle					
Mesure n°	Pièce 1	Pièce 2	Pièce 3	Pièce 4	Pièce 5
Yi1					
Yi2					
Yi3					
Yi4					
Yi5					

**Etape 4 :** mesure d'un échantillon représentatif de l'IT en Métrologie (labo) :

Vérifier l'incertitude de mesure du moyen de contrôle du laboratoire :  $I_{metro} < IT/16$

Etablir un tableau des valeurs conventionnelles vraies (obtenues en laboratoire)

Estimer l'erreur de Justesse Moyenne  $Jbar = \frac{\sum_{i,j}(X_{ij}-X_{i0})}{n}$

Estimer la variance des écarts (globale)  $Sg = \frac{\sum (d_{i,j} - Jbar)^2}{n-1}$

Estimer la variance de répétabilité de l'étalon :  $Ve = S_e^2$

**Exemple : sur la boîte à outils**

Mesure de 5 pièces en métrologie					
$\bar{X}_i$					
Différence entre la vraie valeur et le mesurage par le moyen					
$di1=Yi1-\bar{X}_i$					
$di2=Yi2-\bar{X}_i$					
$di3=Yi3-\bar{X}_i$					
$di4=Yi4-\bar{X}_i$					
$di5=Yi5-\bar{X}_i$					
Moyenne des différences :		J = #DIV/0!			
Ecart-type des différences :		Sg = #DIV/0!			

**Etape 5** : aptitude du moyen de contrôle

On en déduit l'incertitude globale  $\pm I_g$

$$I_g = |Jbar| + 2 \sqrt{V_g + V_e}$$

Critère d'acceptation :  $I_g < IT/8$

Indicateur d'aptitude du moyen de contrôle :  $Cmc = \frac{IT}{2I_g}$

Critère d'acceptation :  $Cmc > 4$

**Exemple : sur la boîte à outils**

Calcul du Cmc	
Incertitude de mesure :	$Ig = \#DIV/0!$
Cmc =	$\#DIV/0!$
	$\#DIV/0!$

Enfin, le calcul du Cmc se fait automatiquement pour savoir si le moyen de mesure est capable ou pas.

## Test d'hypothèse

Niveau requis	Intermédiaire	Trame	Oui
---------------	---------------	-------	-----

### Pratique en trame

2 types de test sont à disposition dans la Boîte à outils:

#### • Test de Normalité

- Vérifier les données que sont adaptables à la loi normale:  
L'origine de caractéristique doit avoir un intervalle bilatéral.

**Exemple:** Diamètre = 10mm +/- 0,02mm

- Choisir le niveau de risque (10%, 5% ou 1%):
- Prélever **30** données et les trier dans **l'ordre croissant**;
- Entrer les données dans le tableau, le calcul se réalise automatiquement, les résultats s'affichent comme exemples suivants:

Niveau de risque (Alpha)	5%
--------------------------	----

OU

Moyenne	9,992	Etendue	0,016	Dmax	0,093
Variance	1,577E-05	Ecart-type	0,003971	Dthéo	0,161
Résultat	La loi normale est vérifiée.				

Moyenne	9,991	Etendue	0,026	Dmax	0,174
Variance	4,005E-05	Ecart-type	0,006328	Dthéo	0,161
Résultat	La loi normale n'est pas vérifiée.				

#### • Test de Loi de défaut

- Vérifier que les données sont adaptables à la loi de défaut:  
L'origine de caractéristique doit avoir un intervalle unilatéral.

**Exemple:** Concentricité = 0mm + 0,05mm

- Choisir le niveau de risque (10%, 5% ou 1%):
- Prélever **30** données et les trier dans **l'ordre croissant**;
- Entrer les données dans le tableau, le calcul se réalise automatiquement, les résultats s'affichent comme exemples suivants:

Niveau de risque (Alpha)	5%
--------------------------	----

Moyenne	0,009	Variance	2,205E-05	Ecart-type	0,004695	Dmax	0,147
Résultat	La loi de défaut est vérifiée.					Dth	0,242

OU

Moyenne	0,011	Variance	2,366E-04	Ecart-type	0,015382	Dmax	0,484
Résultat	La loi de défaut n'est pas vérifiée.					Dth	0,242



## Etude de capacité

Niveau requis	Intermédiaire	Trame	Oui
---------------	---------------	-------	-----

### Pratique en trame

2 types de calcul de capacité sont à disposition dans la Boîte à outils:

#### • Selon Loi Normale

- Assurer que l'hypothèse: les données suivent une loi normale est déjà vérifiée par le **Test d'hypothèse**;
- Entrer la cible, la limite supérieure de tolérance (LST) et la limite inférieure de tolérance (LIT) dans le tableau suivant:

Taille d'échantillon	0	LST	
Cible		LIT	
		IT	0,000

La taille d'échantillon et l'intervalle de tolérance (IT) se calculent automatiquement.

N°Echantillon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N°1										
N°2										
N°3										
N°4										
N°5										
N°6										
N°7										
N°8										
N°9										
N°10										

- Entrer les données par l'échantillon dans le tableau suivant:
- Le tableau permet d'entrer au maximum 10 échantillons dont la taille est maximum 10 pièces.
- Entrer la grille de capacité:

Grille	1,67
--------	------

- Le calcul se réalise automatiquement, les résultats s'affichent comme exemples suivants:

Grille	1,67
Sigma	0,010536
Cp	1,582
Cpk	1,540
Cpm	1,569

Grille	1,67
Sigma	0,008633
Cp	1,931
Cpk	1,875
Cpm	1,904

Si **Cp** est inférieur que la grille, c'est-à-dire que la dispersion de production est très grande, le processus n'est pas capable, il faut donc améliorer le processus pour qu'il soit plus stable.

Si **Cpk** est inférieur que la grille, c'est-à-dire que la production n'est pas centrée sur la cible, il faut donc régler la machine vers la cible.

• **Selon Loi de défaut**

- Assurer que l'hypothèse: les données suivent une loi de défaut est déjà vérifiée par le **Test d'hypothèse**;
- Entrer la cible et la tolérance dans le tableau suivant:

Taille d'échantillon	0	Tolérance	
Nb de données	0	Cible	

La taille d'échantillon et le nombre de données se remplissent lors de remplissage des données.

N°Echantillon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N°1										
N°2										
N°3										
N°4										
N°5										
N°6										
N°7										
N°8										
N°9										
N°10										

- Entrer les données par l'échantillon dans le tableau suivant:  
Le tableau permet d'entrer au maximum 10 échantillons dont la taille est maximum 10 pièces.
- Le calcul se réalise automatiquement, le résultat s'affiche comme les exemples suivants:

Z	0,002	m2	0,000008	Z / $\sqrt{m2}$	0,718	Allure	1
---	-------	----	----------	-----------------	-------	--------	---

OU	Z	0,003	m2	0,000014	Z / $\sqrt{m2}$	0,809	Allure	2
----	---	-------	----	----------	-----------------	-------	--------	---

OU	Z	0,004	m2	0,000018	Z / $\sqrt{m2}$	0,910	Allure	3
----	---	-------	----	----------	-----------------	-------	--------	---

Il existe 3 types d'allure pour la loi de défaut, l'allure est choisi en fonction de valeur de  $Z/\sqrt{m2}$ .

- Allure 1:  $Z/\sqrt{m2} < 0,7978$

Allure 1						
D	0,008	CAM	1,21	CMK	1,28	

- Allure 2:  $0,7978 \leq Z/\sqrt{m2} \leq 0,825$ 
  - Lire la valeur de K1 et K2 dans le tableau fourni en fonction de valeur de  $Z/\sqrt{m2}$  dans l'étape précédente;
  - Lire la valeur de  $Z/s$  dans le tableau fourni en fonction de valeur de  $\lambda/s$  qui s'affiche automatiquement.

Allure 2					
K1	0,801	K2	0,591		
s1	0,00297019	$\lambda$	0,00219149	CAM	0,97
$\lambda/s$	0,74	$Z/s$	3,47	CMK	0,96
D	0,010				

- Allure 3:  $Z/\sqrt{m2} > 0,825$ 
  - Lire la valeur de K1 et K2 dans le tableau fourni en fonction de valeur de  $Z/\sqrt{m2}$  dans l'étape précédente.

Allure 3					
K1	0,426	K2	0,906		
s1	0,00181363	$\lambda$	0,00385716	CAM	1,13
D	0,009			CMK	1,23

NOTE Les valeurs intermédiaires de chaque tableau sont obtenues par interpolation linéaire entre les deux valeurs les plus proches.

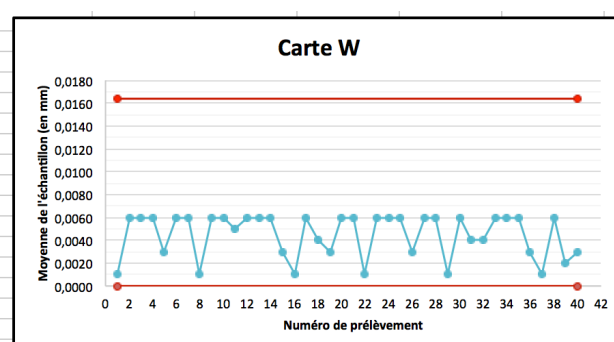
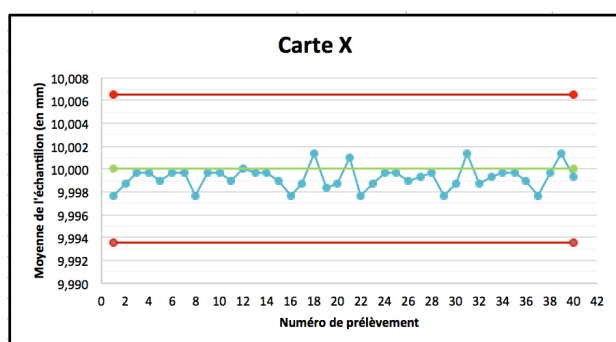
Le calcul de capabilités se réalise automatiquement, le processus est capable quand le CAM est supérieur à 1,1.

## Cartes de contrôle

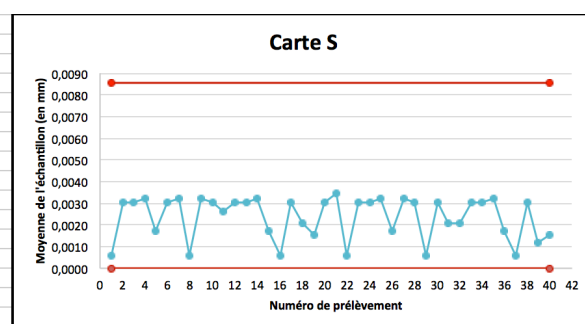
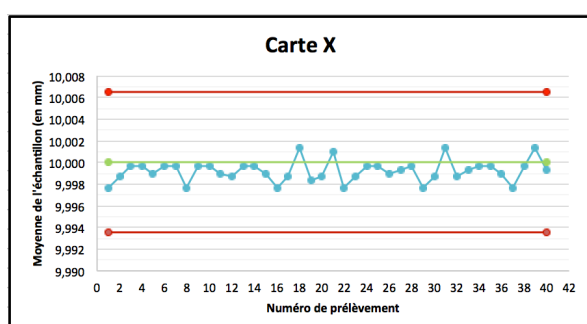
Niveau requis	Intermédiaire	Trame	Oui
---------------	---------------	-------	-----

- Vérifier le **Sigma** obtenu lors de l'étude de **Capabilité du processus (loi Normale)**;
- La carte de contrôle dans la Boîte à outils permettra de piloter 40 lots de production avec la taille d'échantillon inférieure à 10;
- 2 types de carte de contrôle sont à disposition dans la Boîte à outils:
  - **Carte X-W** : Suivi de l'étendue d'échantillon;
  - **Carte X-S** : Suivi de l'écart-type d'échantillon;
- Entrer les données par l'échantillon, et les cartes de contrôle s'affichent automatiquement comme les exemples suivants:

• **Carte X-W :**



• **Carte X-S :**



Les lignes **rouges**: Limite Supérieure de Contrôle (LSC/LSCw/LSCx) et Limite Inférieure de Contrôle (LIC/LICw/LICx);

Les lignes **vertes**: Cible;

Les lignes **bleues**: Ligne de pilotage.

## Plan d'expérience

Niveau requis	Expert	Trame	Oui
---------------	--------	-------	-----

### Démarche

1. Identification de l'objectif à atteindre
  - Définir synthétiquement l'objectif de la campagne d'essais pour le système étudié ainsi que les contraintes et coûts liés à sa réalisation.
  - Mettre en place un groupe de travail pour définir et conduire le plan d'expériences.
2. Choix de la ou des réponses
  - Caractériser le fonctionnement du système par des grandeurs mesurables désignées sous le nom de réponses.
  - Il est souhaitable qu'une réponse ait les qualités suivantes:
    - Traduire le mieux possible le fonctionnement du système;
    - Etre facilement et rapidement mesurable ou quantifiable;
    - Avoir un écart-type de répétabilité satisfaisant. Cet écart-type est soit connu *a priori*, soit estimé par la répétition d'essais durant la réalisation du plan d'expériences;
    - Etre, de préférence, continue (les réponses discrètes nécessitent la mise en œuvre de méthodes spécifiques, non abordées dans ce fascicule).
3. Choix des facteurs, entrées du systèmes
  - Recenser tous les facteurs possibles;
  - Si des informations sont disponibles, hiérarchiser les facteurs par ordre d'importance *a priori* pour l'étude. En cas d'absence d'information, les conserver tous;
  - Choisir le nombre de valeurs que prendra chaque facteur au cours des essais. Ces valeurs sont appelées modalités pour les facteurs qualitatifs et niveaux pour les facteurs quantitatifs. Le nombre de valeurs est généralement lié à l'objectif à atteindre, à la relation supposée entre chaque facteur et la réponse et donc implicitement au plan d'expériences;

- Sélectionner les interactions entre facteurs *a priori* importantes pour la réponse, si la connaissance du système le permet.
  - Classer les facteurs dans les catégories suivantes:
    - facteurs toujours maîtrisables pour lesquels le meilleur niveau est recherché (parfois appelés facteurs de contrôle ou facteurs d'influence);
    - facteurs maîtrisables pendant l'expérimentation mais qui fluctuent en fonctionnement normal (appelés facteurs de bruit);
    - facteurs liés uniquement à l'expérimentation (appelés facteurs de bloc).
4. Construction du plan d'expériences
- Définir une matrice d'expériences, c'est-à-dire un tableau dont chaque colonne correspond à un facteur et chaque ligne a une expérience;
  - Redéfinir certains facteurs ou certaines modalités en l'occurrence de non-réalisabilité de certaines combinaisons;
  - Répéter au moins un essais, choisi si possible au centre du domaine expérimental pour les variables quantitatives, pour confirmer la dispersion expérimentale et évaluer une dérive éventuelle.
5. Réalisation des essais ou des calculs simulant les essais
- Réaliser les expériences dans un ordre aléatoire, cette randomisation permet de se prémunir de facteurs non contrôlés ou méconnus, susceptibles de fausser l'interprétation des effets des facteurs contrôlés.
6. Analyse des résultats
- Calculer les estimations des coefficients du modèle associé à la matrice d'expériences réalisée. L'analyse de la variance et de la régression sont des méthodes d'analyse couramment utilisées.
7. Confirmation des conclusions
- Des essais supplémentaires peuvent être nécessaires pour valider les conclusions du plan d'expériences.

### Source

FD X06-081:2017 Plans d'expériences — Mise en œuvre des plans d'expériences par essai ou par simulation numérique : choix et exemples d'application

## Pratique avec trame

2 types de plan sont à disposition dans la Boîte à outils:

- **Plan complet 2<sup>3</sup> — Analyse de 3 facteurs de contrôle en 2 modalités avec 8 essais, 4 répétitions au maximum**

- Définir le niveau de risque: 

Niveau de risque (Alpha)	5%
--------------------------	----
- Réaliser les essais selon les combinaisons prédéfinies (conseiller de réaliser dans un sens aléatoire);
- Remplir les données dans les cases vides (vérifier la cohérence des essais réalisés et ceux dans le tableau):

Essai	A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Y1	Y2	Y3	Y4	Moyenne
1	-1	-1	-1	1	1	1	-1					#DIV/0!
2	1	-1	-1	-1	-1	-1	1					#DIV/0!
3	-1	1	-1	1	1	1	-1					#DIV/0!
4	1	1	-1	-1	-1	-1	1					#DIV/0!
5	-1	-1	1	1	1	-1	-1					#DIV/0!
6	1	-1	1	-1	-1	1	1					#DIV/0!
7	-1	1	1	1	-1	-1	-1					#DIV/0!
8	1	1	1	-1	1	1	1					#DIV/0!
											Total	#DIV/0!

- L'ANAVAR se réalise automatiquement, les résultats s'affichent comme exemple suivant:

Moyenne	0,641	0,525	0,599	0,568	0,414	0,752	0,538	0,629	0,619	0,547	0,614	0,009	0,529	0,637	0,583
Effet moyen	0,058	-0,058	0,016	-0,016	-0,169	0,169	-0,046	0,046	0,03625	-0,036	0,03125	-0,574	-0,054	0,054	
SCE	0,108		0,008		0,911		0,067		0,042		0,031		0,092		
ddl	1		1		1		1		1		1		1		
CME	0,108		0,008		0,911		0,067		0,042		0,031		0,092		
Fcal	5,60		0,40		47,23		3,45		2,18		1,62		4,79		
F	4,24		4,24		4,24		4,24		4,24		4,24		4,24		
Résultat	Significatif	Non Significatif	Significatif	Non Significatif	Significatif	Non Significatif	Non Significatif	Non Significatif	Non Significatif	Non Significatif	Significatif				

**Significatif:** le facteur ou l'interaction des facteurs étudié(e) a une influence significative sur la réponse concernée, il/elle devrait être pris(e) en compte lors de la modélisation de réponse;

**Non Significatif:** le facteur ou l'interaction des facteurs étudié(e) n'a pas d'influence significative sur la réponse concernée, il/elle pourrait être négligé(e) lors de la modélisation de réponse.

- Déterminer le niveau choisi de chaque facteur/interaction significatif:

Si l'objectif de l'étude est de **maximiser** la réponse, choisissez le niveau de facteur/interaction avec l'effet moyen **positif**, *vice versa*.

En cas de conflit entre les niveaux des facteurs et leur interaction, les prioriser en comparant l'importance de leur effet moyen.

### Exemple

- Modéliser mathématiquement la réponse sous la forme:  $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k$   
Où:
  - Y est la réponse à définir :
  - X1, X2, ..., Xk sont les facteurs ou des interactions des facteurs;
  - $\beta_0$  est la réponse moyenne: 

Total	#DIV/0!
-------	---------
  - $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$  sont les effets moyens correspondants au niveau choisi.

Facteur/Int raction	Niveau souhaité	Effet moyen		Facteur/Inte raction	Niveau choisi	Effet moyen
A	-1	0,058	➔	A	-1	0,058
B	-1	0,016		B	1	-0,016
AB	-1	0,046		AB	-1	0,046

### • Plan fractionnel $2^{(5-2)} \times 2$ — Analyse de 5 facteurs de contrôle et 1 facteur bruit en 2 modalités avec 8 essais sans répétition (avec l'analyse de Ratio S/B)

- Définir le niveau de risque: 

Niveau de risque (Alpha)	5%
--------------------------	----
- Réaliser les essais selon les combinaisons prédéfinies (conseiller de réaliser dans un sens aléatoire);
- Remplir les données dans les cases vides (vérifier la cohérence des essais réalisés et ceux dans le tableau):

Essai	I BDE ACE ABCD	A CE BCD ABDE	B DE ACD ABCE	C AE ABD BCDE	D BE ABC ACDE	E AC BD ABCDE	AB CD ADE BCD	BC AD ABE CDE	R1	R2	Moyenne	S/B
1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1		#DIV/0!	#NUM!
2	1	1	-1	-1	1	1	-1	1	-1		#DIV/0!	#NUM!
3	1	1	-1	1	-1	1	1	-1	1		#DIV/0!	#NUM!
4	1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	1		#DIV/0!	#NUM!
5	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1		#DIV/0!	#NUM!
6	1	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1		#DIV/0!	#NUM!
7	1	1	1	1	-1	-1	-1	1	-1		#DIV/0!	#NUM!
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1		#DIV/0!	#NUM!
Total									#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#NUM!

- L'ANAVAR Régulière se réalise automatiquement, les résultats s'affichent comme exemple suivant:

Moyenne	20,875	20,375	26,375	14,875	12,250	29,000	26,250	15,000	19,125	22,125	23,500	17,750	18,625	22,625	20,250	21,000
Effet moyen	0,250	-0,250	5,750	-5,750	-8,375	8,375	5,625	-5,625	-1,500	1,500	2,875	-2,875	-2,000	2,000	-0,375	0,375
SCE	1		529		1122,25		506,25		36		132,25		64		2,25	
%SCE	0,03%		17,96%		38,10%		17,19%		1,22%		4,49%		2,17%		0,08%	

La couleur la plus proche de vert présente un effet le plus important, la couleur la plus proche de rouge présente un effet le moins important.



En l'occasion d'existence de nombreux facteurs, éliminer les facteurs les moins important et/ou sous les connaissances techniques.

### Exemple

ANAVAR								
Source	SCE	%SCE	ddl	CME	Fcal	Fth	Décision	
H1=A+CE+BCD+ABDE	1,000	0,03%	1	1,000	0,01	18,51	Non Significatif	
H2=B+DE+ACD+ABCE	529,000	17,96%	1	529,000	3,60	18,51	Non Significatif	
H3=C+AE+ABD+BCDE	1122,250	38,10%	1	1122,250	7,65	18,51	Non Significatif	
H4=D+BE+ABC+ACDE	506,250	17,19%	1	506,250	3,45	18,51	Non Significatif	
H5=E+BD+AC+ABCDE	36,000	1,22%	1	36,000	0,25	18,51	Non Significatif	
H6=CD+AB+ADE+BCE	132,250	4,49%	1	132,250	0,90	18,51	Non Significatif	
H7=BC+AD+ABE+CDE	64,000	2,17%	1	64,000	0,44	18,51	Non Significatif	
G	2,250	0,08%	1	2,250	0,02	18,51	Non Significatif	
AG	93,750	3,18%	1	93,750	0,64	18,51	Non Significatif	
BG	45,938	1,56%	1	45,938	0,31	18,51	Non Significatif	
CG	0,234	0,01%	1	0,234	0,00	18,51	Non Significatif	
DG	5,859	0,20%	1	5,859	0,04	18,51	Non Significatif	
EG	113,438	3,85%	1	113,438	0,77	18,51	Non Significatif	
Résidu	293,531	9,96%	2	146,766				
Total	2945,750		15					

Hypothèse:

- Négliger les sources dont le pourcentage de SCE inférieur à 1%;
- Négliger les facteurs d'ordre supérieur à 2;
- Si un facteur de contrôle est négligé, ses interactions sont toutes négligeables.

L'ANAVAR Simplifiée :

ANAVAR Simplifiée							
Source	SCE	%SCE	ddl	CME	Fcal	Fth	Décision
h2=B+DE	529,000	17,96%	1	529,000	9,34	5,59	Significatif
h3=C	1122,250	38,10%	1	1122,250	19,81	5,59	Significatif
h4=D+BE	506,250	17,19%	1	506,250	8,93	5,59	Significatif
h5=E+BD	36,000	1,22%	1	36,000	0,64	5,59	Non Significatif
h6=CD	132,250	4,49%	1	132,250	2,33	5,59	Non Significatif
h7=BC	64,000	2,17%	1	64,000	1,13	5,59	Non Significatif
BG	45,938	1,56%	1	45,938	0,81	5,59	Non Significatif
EG	113,438	3,85%	1	113,438	2,00	5,59	Non Significatif
		0,00%		#DIV/0!	#DIV/0!	5,59	#DIV/0!
		0,00%		#DIV/0!	#DIV/0!	5,59	#DIV/0!
		0,00%		#DIV/0!	#DIV/0!	5,59	#DIV/0!
		0,00%		#DIV/0!	#DIV/0!	5,59	#DIV/0!
		0,00%		#DIV/0!	#DIV/0!	5,59	#DIV/0!
Résidu	396,624	13,46%	7	56,661			
Total	2945,750		15				

- L'ANAVAR S/B se réalise automatiquement, les résultats s'affichent comme sur les exemples suivants:

S/B
-28,65
-27,52
-10,97
-30,36
-24,95
-32,57
-15,12
-25,16

La couleur la plus proche de vert présente la combinaison qui conduit à un processus le plus stable parmi les 8 essais prédéfinis, ce n'est **forcément PAS** le résultat final.

Moyenne	-24,374	-24,449	-28,421	-20,402	-19,921	-28,902	-26,674	-22,149	-24,487	-24,336	-24,712	-24,112	-21,544	-27,279
Effet moyen	0,037	-0,037	-4,010	4,010	4,490	-4,490	-2,262	2,262	-0,075	0,075	-0,300	0,300	2,867	-2,867
SCE	0,011		128,629		161,311		40,946		0,046		0,720		65,774	
%SCE	0,00%		32,36%		40,59%		10,30%		0,01%		0,18%		16,55%	

---

La couleur la plus proche de vert présente l'effet le plus important, la couleur la plus proche de rouge présente l'effet le moins important.

- Déterminer le niveau choisi de chaque facteur/interaction significatif:

Pour l'ANAVAR Régulière, la démarche est identique que le cas précédent (plan complet  $2^3$ ); pour l'ANAVAR Ratio S/B, l'objectif est toujours de maximiser la réponse, dans la plupart des cas, il est suffisant de prendre en compte les **3** premiers facteurs/interactions les plus performant(e)s.

En l'occasion d'existence de conflits entre les résultats obtenus par les deux analyses, prioriser les résultats selon l'objectif le plus important. Si l'optimisation de performance de processus est plus importante, l'ANAVAR Régulière est plus prioritaire ; si l'optimisation de stabilité de processus est plus importante, l'ANAVAR Ratio est plus prioritaire.

---

## Améliorer la relation client

---

### Identifier les besoins

---

VOC 72

QFD 73

ENQUETE KANO 75

---

### Satisfaire le client

---

ANALYSE DE LA VALEUR 77

## VOC

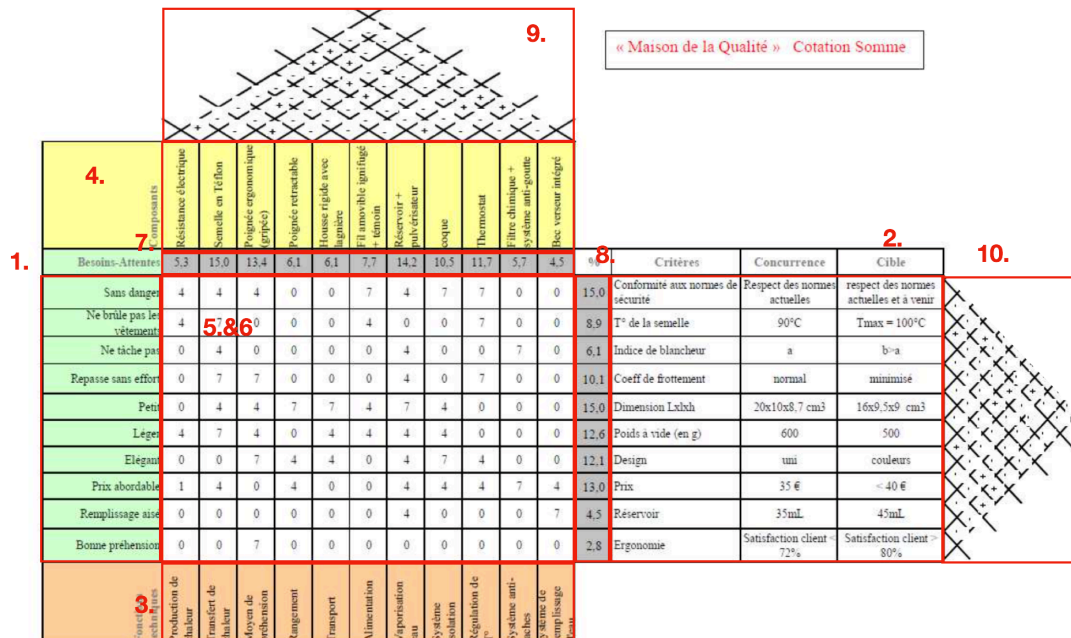
Niveau requis	Débutant	Trame	Oui
---------------	----------	-------	-----

### Démarche

1. Identifier le client à rencontrer:
  - Rencontrer un nombre limité de clients (recherche d'information qualitative), de 12 à 20 personnes;
  - Sélectionner judicieusement les clients:
    - Clients insatisfaits;
    - Précurseurs (Lead Users).
  - Clarifier le but poursuivi;
  - Identifier précisément les clients à visiter.
2. Faire des interviews avec les clients et noter leur expression:
  - Constituer l'équipe d'interviewers (Managers, opérationnels, etc.);
  - Former et préparer l'équipe;
  - Noter les expressions exactes, accepter tout ce que dit le client;
  - Aller des options aux faits, demander l'exemple;
  - Respecter une disposition conviviale.
3. Comprendre la raison pour laquelle ils ont le problème:
  - Formuler la phrase sous forme affirmative;
  - Choisir des mots spécifiques;
  - Exprimer le besoin et non des solutions;
  - Exprimer le juste nécessaire;
  - Employer le verbe au présent.
4. Transformer leurs attentes précises;
  - Identifier le sujet, la situation d'utilisation et l'environnement d'utilisation du sujet.
  - Fixer les objectifs mesurables du sujet.
5. Analyser qualitativement le cas échéant.
  - Consulter l'outil **Enquête KANO** pour l'analyse qualitative.

## QFD

Niveau requis	Intermédiaire	Trame	Non
---------------	---------------	-------	-----



## Mise en œuvre

1. Lister toutes les attentes du client, autrement dit les fonctions de service (FS);
2. Définir, pour chaque attente, le critère d'évaluation, la meilleure performance de concurrence et la cible à atteindre;
3. Définir les solutions visant à satisfaire toutes les attentes clients, autrement dit les fonctions techniques (FT);
4. Identifier les composants du produit correspondant aux FT;
5. Déterminer l'échelle de contribution à la FS:
  - Echelle « Somme » : 0 — Max/2 — Max, avec Max = Nb de cases /20
  - Echelle « Produit » : 0 — Max/2 — (Max/2)^2, avec Max = Nb de cases /20
6. Appliquer l'échelle définie sur chaque composant, déterminer sa contribution à satisfaire chaque FS;
7. Calculer le pourcentage de la contribution de chaque composant:

$$\begin{aligned}
 \text{• Echelle « Somme » : } & \frac{\sum_{i=1}^m v_i}{\sum_{j=1}^n \left( \sum_{i=1}^m v_i \right)} & \text{• Echelle « Produit » : } & \frac{\prod_{i=1}^m v_i}{\sum_{j=1}^n \left( \prod_{i=1}^m v_i \right)}
 \end{aligned}$$

8. Calculer le pourcentage du privilège de chaque FS:

• Echelle « Somme » :  $\frac{\sum_{j=1}^n v_j}{\sum_{i=1}^m \left( \sum_{j=1}^n v_j \right)}$  Echelle « Produit » :  $\frac{\prod_{j=1}^n v_j}{\sum_{i=1}^m \left( \prod_{j=1}^n v_j \right)}$

9. Mettre en évidence l'effet interactif entre les composants:

- + : Synergie;
- - : Antagonisme.

10. Mettre en évidence les relations entre les attentes:

- + : Les attentes non distincts car se recoupant trop, engendrant ainsi des erreurs de calcul/appréciation/évaluation (Ex. « petit » et « facilement transportable »);
- - : Les attentes contradictoires (Ex. une voiture « économique » mais « surpuissante »).

## Enquête KANO

Niveau requis	Débutant	Trame	Non
---------------	----------	-------	-----

L'enquête Kano est un outil qui permet de séparer les fonctions d'un produit/service par rapport à la satisfaction/insatisfaction client, c'est un retour d'expérience sur ce que le client penserait du produit/service. C'est un questionnaire qui contient deux parties :

- « Quelle serait votre réaction si telle fonction existait ? »
- « Quelle serait votre réaction si telle fonction était absente ? »

Les réponses possibles à ces deux questions sont :

- Ça me plaît
- C'est normal ainsi
- Ça m'est égal
- Je m'en contente
- Ça me déplaît

Lorsqu'on pose une question sur l'absence de la fonction, il faut formuler la question de manière positive.

Exemple :

Qu'en pensez-vous ?

- A) Si la salle est nettoyée régulièrement.
- B) Si la salle est nettoyée quand nécessaire

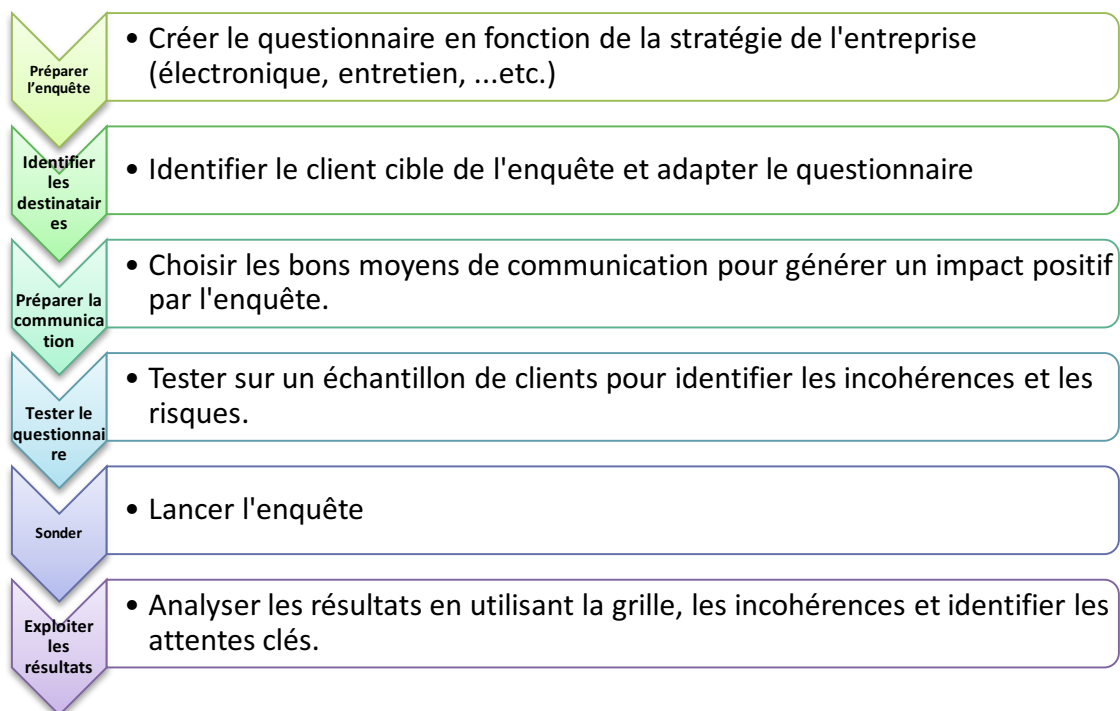
Lorsque les réponses sont croisées dans une matrice, on peut définir plusieurs catégories de fonctions:

- Proportionnelle (P),
- Obligatoire (O),
- Attractive (A)
- L'indifférence (I),
- Contradictions (C),
- Résultats douteux (D).

NB : Contradictions et résultats douteux : problème de formulation du questionnaire

Voici un exemple de grille pour définir dans quelle catégorie se situe la fonction choisie :

Attentes des clients		Absence de la fonction				
		Me plaît	C'est normal	M'est égal	M'en contente	Me déplaît
Présence de la fonction	Me plaît	D	A	A	A	P
	C'est normal	C	I	I	I	O
	M'est égal	C	I	I	I	O
	M'en contente	C	I	I	I	O
	Me déplaît	C	C	C	C	D



A la fin de l'analyse, la catégorie de la fonction sera définie, cela va permettre de savoir s'il faudrait abandonner cette fonction ou la mettre en avance.



# Analyse de la valeur

## Niveau requis

## Intermédiaire

## Trame

## Non

### QISii : Question initiale et solution initiale/implicite

#### Objectif :

L'outil sert à reformuler la demande du commanditaire de l'étude, en explicitant deux dimensions : Le problème ou la question telle qu'il l'exprime et la solution à laquelle il pense, de manière explicite ou implicite.

#### Quand l'utiliser

Au départ, lors du contact avec le commanditaire → Degré d'ouverture en termes de solutions.  
Lors de l'étude → Vérifier si les réponses ou solutions données sont non attendues  
Lors d'un comité de pilotage → Rappeler le cadre fixé  
Lors d'un changement d'avis du client → Rappeler au bon souvenir de sa demande.

#### Mode d'emploi

Pour la Qi → Il faut rester au plus proche des mots du commanditaire.  
Pour la Si → On dit « Si j'ai bien compris, vous imaginez que la solution est... »  
Pour la Sii → Avec ou sans solution initiale, se demander si dans s'il y a une solution cachée.

#### Outils fréquemment associés

Alimente la Note de Clarification (NC)  
Directement associé au PRC-NRC

#### Commentaires & variantes

La question présuppose parfois une réponse, sans en avoir l'air (là est l'implicite).  
Si, la Qi est amenée à varier plusieurs fois, il faut faire la liste de ces versions Q1 Q2 avec éventuellement les solutions associées.

### SDV : Situations De Vie

#### Objectif :

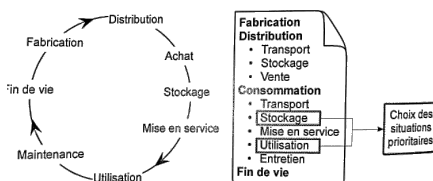
Faire l'inventaire de toutes les situations que rencontre l'objet étudié

#### Quand l'utiliser

Début de l'analyse → Vue globale et systémique de l'objet.  
En cours d'étude → Vérifier si les nos solutions sont satisfaisantes dans les situations secondaires mais seulement après l'avoir fait avec les principales.

#### Formalisme

Une liste plus pratique pour présenter les sous-situations de vie que le cercle.



#### Mode d'emploi

Il fait interroger les parties prenantes de chaque situation de vie. On peut donc repérer les études de la vie du produit qu'il faut étudier en priorité.

#### Outils fréquemment associés

Outils de recherche de fonctions  
Lors de l'opposition de besoins entre une situation et une autre → TENSION  
Outil VALEURS.

#### Commentaires & variantes

La plupart du temps il ne s'agit pas d'un cycle réel de berceau en berceau.  
Prendre garde à ne pas gagner de la valeur localement au détriment d'un autre acteur.  
Il permet aussi de détecter les étapes à problèmes.

### PRC-NRC : Périmètre et niveau de remise en cause

#### Objectif :

Cet outil sert à distinguer ce que nous pouvons remettre en cause de ce qui doit être comme donné et intouchable. Le niveau de remise en cause, c'est l'expression du degré d'innovation autorisé ou attendu.

#### Quand l'utiliser

Au début de projet → Clarifier sur quoi porte l'étude.  
En cours d'étude → Si on trouve des solutions qui peuvent perturber le PRC.  
Lors d'un comité de pilotage → Eventuellement changer de PRC.

#### Formalisme



#### Mode d'emploi

Liste de tout ce qui paraît modifiable et ce qui hors d'atteinte. Noter tout, même si on les enlèvera après.

#### Outils fréquemment associés

Le QISii et la proposition commerciale  
L'outil Poulpe

#### Commentaires & variantes

Le dedans et le dehors du PRC n'est pas forcément la frontière physique de l'objet.  
Il y a de grande chance qu'on soit amené à faire évoluer le PRC.

### Avant - Après

#### Objectif :

Appréhender l'objet étudié comme un support d'un processus, qui permet de passer d'une situation A à une situation B.

#### Quand l'utiliser

Lors de la recherche de fonctions → si on réalise ne pas avoir clairement à l'esprit la situation de départ ou d'arrivée.

#### Mode d'emploi

Etablir clairement dans quelle situation de vie on étudie, ce qui permet de préciser avant et après quoi on se place.

#### Outils fréquemment associés

Recherche de fonctions.  
Chronogramme et tableau des étapes nécessaires.

#### Commentaires & variantes

L'outil poulpe est une approche produit ou l'AA est une approche processus → les deux se complètent.  
Une variante type poulpe pour l'AA existe :

### OF : Objet fantôme

#### Objectif :

Trouver la fonction d'un objet.

#### Quand l'utiliser

En complément à la recherche de fonctions (Particulièrement efficace lorsque l'objet est statique)

#### Mode d'emploi

Faire disparaître l'objet → imaginer ce qui se passe → en déduire les fonctions assumées par l'objet quand il était là.

#### Outils fréquemment associés

Poulpe et AA.

#### Commentaires & variantes

### DTX : Design To X

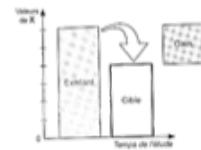
#### Objectif :

Atteindre un objectif chiffré.

#### Quand l'utiliser

Début de l'étude → Perspective contractuelle → Etablit l'objectif officiel, au moins en relatif (%) ou en absolu de préférence.

#### Formalisme



#### Mode d'emploi

Identifier la variable X  
Il faut discuter avec le commanditaire et représenter le résultat de manière claire et contractuelle.

#### Outils fréquemment associés

L'initialisation de l'étude → NC et Proposition commerciale (PC) de manière contractuelle.  
Lors de l'analyse économique → Structure De Coûts

#### Commentaires & variantes

DTX → Cas de création de produits ou services  
ReDTX → Cas de la reconception ou de l'optimisation

Si c'est fait rigoureusement, appelle ça : une expérience de pensée.

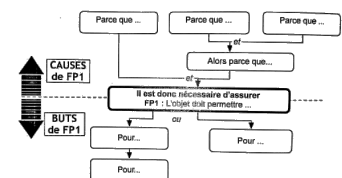
### ACF : Analyse causale fonction

#### Objectif :

Permet de vérifier les tenants (les causes) et les aboutissants (les buts) d'une fonction

#### Quand l'utiliser

Dès qu'on tient une fonction importante → Vérifier sa pérennité et comprendre ce qui la sous-entend.  
Mode création → Si innovation de rupture → identifier de manière exhaustive les axes de création de valeurs.



#### Formalisme

#### Mode d'emploi

Mettre au milieu la fonction à étudier, au-dessus, l'espace des causes, en-dessous, l'espace des buts.  
Chercher les éléments soit : -En créant des éléments en vrac - De proche en proche  
On vérifie la pérennité des causes et des buts en discernant les liaisons en « et » et les liaisons en « ou ».  
En mode création, on parcourt chaque élément de l'ACF afin de chercher des alternatives à la fonction :  
Soit en amont (qu'est ce qui permettrait d'éviter la fonction ?)  
Soit en aval (Comment atteindre les buts sans passer par cette fonction ?)

#### Outils fréquemment associés

En amont → Outils de recherche de fonctions.  
En aval → Tout outils de mode de créativité.

### Commentaires & variantes

Il faut faire attention à l'effet miroir (Causes et buts qui semblent pareils)

Variante de l'ACP → ACP

### Problèmes

#### Objectif :

Disposer d'une vue synoptique des problèmes présents.

#### Quand l'utiliser

Soit au fil de l'analyse

Au moment de problématiser

#### Formalisme

Problème	État maintenu	Obstacle	État souhaité
...			

Représentation élémentaire d'un problème

Situations de vie	Problèmes	État maintenu	Obstacle	État souhaité
SDV1	1 ...			
	2 ...			
SDV2	3 ...			
	4 ...			
	5 ...			

Tableau de synthèse de l'ensemble des problèmes, ici classés par SDV

#### Mode d'emploi

##### Outils fréquemment associés

ACP → Nécessaire pour en démêler les tenant et aboutissants  
En aval → Les problèmes alimentent naturellement l'outil PROBLEMATIQUE-VALEURS

##### Commentaires & variantes

Un problème est une insatisfaction, un écart entre un état

### Tensions

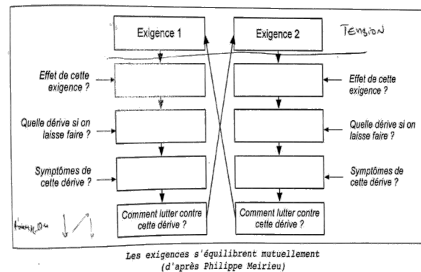
#### Objectif :

Permet de faire une mise au point sur ce qu'on ne ressent bien souvent que confusément.

Quand l'utiliser

Dès que l'on perçoit une contradiction, ou quand on du « non mais... »

#### Formalisme



#### Mode d'emploi

Rédiger les exigences de manière complète et précise !!  
Lors de l'utilisation de l'outil, il faut prendre cette modélisation de façon dynamique → En remontant en diagonale du bas de la colonne 1 vers l'exigence 2 opposée que l'on comprend le plus clairement la nécessité à laquelle répond cette exigence 2.

#### Outils fréquemment associés

Problèmes - ACP - PV

##### Commentaires & variantes

Il y a deux grands types de tensions :

Tensions externes à l'objet étudié et les tensions interne à ce dernier.

Il y aussi un troisième type et qui est la tension de conception (s'exerçant sur le projet dans sa globalité)

### PV : Problématique-Valeurs

#### Objectif :

Il s'agit d'établir une synthèse de toute la relation entre les objectifs de la création de la valeur et les problèmes inhérents à l'objet ou à son environnement.

#### Quand l'utiliser

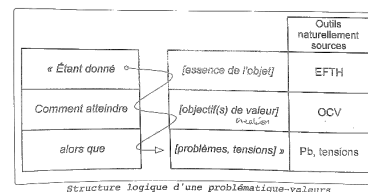
À tout moment où l'on souhaite synthétiser la progression de l'étude → Bon pour les présentations au commanditaire.

#### Formalisme

Une seule phrase, tenue, concentrée, qui fait sens

« Étant donné que l'objet étudié est, au fond, [essence de l'objet], comment atteindre [objectif(s) de valeur] alors que [problèmes ou tensions fondamentales qui font obstacle à la création de valeur] »

Problématique-valeurs rédigée



#### Mode d'emploi

Développer une vue globale et synthétique, sentir ce qui est important, et rédiger soigneusement une phrase issue de longues heures ou journées de travail .

##### Commentaires & variantes

Une problématique met en système, en réseau, en résonance les objectifs et les problèmes.

---

## Annexe

3 Niveaux requis pour maître d'outil :

- **Débutant** : Néant.
- **Intermédiaire** : Formation de l'outil.
- **Expert** : Formation de l'outil et Expérience sur le terrain.