

Recueil de TD Partie A

LA MACHINE A EXPRESSO SEBNEX



Groupe 24	
Barral	Antoine
Gras	Quentin
Mier	Alicia
Ozenne	François
Rafei	Abdallah

Table des matières

QFD / SQUIZZ.....	4
I. QFD.....	4
A. Résumé.....	4
B. Les QFD.....	5
C. Conclusion	7
II. Squizz	8
A. Résumé.....	8
B. Les Squizz.....	9
C. Conclusion et remarques.....	12
CDCF.....	13
I. Résumé.....	13
II. Arborescence fonctionnelle	14
A. Produit.....	14
B. Acquisition (22 fonctions).....	15
C. Estime (23 fonctions)	16
D. Sécurité (40 fonctions).....	17
E. Usage (37 fonctions).....	18
F. Développement durable (14 fonctions)	19
III. Tableau d'Analyse Fonctionnelle	20
A. Le tableau	20
B. Règle et conventions de métrologie	22
C. Classe de flexibilité	22
D. Cumul des limites.....	22
E. Cadre de réponse	23
IV. Conclusion	24
AMDEC.....	25
I. Résumé.....	25
II. Identification des classes de criticité et des positions d'utilisations	26
A. Classe de criticité	26
B. Positions d'utilisation.....	27
III. AMDEC	28
A. Fonctions techniques.....	28
B. Composants	31
IV. Conclusion	34
Nomenclature	35

QFD / SQUIZZ

I. QFD

A. Résumé

Le QFD (Quality Function Development) est un outil qui aide à synthétiser les principales caractéristiques d'un produit et les avis du client par rapport à celui-ci.

Il est constitué d'une matrice centrale mettant en relation les fonctions de services (déterminées généralement par une étude sur les attentes du client, puis reformulées pour éviter les redondances) et les fonctions techniques principales. Cette matrice est ensuite remplie pour mesurer l'impact des fonctions techniques sur les fonctions de services (respectivement abrégées en FT et FS), sur une échelle de 3 valeurs (faible, moyen, fort). On peut ensuite calculer le « poids » des différentes FT et FS pour ordonner le QFD. Cela permet de faire ressortir les contraintes principales nécessaires à la satisfaction du client. En effet, les FS qui ont le plus de points sont celles dont la réalisation est complexe (beaucoup d'interactions avec les FT). De la même manière, les FT avec le plus de points sont celles qui influencent le plus la satisfaction des FS.

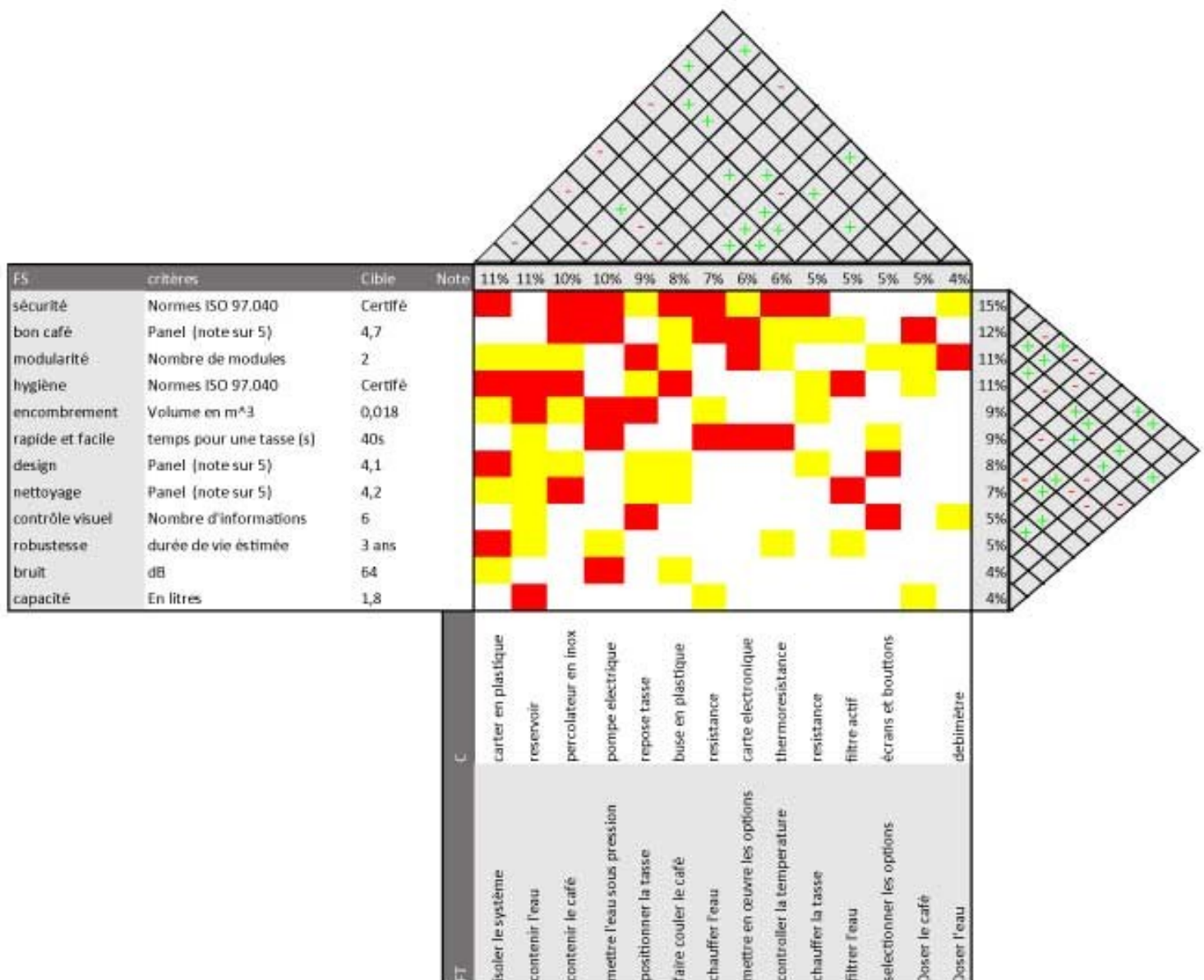
On peut ajouter au QFD d'autres sous matrices pour compléter son apport. On ajoute couramment une sous matrice contenant, pour chacune des FS, le critère de satisfaction ainsi qu'une note représentant la complétion de ce critère. Cette note est ensuite comparée avec celle des concurrents dans un graphique araignée, dans le but d'obtenir une solution compétitive. On ajoute aussi la liste des composants utilisés pour chaque FT. Le dernier apport est sans doute le plus important et comble un des défauts du QFD. Il s'agit de deux matrices, une FTxFT et une FSxFS, qui permettent de représenter les interactions entre celles-ci. Cela est important car une FT avec un poids faible aura tendance à être un peu mise de côté pendant la conception. Cependant il est possible que celle-ci ait une interaction très forte avec une FT principale. Dans ce cas la matrice FTxFT nous l'indique, ce qui nous permet de ne pas faire l'impasse sur cette FT que l'on aurait pu croire secondaire. La matrice FSxFS permet quant à elle d'étudier les redondances dans les attentes du client, ainsi que les attentes contradictoires.

Le QFD permet donc de tirer l'essentiel des FS et FT afin de déterminer le positionnement sur le marché, les enjeux et contraintes de conceptions afin de faire des choix pour obtenir le meilleur compromis.

B. Les QFD

– QFD Somme

(rouge = 8, jaune = 4, blanc = 0, facteur = 20)



– QFD Produit

(Rouge = 16, jaune = 4, blanc = 0, facteur = 20. On a omis les chapeaux car ils sont inchangés par rapport au QFD Somme)

FS	critères	cible	Note	87%	5%	5%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
sécurité	Normes ISO 97.040	Certifié															99%	
bon café	Panel (note sur 5)	4,7															0%	
hygiène	Normes ISO 97.040	Certifié															0%	
rapide	temps pour une tasse (s)	40s															0%	
modularité	Nombre de modules	2															0%	
encombrement	Volume en m³	0,018															0%	
design	Panel (note sur 5)	4,1															0%	
nettoyage	Panel (note sur 5)	4,2															0%	
contrôle visuel	Nombre d'informations	6															0%	
robustesse	durée de vie estimée	3 ans															0%	
bruit	dB	64															0%	
capacité	En litres	1,8															0%	

- Instabilité du QFD Produit

Le QFD produit est mathématiquement instable. On le remarque lorsque l'on change le facteur de mise au point.

Dans notre cas, l'importance des lignes du QFD somme est bien répartie alors que le QFD produit donne quasiment 100 % d'importance à la 1ère ligne et les autres lignes deviennent négligeables.

Le QFD produit est instable car le facteur (ici 20) fait beaucoup varier les poids.

En effet, lorsque celui-ci est supérieur au nombre de cases, on a $\max = \text{moy} = 1$. Toute ligne ou colonne a alors le même poids, 1 (on suppose qu'il n'y a aucune ligne ou colonne vide car cela n'a pas lieu d'être).

A l'inverse, si le facteur est très inférieur au nombre de cases, l'écart entre moy et max augmente considérablement. On obtient alors une ligne et une colonne à 99% et tout le reste à 0. **On peut donc modifier artificiellement la variation de poids.**

C. Conclusion

Le QFD nous a permis de mettre en avant les FT et FS principales. Ici, nous voyons que la sécurité de fonctionnement et la qualité du café sont les aspects les plus importants. Pour les fonctions techniques, l'isolation du système semble prépondérante.

On peut aussi voir dans le chapeau FSxFS que les principales contraintes sont liées à l'encombrement réduit et à la rapidité de fonctionnement de la machine. Pour les FT, ce sont le carter, la résistance et la carte électronique qui ont le plus d'interactions.

On peut néanmoins y voir quelques limitations : la matrice est 2D, et les composants sont directement associés aux FT. On perd donc l'aspect innovant sur les composants (on a typiquement un composant par FT). Par exemple ici, le dosage du café peut être fait par le composant qui le contient (percolateur gradué), mais le QFD ne fait pas apparaître cette possibilité.

De plus, le QFD est pratique uniquement pour les produits relativement simples. En effet si le produit est très complexe, on va voir deux phénomènes : d'abord **le nombre de FT va être très élevé et va rendre le QFD inutilisable** (peu de différence de poids). De plus, les attentes du client ne s'aligneront pas nécessairement sur les exigences techniques d'un produit complexe et il sera difficile de définir toutes les interactions.

II. Squizz

A. Résumé

Le but du Squizz est d'optimiser les listes de fonctions de service, techniques et de composants (FS, FT, C).

Il s'agit de reformuler et de reconsidérer les attentes du client, optimiser les FT qui répondent à ces attentes et de **réduire le nombre de composants en innovant**.

Pour cela, nous créons trois matrices réflexives (FS/FS, FT/FT et C/C). Nous remplissons la case (i, j) s'il est possible de remplacer l'élément i (ligne) par l'élément j (colonne). On peut aussi fusionner deux éléments ou éliminer totalement un élément. Une fois cela effectué, on peut alors faire des choix pour redéfinir les listes composants FS et FT

C'est un processus itératif, chaque nouvelle liste peut être optimisée à nouveau grâce au Squizz. Il faut donc savoir à quel moment s'arrêter dans la réflexion et le mieux est de travailler en groupe.

Squizz peut être utilisé en amont du cahier des charges fonctionnel (CDCF), et permet de vérifier la cohérence des composants, des fonctions techniques et des fonctions de service. Il peut également être à l'origine de ruptures technologique (ex : l'écran tactile est un « squizz » d'un écran et d'un clavier).

Les matrices les plus riches sont les matrices C /C et FT/FT car ce sont elles qui permettent l'innovation.

On fait également des matrices FS/FT, FS/C et C/FT afin de vérifier la compatibilité (à l'image d'un QFD).

	FS	FT	C
1	sécurité	mettre l'eau sous pression	pompe
2	modularité	isoler le système	carter
3	bon café	contenir le café	percolateur
4	hygiène	positionner la tasse	repose tasse
5	encombrement	contenir l'eau	réservoir
6	rapide	chauffer l'eau	résistance
7	design	sélectionner les options	écran et bouton
8	nettoyage	mettre en œuvre les options	carte électronique
9	contrôle visuel	faire couler le café	buse
10	robustesse	contrôler la température	thermorésistance
11	bruit	chauffer la tasse	résistance
12	capacité	filtrer l'eau	filtre actif
13		contrôler le dosage de l'eau	débitmètre
14		doser le café	doseur

Les éléments du Squizz seront repérés par les numéros notés sur la liste ci-dessus.

B. Les Squizz

– Squizz FS/FS

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	NULL
1													
2													
3	a					f							
4													
5							b						
6													
7	c												
8			e										
9													
10													
11													
12	d												

- On peut remplacer la fonction « bon café » par la fonction « modularité ». En effet, on peut considérer que si la cafetière est suffisamment modulable, le consommateur sera toujours en mesure d'obtenir un café à son goût.
- On peut remplacer la fonction « encombrement » par la fonction « design ». Nous pensons qu'un très bon design peut faire oublier l'encombrement du produit (exemple des coques de smartphones bombées permettant de donner une sensation de finesse tout en augmentant l'espace disponible au centre du téléphone pour la batterie). Cela est vrai que dans une certaine mesure.
- On peut remplacer la fonction « design » par la fonction « modularité ». De la même façon que pour la qualité du café, on peut considérer que si la cafetière est suffisamment modulable (panneaux du carter interchangeable, couleurs variées ...), le consommateur pourra trouver son bonheur même si le design initial du produit n'est pas exceptionnel (exemple des Mini).
- On peut remplacer la fonction « capacité » par la fonction « modularité » en mettant à disposition des réservoirs de tailles différentes (exemple de la Senseo de Philips).
- On peut remplacer la fonction « nettoyage » par la fonction « hygiène ». En effet, si l'hygiène de la machine en fonctionnement est très bonne (filtrage de l'eau pour enlever le tartre, pas d'éclaboussures, etc) la fonction facilité de nettoyage est mineure (car le nettoyage est peu/pas nécessaire).
- On peut remplacer la fonction « bon café » par la fonction « rapidité ». On pourrait, après étude de marché, étudier si les consommateurs sont prêts à faire des concessions sur la qualité si la rapidité d'utilisation est grandement augmentée (exemple extrême : café instantané). Néanmoins nous pensons que pour cette gamme de produit, cela est peu faisable.

– Squizz FT/FT

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	NULL
1															
2														a	
3													b		
4										d					
5											e	c			
6															
7															
8															
9															
10															
11				d											
12					e										
13				c											
14			b												

- a) On peut choisir de se passer du carter.
- b) On peut doser le café et le contenir en même temps.
- c) On peut doser l'eau et la contenir en même temps.
- d) On peut positionner la tasse et la chauffer en même temps.
- e) On peut filtrer l'eau et la contenir en même temps.

– Squizz C/C

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	NULL
1															
2															
3								j					k		
4	a									b					
5	c										h	i			
6															
7															
8															
9	d	j													
10														g	
11					e										
12				h											
13				i										f	
14		k													

- On peut fusionner le repose tasse et le carter. Cela impactera en revanche l'encombrement (une fois démonté) ainsi que le nettoyage.
- On peut fusionner le repose tasse et le chauffe tasse. Il faudra néanmoins faire attention au risque de brûlure en fonctionnement.
- On peut fusionner le réservoir d'eau et le carter. Cela impactera l'encombrement, le nettoyage ainsi que le remplissage du réservoir.
- On peut inclure la buse dans le carter (exemple Tassimo). Cela impactera en revanche l'encombrement (une fois démonté) ainsi que le nettoyage.
- On peut utiliser la résistance qui chauffe l'eau (ou l'eau chaude) pour chauffer la tasse.
- On peut supprimer le débitmètre si l'on connaît suffisamment bien les caractéristiques de la pompe. (On peut mesurer la quantité d'eau écoulée à partir du temps, de la pression et du diamètre du tuyau).
- De la même façon, si la résistivité de la résistance est bien connue, on peut estimer la température de l'eau avec le temps de fonctionnement.
- On peut inclure le filtre dans le réservoir d'eau. Il faudra cependant que ce soit un filtre permanent.
- On peut inclure le débitmètre dans le réservoir.
- On peut fusionner la buse et le percolateur.
- On peut fusionner le doseur et le percolateur (ex : percolateur gradué, dosettes, ...).

C. Conclusion et remarques

La méthode Squizz est particulièrement intéressante sur la partie C/C car elle permet d'imaginer de nouvelles solutions. Ici par exemple, on peut grandement réduire les coûts de fabrication en fusionnant le carter avec certains composants.

La matrice FS/FS nous permet d'envisager des **compromis pour satisfaire au mieux les attentes du client tout en limitant les contraintes**. On peut voir que l'on peut faire très bon usage de la fonction de modularité pour, au travers d'une variété de produits, combler les attentes du client.

La matrice FT/FT est la moins riche puisqu'elle est partiellement reprise et augmentée par la matrice C/C.

On voit que contrairement au QFD, Squizz permet d'innover, de trouver de nouvelles solutions. De plus c'est un processus itératif. On pourrait dès maintenant réécrire nos matrices avec les changements apportés et continuer d'innover. Cela reflète bien la démarche qualité d'**amélioration continue**.

CDCF

I. Résumé

– Contexte et objectifs

Notre projet consiste au lancement d'une machine Espresso pour café moulu ou dosettes papier. Le produit fini sera comparable à celui de la concurrence, vendu chez Darty, la machine MAGIMIX 11414 INOX. Il devra permettre de préparer des expressos comme des capuccinos avec un dosage automatique pour une ou deux tasses, un contrôle de la température ainsi qu'une programmation automatique du détartrage. Notre produit est destiné à un usage domestique et quotidien, ainsi le public ciblé correspond aux foyers comprenant des amateurs de café. Notre objectif est de réaliser un produit de meilleur rapport qualité/prix que nos concurrents tout en conservant une certaine exigence au vu de la sécurité de l'appareil ainsi que des services après-vente et garanties. Pour ce faire, nous avons effectué un cahier des charges fonctionnel (CDCF) définissant sous forme d'arborescences l'ensemble des fonctions de service (FS) devant être assurées par le produit suivi d'un tableau d'analyse fonctionnel (TAF).

– Enoncé fonctionnel

Lors de la réalisation du CDCF, on s'intéresse aux attentes du client, définies dans un énoncé fonctionnel du besoin répondant à la question : quelles sont les fonctions de service que doit assurer notre machine ? Il est alors possible d'établir une première liste non exhaustive de fonctions qui sera complétée en détail dans l'arborescence fonctionnelle. Ainsi, lors de l'acquisition du produit le client pourra s'intéresser aux différentes modalités d'achats proposées et au mode de paiement ainsi qu'à la récupération du produit et à son installation. Lors de l'utilisation de la machine, les attentes du client se porteront sur son aspect pratique (facilité d'utilisation) et confortable (limitation du bruit par exemple), mais également sur la qualité du café produit, à partir de dosettes ou de café moulu. Des critères de sécurité sont également définis tant au niveau électrique, thermique qu'en terme d'hygiène, et les conditions d'utilisation doivent être décrites dans le manuel d'utilisation. Pour attirer le client, le produit devra répondre à des attentes tant au niveau de son design que des matériaux utilisés, mais aussi au niveau des services proposés tels que le service après-vente ou de la garantie. Le produit devra également répondre à des attentes environnementales ainsi que respecter une éthique dans le but de s'inscrire dans une démarche de développement durable.

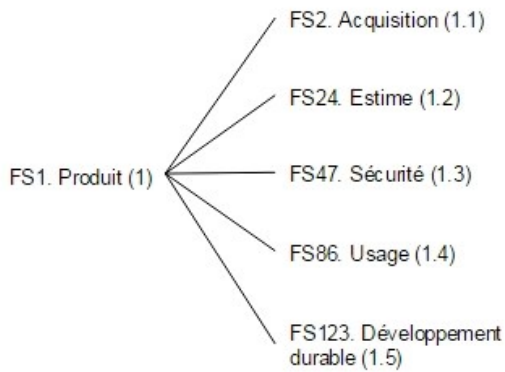
– Cycle d'utilisation et environnement

La machine devra permettre la préparation de plusieurs tasses de café de façon quotidienne et disposer au minimum d'une durée de vie de 3 ans à partir de la date d'achat, correspondant à la durée de la garantie matérielle. Le produit s'oriente vers une utilisation domestique, il sera branché sur une prise terre sur le secteur à un voltage correspondant à celui de sa plaque signalétique. La machine fonctionnera en intérieur, à l'écart d'humidité ou de températures trop importantes.

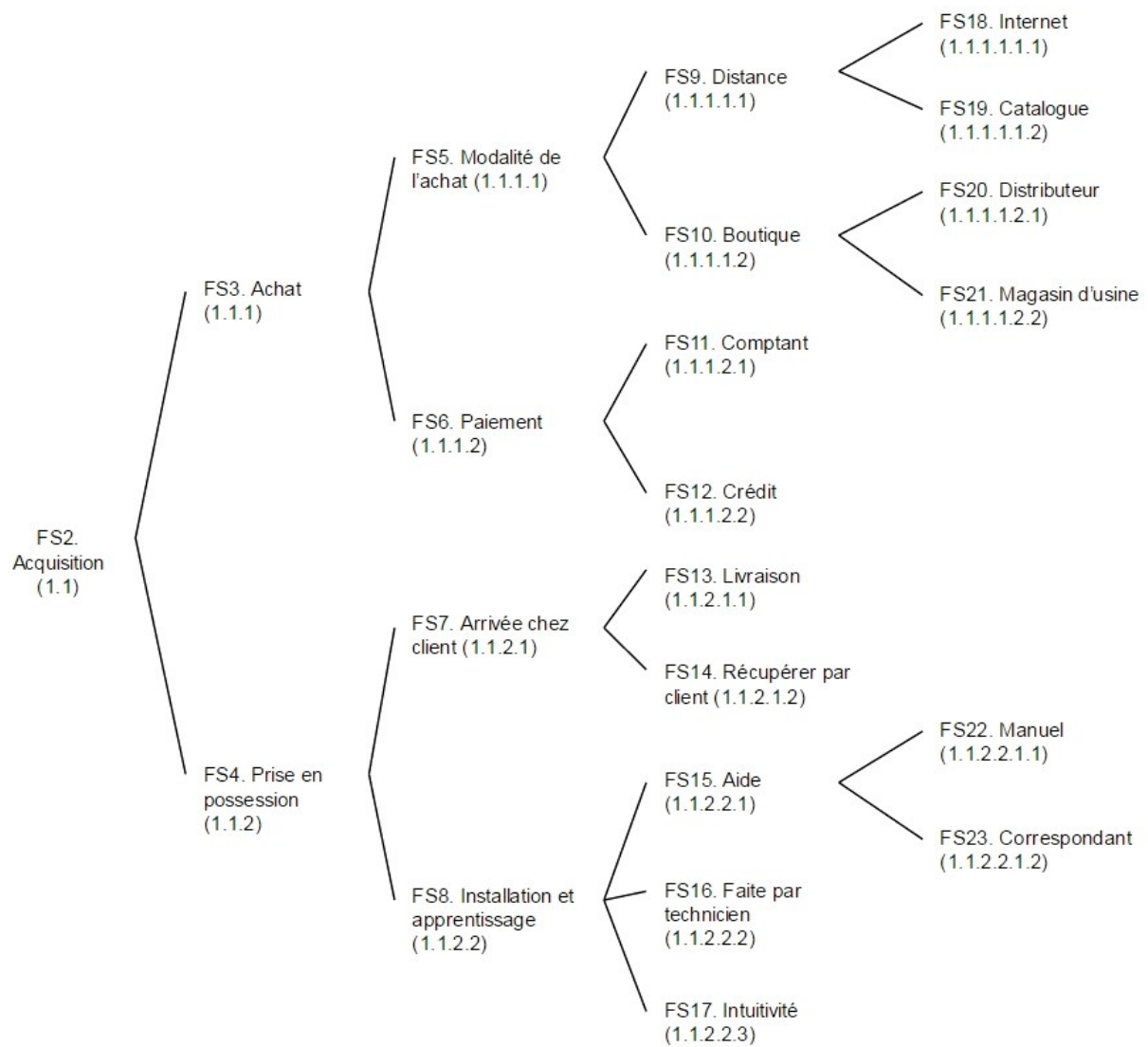
II. Arborescence fonctionnelle

L'arborescence cherche à déterminer l'ensemble des FS remplies par notre produit, ainsi le produit va constituer la base de l'arborescence à partir de laquelle les FS vont être de plus en plus spécifiques. Elle se constitue de FS en ces nœuds, regroupant plusieurs FS terminale (feuilles de l'arbre) qui sont caractérisable par un unique critère.

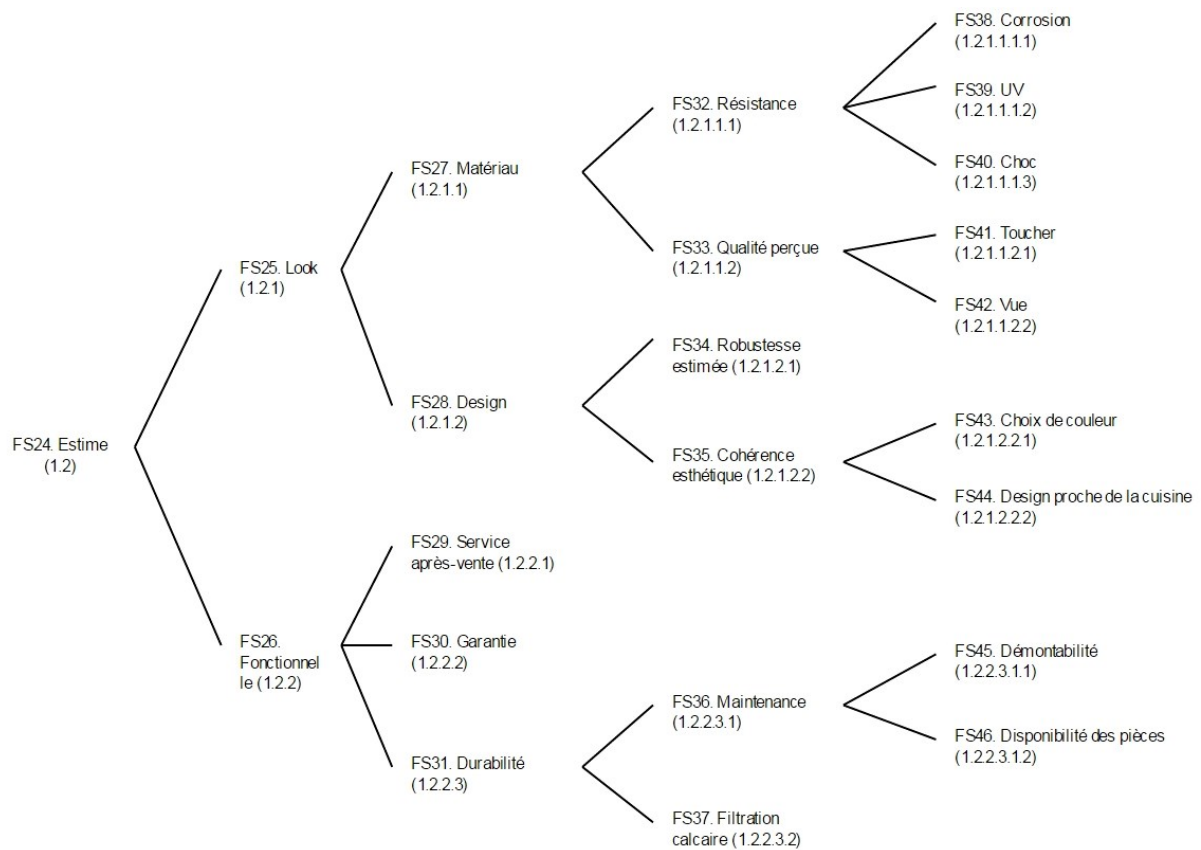
A. Produit



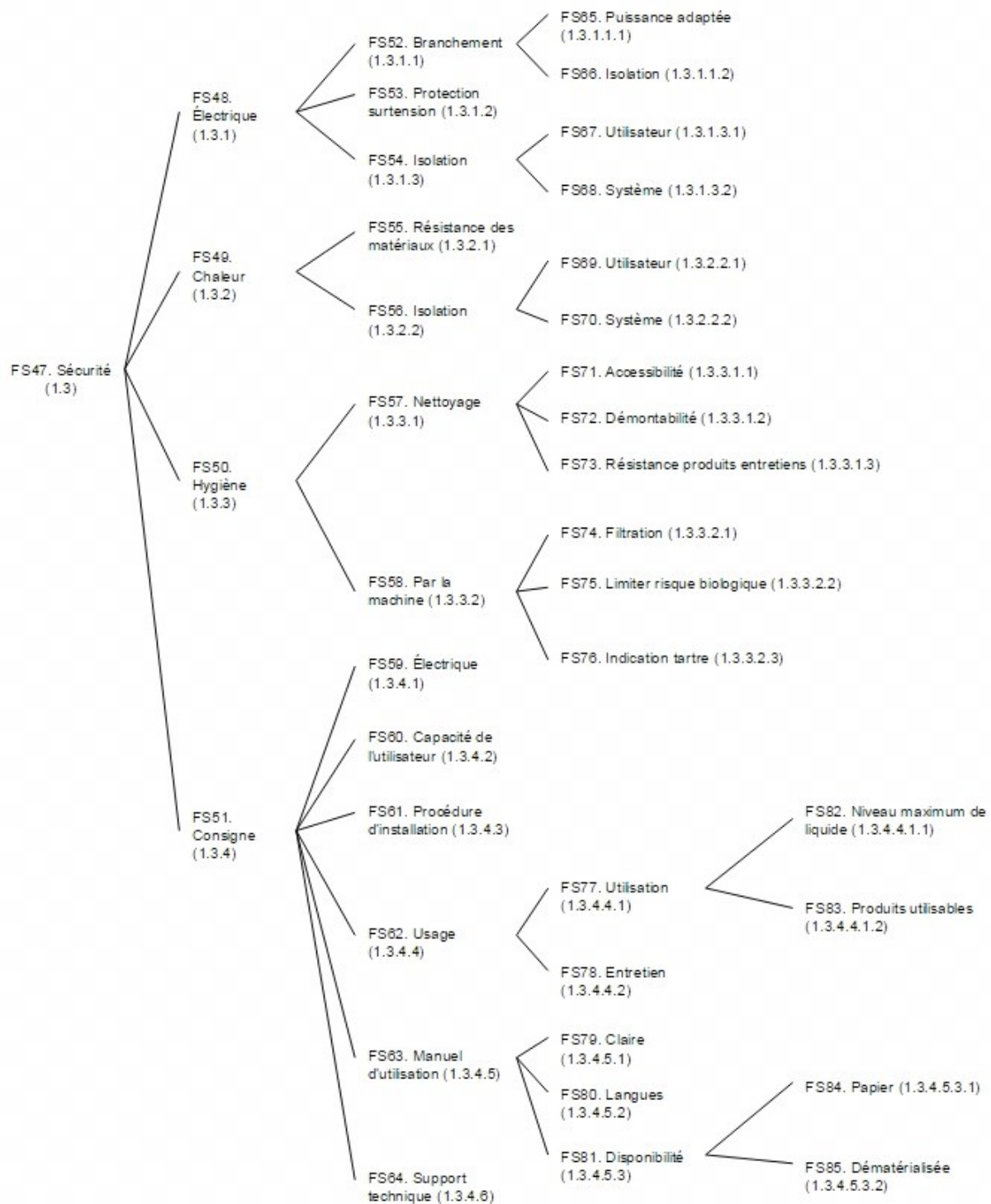
B. Acquisition (22 fonctions)



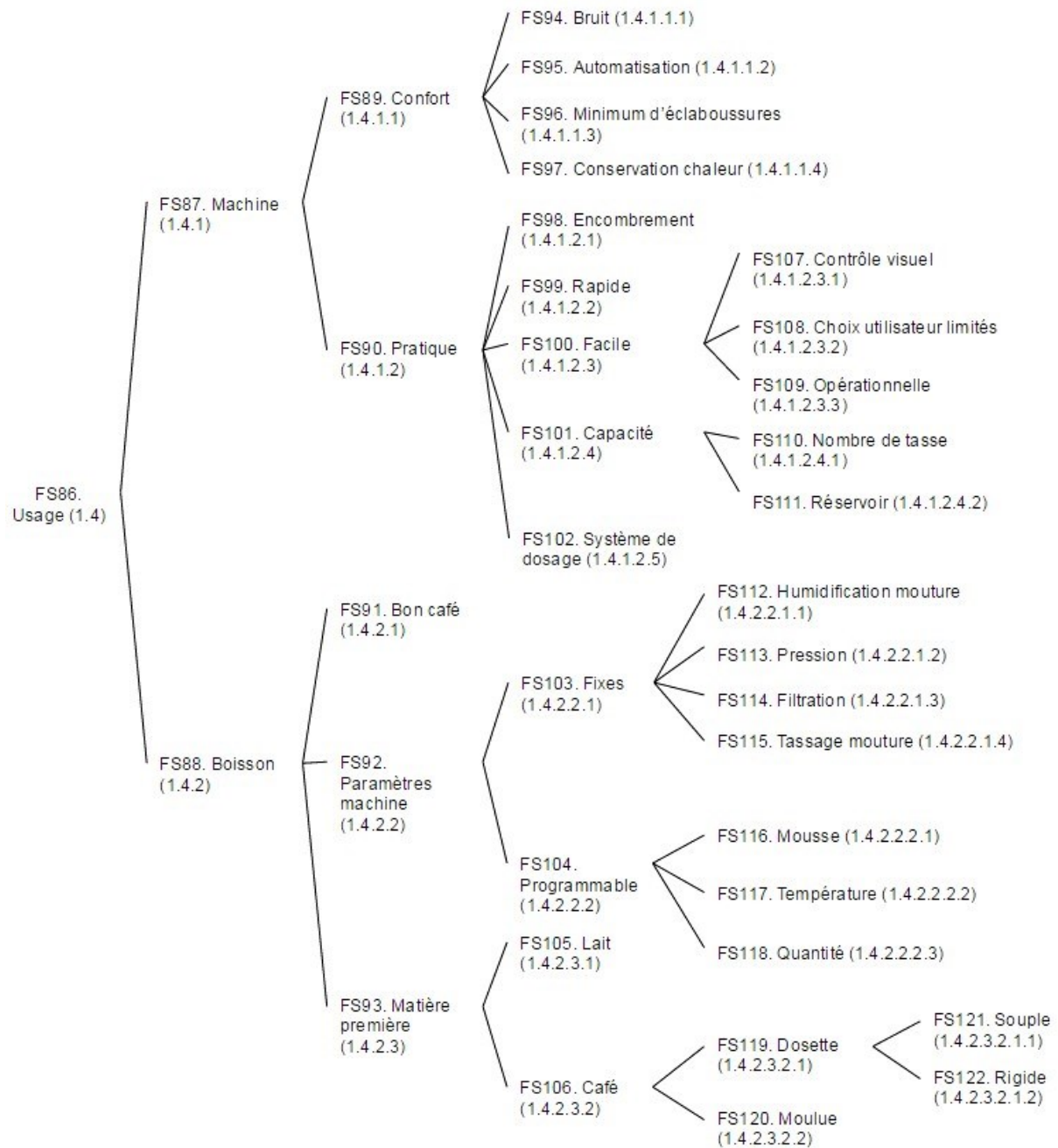
C. Estime (23 fonctions)



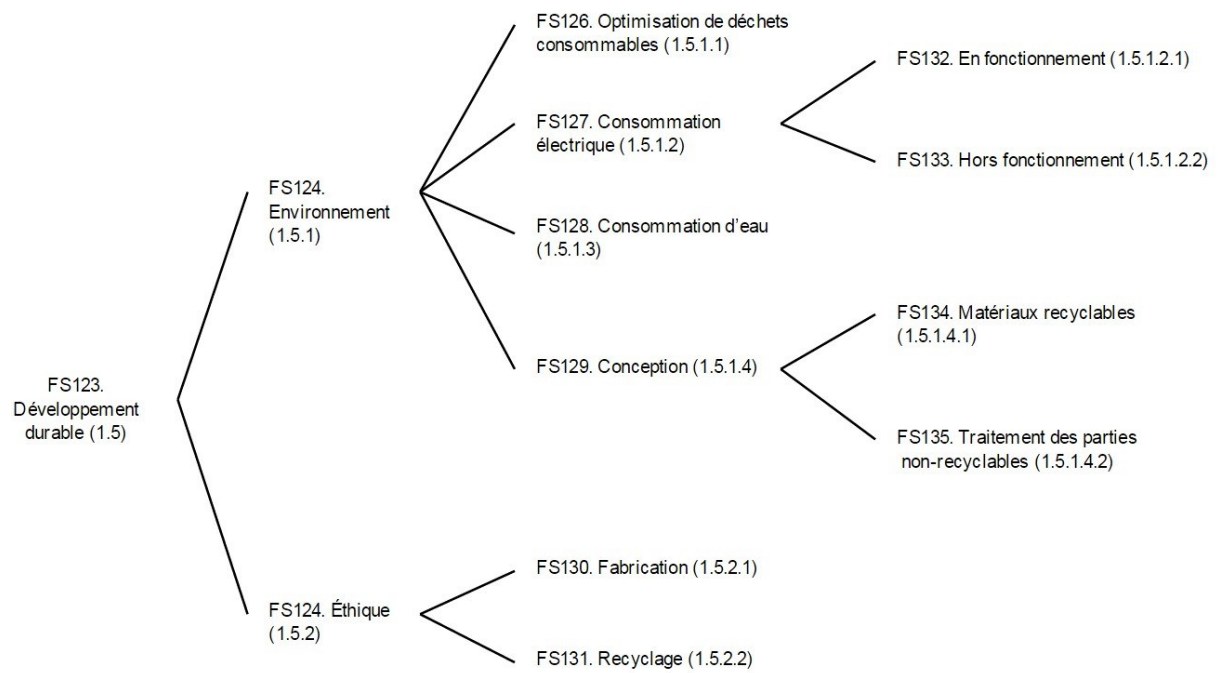
D. Sécurité (40 fonctions)



E. Usage (37 fonctions)



F. Développement durable (14 fonctions)



III. Tableau d'Analyse Fonctionnelle

A. Le tableau

ID physique	ID logique	Intitulé	Critère d'appréciation	Niveau d'appréciation	Limites d'acceptation	Tolérances aux mesures	Flexibilité	Taux d'échange
FS69	1.3.2.2.1	Isoler l'utilisateur de la chaleur	Température	40°C	+10°C	+/- 3°C	F0	
FS94	1.4.1.1.1	Faire peu de bruit	Niveau sonore	50dB	+ 6dB	+/- 2dB	F1	30€
FS80	1.3.4.5.2	Lire les consignes en plusieurs langues	Nombre de langue	5	+/- 1 langues	X	F3	5€
FS99	1.4.1.2.2	Faire la boisson vite	Temps	70s	+/- 20s	+/- 1s	F1	30€
FS42	1.2.1.1.2.2	Avoir une bonne qualité perçue visuelle	Note d'un panel de testeurs	17/20	+/- 1	X	F1	40€
FS18	1.1.1.1.1.1	Vendre sur de multiples sites internet	Nombre de site internet	8	+/- 2	X	F2	20€
FS134	1.5.1.4.1	Pouvoir recycler la machine	Proportion massique de matériaux recyclables	70%	+/- 5%	X	F3	15€
FS132	1.5.1.2.1	Consommation électrique en fonctionnement	Puissance électrique	1200W	+/- 200W	+/- 20W	F2	25€
FS70	1.3.1.1	Isoler les circuits électriques du système	Selon la norme NF C15-100 (Installations électriques à basse tension)					
FS75	1.3.3.2.2	Limiter les effets biologiques du circuit sur l'eau	Selon la norme XP P41-270 (Effet des matériaux sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine)					
FS125	1.5.2.1	Respecter une éthique	FS130 et FS131					
FS62	1.3.4.4	Avoir des consignes d'usage	FS77 et FS78					
FS101	1.4.1.2.4	Faire une quantité de boisson	FS110 et FS111					
FS92	1.4.2.1	Comment doit être fait le café	FS103 et FS104					

FS6	1.1.1.2	Acheter la machine	FS11 et FS12					
FS26	1.2.2	Maintenir en fonctionnement	FS29 et FS30 et FS31					
FS35	1.2.1.2.2	S'intégrer dans l'environnement stylistique	FS43 et FS44					
FS8	1.1.1.2	Installer et savoir se servir de la machine	FS15 et FS16 et FS17					
FS32	1.2.1.1.1	Résister à la vie quotidienne	FS38 et FS39 et FS40					
FS52	1.3.1.2	Brancher avec un câble sûr	FS65 et FS66					
FS78	1.3.3.1	Nettoyer la machine	FS71 et FS72 et FS73					
FS93	1.4.2.2	Utiliser des matières premières	FS105 et FS106					
FS100	1.4.1.2.3	Utiliser facilement la machine	FS107 et FS108 et FS109					
FS124	1.5.1	Respecter l'environnement	FS126 et FS127 et FS128 et FS129					
FS10	1.1.1.1.2	Acheter en boutique	FS20 et FS21					
FS7	1.1.2.1	Obtenir physiquement le produit	FS13 et FS14					
FS36	1.2.2.3.1	Réaliser des opérations de maintenance	FS45 et FS46					
FS49	1.3.2	Limiter l'impact des hautes températures	FS55 et FS56					
FS89	1.4.1.1	Apporter du confort au consommateur	FS94 et FS95 et FS96 et FS97					

B. Règle et conventions de métrologie

Dans le tableau d'analyse fonctionnelle, nous associons à chaque fonction :

- Un identifiant physique : nom donné arbitrairement à la fonction composée de lettres et d'un nombre
- Un identifiant logique : code composé de chiffres situant la fonction dans les arborescences
- Un intitulé : nom de la fonction
- Un critère d'appréciation : critère ou unité physique permettant de définir quantitativement les attentes du client pour la fonction
- Un niveau d'appréciation : niveau mesurable que l'on cherchera à atteindre sur le produit final
- Des limites d'acceptation : intervalle au-delà duquel le produit ne satisfait plus les attentes du client
- Une tolérance aux mesures : précision des mesures
- Une flexibilité : niveau indiquant l'importance de la fonction et du respect de ses limites d'acceptation
- Un taux d'échange : valeur qui pourrait être proposée au client si la fonction venait à ne pas être assurée

Il est à noter que seules les fonctions terminales peuvent être définies avec un critère d'acceptation, les fonctions non terminales renvoient ainsi à leurs fonctions filles.

C. Classe de flexibilité

Une classe de flexibilité peut être définie comme le degré d'importance de la réalisation d'une fonction, elle est donc associée à un taux d'échange. Ainsi nous avons considéré 4 classes :

- F0 : La fonction est indispensable : non échangeable
- F1 : Flexibilité faible : fort taux d'échange
- F2 : Flexibilité moyenne : taux d'échange moyen
- F3 : Forte flexibilité : taux d'échange faible

D. Cumul des limites

On s'intéresse au cumul des limites pour s'assurer de l'absence de dysfonctionnement du produit lors d'un fonctionnement **aux limites de plusieurs fonctions**. Bien que chaque composant possède une limite de fonctionnement bien définie, ceux-ci n'étant pas indépendant les uns des autres, il est nécessaire d'étudier leur cumul. Pour ce faire, un plan d'expérience est réalisé, permettant de connaître les interactions des différents composants et ainsi de s'intéresser aux cas limites.

On se doute bien qu'une machine consommant trop d'électricité et faisant quatre fois le bruit défini par le cahier des charges n'aura pas lieu d'être vendu au vu du positionnement du produit.

E. Cadre de réponse

Cette démarche permet de fournir une réponse à l'appel d'offre et s'organise sur différents critères.

- **Entreprise :**
 - Chiffre d'affaire, nombre d'employés, localisation
 - Secteur d'activité et derniers clients
 - Certifications, homologations et accréditations

- **Produit :**
 - Définition pour chaque fonction d'une solution technique
 - Respect des critères d'appréciation
 - Modalité de mesure et de contrôle de ces critères
 - Fiabilité des composants et cumul des limites
 - Perspective d'améliorations technologiques

- **Services**
 - Budget pour la réalisation du prototype
 - Prix par fonction
 - Conformité du produit aux normes
 - Conditionnement du produit
 - Respect des délais de livraison

IV. Conclusion

Etapes assez longues et fastidieuses, le cahier des charges revêt une importance capitale dans la conception d'un produit. Sa rigueur est souvent mise en défaut, or **meilleur il sera, plus proche nous serons de la qualité voulue pour notre produit.**

En définissant clairement des critères à respecter, on permet ainsi d'être certain d'avoir des composants qui correspondront à notre attente et de limiter les aller retours avec un fournisseur dus à un manque de donnée.

Sans un cahier des charges nette, on ne fait que remettre les choix à un tiers dont nous ne sommes finalement "qu'un client". Selon ses intérêts, il pourrait très bien arranger ses spécifications pour faire des économies, écouler un stock ou ne pas avoir à changer une méthode.

AMDEC

I. Résumé

Parmi les outils dont nous disposons en FQ01, l'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillances et de leur Criticité) se différencie en identifiant les imperfections de notre conception et son évolution dans le temps. De nos spécifications, il ne reste qu'un élément probabiliste : sa fiabilité. Il nécessite de bien connaître le produit et son utilisation afin de déterminer comment il pourrait ne plus répondre à ses spécifications et l'impact que cela pourrait avoir.

Le premier enjeu pour réaliser un bon AMDEC est de prévoir pour les composants, mais aussi pour les fonctions, quels seront les modes défaillances et leurs conséquences sur l'utilisation (effets finales), sur le produits (effets non finales) et la perte d'aptitude de la partie incriminée (défaillance).

On peut alors réfléchir aux causes de la défaillance et à partir de la connaissance du matériel utilisé, définir une probabilité qu'elle ait lieu ainsi que sa gravité. On établira ensuite des classes de criticité qui aideront à comprendre quels sont les éléments problématiques et comment les corriger ou les limiter.

Si ce n'était pas fait, on prendrait le risque de sortir un produit dangereux ou insuffisamment fiable. Telle négligence viendrait dans le meilleur des cas ternir l'image de l'entreprise et dans le pire engendrer des poursuites judiciaires.

Afin d'éviter de telles déconvenues, on essaiera de traiter les causes de ces défaillances afin d'en limiter la criticité. Si on juge que la solution ou barrière de sécurité (BS) s'intègre à notre produit et à son cahier des charges, on pourra décider de l'ajouter à la configuration de référence.

Cet outil ne peut toutefois **pas prévenir l'ensemble des défaillances de notre machine à café** étant donné l'infinité de situations possibles et les interactions amènent encore plus de mode de défaillance. L'AMDEC se limitera donc à l'étude de la fonction et du composant pris à part. Les seuls liens qui sont faits avec le reste de la machine concernent les conséquences de la défaillance.

II. Identification des classes de criticité et des positions d'utilisations

A. Classe de criticité

Afin de s'assurer de la nécessité d'une barrière de sécurité (solution préventive ou corrective), il faut définir des seuils permettant de prendre une décision. Ces seuils sont définis grâce à la criticité.

$$C = P \times G$$

Donné par le produit d'une probabilité et d'une gravité, cet indicateur demande de réfléchir à des classes de gravité et de probabilité de défaillance liées au produit, son utilisation et celui qui le manipule.

– Les classes de gravité

Classe de gravité	Effet de la défaillance
1	Légère incidence à l'utilisation
2	Gêne pour l'utilisation ou Nécessité de changer une pièce
3	Fonctionnement très dégradé ou nul ou Risque de blessures bénignes
4	Risque de blessures ou Changement de machine
5	Risque de dommages corporels handicapant ou Dégât matériel important

Nous considérons que pour la classe 2, **la machine peut au moins faire le café.**

– Les classes de probabilité

Classe de probabilité	Occurrence de la défaillance
1	Une fois tous les cinq ans
2	Une fois tous les deux ans
3	Une fois tous les ans
4	Un fois tous les six mois
5	Une fois par mois

On utilise une échelle temporelle pour cette machine pour plusieurs raisons :

- Elle sera certainement utilisée quotidiennement
- Même si elle ne fonctionne pas, elle sera toujours branchée
- Elle sera exposée en permanence dans un environnement de cuisine
- On doit pouvoir s'assurer qu'elle convient aussi bien à un petit consommateur de café qu'à un grand amateur de cette boisson.

Après discussion, nous sommes partis sur le principe que la machine est testée pour 3 cafés par jour.

– Les classes de criticité

Classes		Gravité				
		1	2	3	4	5
Probabilité	1	1	2	3	4	5
	2	2	4	6	8	10
	3	3	6	9	12	15
	4	4	8	12	16	20
	5	5	10	15	20	25

B. Positions d'utilisation

Nous avons défini trois positions d'utilisation :

- Fonctionnement
- Maintenance
- Nettoyage

On considérera que Fonctionnement correspond aussi aux périodes de non utilisation de l'appareil à partir du moment que celui-ci est branché.

III. AMDEC

A. Fonctions techniques

Fonction	Position d'utilisation	Mode de défaillance ou symptôme	Défaillance	Effets		Causes		Criticité avant traitement			Moyens de détection	Barrières /solutions	Criticité après traitement			Conclusions
				Non finales (composants intermédiaires impactés)	Finales sur le matériel (système ou produit)	Internes/ endogènes	externes	P	G	C			P	G	C	
Filtration du café	Fonctionnement	Café trop claire	Filtration trop importante	Création d'un bouchon Hygiène interne compromise	Café peu intense, trop claire Non écoulement du café	Filtere bouché ou encrassé	Entretien insuffisant Mauvais filtre				Visuel et gustatif + Sonde de dosage	Information : "besoin d'entretien"				L'apport d'une sonde pour vérifier la concentration ajoute un élément fiable (intervalle, bonne concentration) pour un coût potentiellement élevé. Cette solution ne sera pas retenue, on indiquera dans le manuel qu'il est conseillé de changer le filtre.
		Café avec présence de résidus	Absence ou faiblesse de filtration	Risque de boucher la buse Encrassage	Café trop fort Présence de résidus Non écoulement du café	Surpression Filtre percé	Mauvaise mise en position Mauvais filtre	4	2	8	Visuel et gustatif Sonde de dosage	Information : "besoin d'entretien"	5	1	5	L'apport d'une sonde pour vérifier la concentration ajoute un élément fiable (intervalle, bonne concentration) pour un coût potentiellement élevé. Cette solution ne sera pas retenue, on indiquera dans le manuel qu'il est conseillé de changer le filtre.
Isolation thermique	Fonctionnement	Carter à température trop élevée	Isolation insuffisante	Altération du carter	Risque de brûlure	Surchauffe d'un composant	Empoussiérée Carter manquant Température extérieure élevée				Toucher + Thermistance	Arrêt du système + Mode défaut				Le carter devant être bien conçu, le risque est très limité aussi ajouter une thermistance sur le carter qui pourrait être faussée si la machine est en plein soleil.
		Odeur de brûlé Présence de fumée	Surchauffe d'un élément	Dégradation des composants à proximité	Dégagement de gaz toxique Risque de brûlure et de départ de feu Dysfonctionnement générale	Surchauffe d'un composant	Empoussiérée Contact avec un corps inflammable Température extérieure très élevée	1	4	4	Visuel + Thermistance	Arrêt du système + Information "besoin d'entretien"	1	3	3	Si une température anormalement élevée est détectée à proximité du la thermistance, l'intégrité de la machine risque d'être compromise et causer des dégâts matériels et corporels. On ajoutera ce dispositif.

Fonction	Position d'utilisation	Mode de défaillance ou symptôme	Défaillance	Effets		Causes		Criticité avant traitement			Moyens de détection	Barrières /solutions	Criticité après traitement			Conclusions	
				Non finales (composants intermédiaires impacts) effet matériel	Finales sur le matériel (système ou produit)	Interne/ endogènes	externes	P	G	C			P	G	C		
Programmation de la machine	Fonctionnement	Pas de fonctionnement	Erreur du programme des boutons Problème électronique	---	Non fonctionnement	Court-circuit Bug	Mauvaise manipulation	2	3	6	Visuel + Protocole de test interne	Réinitialisation automatique + Mode défaut si persistant	1	3	3	Si la machine ne répond plus du tout aux injonctions du consommateur, on la bloquera pour ne pas qu'il sorte des frontières des bonnes conditions d'utilisation.	
		Blocage des paramètres	Erreur du programme des boutons	---	Non obtention du café attendu	Court-circuit Dysfonctionnement des boutons Bug	Mauvaise manipulation Corps étranger bloquant le bouton		3	3	9	Comparateur entrées utilisateurs / sorties	Réinitialisation automatique + Basculer sur les modes médians pour du café si persistant	1	2	2	Si les requêtes de l'utilisateur ne correspondent plus à ce que la machine fait, on laisse la possibilité à l'utilisateur de faire un café "normal". Plutôt que d'ajouter un système de comparaison, on fera en sorte que la machine réinitialisée fasse ce café. Ce sera donc à l'utilisateur de réinitialiser et on lui indiquera dans le manuel.
		Fonctionnement retardé ou avancé	Erreur du programme	---	Non obtention du café attendu	Bug	Mauvaise manipulation		3	3	9	Protocole de test interne	Réinitialisation automatique + Basculer sur les modes médians pour du café si persistant	1	2	2	Si une latence apparaît dans les requêtes de l'utilisateur, mieux vaut ne plus lui laisser la main sur les réglages pour ne pas le frustrer. Plutôt qu'automatique, ce sera à lui de réinitialiser car la détection de ce problème n'est pas aisée.
Contrôle visuel	Fonctionnement Nettoyage Maintenance	Les leds ne s'allument plus	Diodes en panne Problème électronique	---	Perte de l'information, de contrôle	Leds HS Bug Court circuit	Cassée par un choc	4	2	8	Visuel + Capteur de courant pour chaque LED	Information sonore pour valider les actions utilisateurs	4	1	4	Il est difficile d'informer l'utilisateur d'un dysfonctionnement concernant l'interface qu'il a avec elle. Pour autant, l'ajout d'un capteur pour chacune des leds n'est pas une forcément nécessaire si on lie ajoute un dispositif sonore à la cafetière pour les actions de l'utilisateur. Cela restera un gêne, mais l'utilisateur est sûr que sa machine fonctionne encore.	
		Les leds restent allumées	Problème électronique	---	Perte de l'information, de contrôle	Bug			1	3	3	Visuel + Protocole de test	Réinitialisation automatique + Mode défaut si persistant	1	2	2	Ce problème a une plus grande probabilité d'être dû à un problème interne nécessitant une intervention. On empêchera donc que l'utilisateur utilise sa machine.
		Jauge d'eau bloquée	Flotteur coincé	---	Perte de l'information		Bloqué par le calcaire		2	1	2	Visuel + Capteur laser	Pompe	2	1	2	On considère que l'utilisateur devra remarquer que le flotteur ne bouge pas. Rajouter un système pour le débloquent et détecter qu'il ne bouge pas n'est pas des plus pertinents d'autant qu'il suffit d'observer la hauteur de la colonne d'eau si cela arrivait.

B. Composants

Fonction	Position d'utilisation	Mode de défaillance ou symptôme	Défaillance	Effets		Causes		Criticité avant traitement			Moyens de détection	Barrières /solutions	Criticité après traitement			Conclusions
				Non finales (composants intermédiaires impactés) effet matériel	Finales sur le matériel (système ou produit)	Internes/ endogènes	externes	P	G	C			P	G	C	
Pompe	Fonctionnement	Pompe bryante	Pas d'eau pompé	Endommagement de la pompe	Pas de café obtenu	Alimentation de la pompe bouchée	Manque d'eau				Détection auditive + capteur de pression	Couper l'alimentation + information "machine en défaut"				Si la pompe tourne à vide, elle risque de s'abîmer et de casser. L'utilisateur devra juste réinitialiser sa machine s'il avait oublié de remettre de l'eau.
		Pas de pompage	Panne de la pompe	Risque de surchauffe	Pas de café obtenu	Pas d'alimentation électrique, court-circuit					Captur de débit	Couper l'alimentation + Mode défaut				Si la pompe ne tourne pas, la machine n'est pas utilisable. Il ne sert donc à rien que l'utilisateur s'acharne dessus. On empêchera le fonctionnement général pour éviter une manipulation dangereuse de l'utilisateur.
		Fuite ou éclaboussure	Problème d'alimentation de la pompe	Endommagement des circuits électriques / du circuit d'eau / de la pompe	Risque de panne Eclaboussures	Mauvaise alimentation électrique		1	4	4	Captur de pression	Couper l'alimentation + Mode défaut	1	3	3	S'il y a une surpression, ou une fuite dans les conduits, on met l'utilisateur en danger et on risque d'abîmer la machine. Ce dispositif de sécurité est impératif.
Thermo-résistance	Fonctionnement	Café froid	Ne chauffe pas assez	---	Café froid	Mauvais réglage de la température					Thermistance	Ajustement de la puissance				L'utilisateur pouvant régler sa température, il s'attendra à ce que son réglage soit respecté. Toutefois le réglage permet aussi de compenser une perte d'efficacité de la chauffe. On estimera que la gêne est minime.
		Carter trop chaud	Chauffe trop	---	Café brûlé	Mauvais réglage de la température	Environnement inadapte				Thermistance	Ajustement de la puissance				Si sur un réglage de température, le café devait être brûlé, le consommateur risque d'avoir un mauvais avis sur sa machine. On définira par plan d'expérience une température à ne pas dépasser pour conserver les qualités gustative d'un café et en réguler la chauffe.
		Café brûlé			Risque de panne	Problème d'isolation		2	2	4			1	2	2	
		Odeur de brûlé	Surchauffe d'un élément	Dégradation des composants à proximité	Dégagement de gaz toxique	Mauvais réglage de la température	Empoussiérée	2	3	6	Thermistance	Arrêt du système + Mode défaut	1	2	2	Eviter un départ de feu reveil d'une importance capitale pour protéger l'utilisateur. Cette thermistance limitera le risque tant que son fonctionnement est assuré.
		Présence de fumée	Chauffe trop		Risque de brûlure et de départ de feu	Problème d'isolation	Mauvaise manipulation	2	5	10			2	3	6	

Fonction	Position d'utilisation	Mode de défaillance ou symptôme	Défaillance	Effets		causes		criticité avant traitement			Moyens de détection	Barrières /solutions	Criticité après traitement			Conclusions
				Non finales (composants intermédiaires impactés) effet matériel	Finales sur le matériel (système ou produit)	Internes/ endogènes	externes	P	G	C			P	G	C	
Carte électronique	Fonctionnement Nettoyage Maintenance	Informations visuelles erronées	Erreur du programme Problème électronique	Fonctionnement des diodes incohérents	Perte de l'information, de contrôle	Bug Court-circuit	Mauvaise manipulation	2	2	4	Comparateur entrées utilisateurs / affichage	Réinitialisation automatique + Extinction des leds si persistant + Information sonore pour valider les actions utilisateurs	1	1	1	Pour ne pas induire l'utilisateur en erreur, on enlèvera l'information erronée. Toutefois se contenter d'ajouter un signal sonore pour les actions de l'utilisateur en général rendra moins cher. On partira sur cette dernière solution.
		Non-respect des paramètres d'usine	Erreur du programme Problème électronique	Paramètre hors limites d'utilisation	Non obtention du café attendu Risque de panne	Bug Court-circuit	Mauvaise manipulation	2	5	10	Comparateur paramètres d'usine / sorties persistant	Réinitialisation + Mode défaut si persistant	1	3	3	Si la machine sort de ces paramètres, il y a un risque que les spec ne soient plus suffisante pour assurer un bon fonctionnement. Il vaut mieux arrêter la machine plutôt que de la rendre dangereuse.
		Non fonctionnement d'alimentation de la machine électronique	Problème d'alimentation électrique Problème électronique	Endommagement du circuit électrique	Pas de café obtenu	Bug Court-circuit	Mauvaise manipulation	2	5	10	Capteur de courant dans l'alimentation	Disjoncter l'alimentation	2	3	6	En cas de problème de court-circuit, on doit être sûr que l'utilisateur ne court aucun risque à manipuler la machine. Un disjoncteur sera donc bien intégré.
Percolateur	Fonctionnement	Coût de café inhabituel	Problème de filtration	---	Non obtention du café attendue	Filtre endommagé	Mauvais entretien	4	2	8	Gustatif + Sonde pH	Information : "besoin d'entretien"	4	1	4	Plutôt que de devoir rajouter un capteur, on préférera indiquer à l'utilisateur dans le manuel une fréquence de nettoyage à respecter.
		Pas de débit de café	Percolateur bouché	Création d'un bouchon Hygiène compromise	Pas de café obtenu	Filtre bouché/encrassé	Entretien insuffisant	3	3	9	Visuel + Débitmètre	Information : "besoin d'entretien"	3	1	3	On utilisera les capteurs de la pompe pour détecter la présence d'un bouchon (et donc d'une surpression) permettant ainsi de ne pas avoir encore plus d'électronique. Une fréquence de nettoyage sera donnée dans le manuel.

IV. Conclusion

Avec l'AMDEC, nous avons pu nous rendre compte de tout l'intérêt d'une méthode inductive quand les défaillances sont connues. Ici, nous avons directement choisi les fonctions et composants pour lesquels nous pouvions facilement deviner les modes de défaillances, mais il ne fait aucun doute **qu'une majorité des risques pourrait être évitée** avant même les premiers essais sur prototype s'il était fait sur la machine complète.

On peut y voir un bon moyen d'améliorer la configuration de référence pour optimiser l'utilisation des barrières de sécurité. Comme on le voit dans notre AMDEC, des dispositifs comme le capteur de pression, par exemple, peuvent aussi bien servir à diminuer les risques entourant cette dernière qu'à détecter la présence d'un bouchon. Avec une conception bien pensée et un SQUIZZ sur les BS, nous pouvons réussir à limiter le nombre de barrières nécessaires quitte à ajouter des modes de défaillance communs.

En effet, en plus d'augmenter les coûts, l'ajout des barrières de sécurité, majoritairement électroniques dans nos exemples, augmente le nombre d'organes faillibles.

Par la suite, on peut aussi se poser la question de savoir s'il vaut mieux investir dans un composant avec une plus grande fiabilité ou ajouter une barrière de sécurité en adaptant les classes de criticité dans l'AMDEC pour vérifier que l'on entre dans les critères d'acceptabilité.

Il peut donc nous servir à **redéfinir certaines spécifications insuffisantes** et en indiquer de nouvelles pour certaines fonctions techniques.

L'AMDEC nous permet aussi de voir que les éléments électroniques sont sans doute les plus compliqués à traiter alors même que nous avons une machine qui finira sans doute installée dans une cuisine, soit **l'un des environnements les plus hostiles aux systèmes électriques dans une maison**.

Cela montre une certaine limite de l'AMDEC car en partant des symptômes, les effets de l'eau, des vapeurs ou de la chaleur sur notre produit ne font plus partie que d'une liste de causes possibles alors qu'il s'agit de la source de panne la plus probable ne serait-ce que par une maladresse de l'utilisateur.

Les plans d'expériences, sujet du prochain TD, nous ouvrirons la possibilité de juger des interactions de différents paramètres qui rendront possiblement une défaillance moins fréquente ou sa gravité moins importante ou au contraire rehausseront leurs classes.

Analysant des composants et des fonctions du QFD et entrant en synergie avec d'autres outils, l'AMDEC doit donc être considéré comme partie d'un tout qui permet finalement d'arriver à un meilleur produit tout en maîtrisant étapes de conception.

Nomenclature

ID Physique	Intitulé	ID logique	ID Physique	Intitulé	ID logique	ID Physique	Intitulé
FS1	Produit	1	FS68	Système	1.3.1.3.2	FT1	Isoler le système
FS2	Acquisition	1.1	FS69	Utilisateur	1.3.2.2.1	FT2	Contenir le café
FS3	Achat	1.1.1	FS70	Système	1.3.2.2.2	FT3	Source de pression
FS4	Prise en possession	1.1.2	FS71	Accessibilité	1.3.3.1.1	FT4	Positionner la tasse
FS5	Modalité de l'achat	1.1.1.1	FS72	Démontabilité	1.3.3.1.2	FT5	Contenir l'eau
FS6	Païement	1.1.1.2	FS73	Résistance produits d'entretien	1.3.3.1.3	FT6	Sélectionner les options
FS7	Arrivée chez le client	1.1.2.1	FS74	Filtration	1.3.3.2.1	FT7	Mettre en oeuvre les options
FS8	Initiation et apprentissage	1.1.2.2	FS75	Limiter risque biologique	1.3.3.2.2	FT8	Contrôle de température
FS9	Distance	1.1.1.1.1	FS76	Indication tartre	1.3.3.2.3	FT9	Faire couler le café
FS10	Boutique	1.1.1.1.2	FS77	Utilisation	1.3.4.4.1	FT10	Chauffer l'eau
FS11	Comptant	1.1.1.2.1	FS78	Entretien	1.3.4.4.2	FT11	Chauffer la tasse
FS12	Crédit	1.1.1.2.2	FS79	Claire	1.3.4.5.1	FT12	Contrôler le dosage de l'eau
FS13	Livraison	1.1.2.1.1	FS80	Langues	1.3.4.5.2	FT13	Filter l'eau
FS14	Récupérer par le client	1.1.2.1.2	FS81	Disponibilité	1.3.4.5.3	FT14	Doser le café
FS15	Aide	1.1.2.2.1	FS82	Niveau minimal de liquide	1.3.4.4.1.1		
FS16	Faite par technicien	1.1.2.2.2	FS83	Produits utilisables	1.3.4.4.1.2	C1	Carter
FS17	Intuitivité	1.1.2.2.3	FS84	Papier	1.3.4.5.3.1	C2	Percolateur
FS18	Internet	1.1.1.1.1.1	FS85	Dématérialisée	1.3.4.5.3.2	C3	Pompe électrique
FS19	Catalogue	1.1.1.1.1.2	FS86	Usage	1.4	C4	Repose tasse
FS20	Distributeur	1.1.1.1.2.1	FS87	Machine	1.4.1	C5	Réservoir
FS21	Magasin d'usine	1.1.1.1.2.2	FS88	Boisson	1.4.2	C6	Ecran et boutons
FS22	Manuel	1.1.2.2.1.1	FS89	Confort	1.4.1.1	C7	Carte électronique
FS23	Correspondant	1.1.2.2.1.2	FS90	Pratique	1.4.1.2	C8	Thermo-résistance
FS24	Estime	1.2	FS91	Bon café	1.4.2.1	C9	Buse
FS25	Look	1.2.1	FS92	Paramètres machine	1.4.2.2	C10	Résistance
FS26	Fonctionnelle	1.2.2	FS93	Matériau première	1.4.2.3	C11	Résistance électrique
FS27	Matériau	1.2.1.1	FS94	Bruit	1.4.1.1.1	C12	Débitmètre
FS28	Design	1.2.1.2	FS95	Automatisation	1.4.1.1.2	C13	Filtre actif
FS29	Service après-vente	1.2.2.1	FS96	Minimum d'éclaboussure	1.4.1.1.3	C14	Doseur
FS30	Garantie	1.2.2.2	FS97	Conservation chaleur	1.4.1.1.4		
FS31	Durabilité	1.2.2.3	FS98	Encombrement	1.4.1.2.1		
FS32	Résistance	1.2.1.1.1	FS99	Rapide	1.4.1.2.2		
FS33	Qualité perçue	1.2.1.1.2	FS100	Facile	1.4.1.2.3		
FS34	Robustesse estimée	1.2.1.2.1	FS101	Capacité	1.4.1.2.4		
FS35	Cohérence esthétique	1.2.1.2.2	FS102	Système de dosage	1.4.1.2.5		
FS36	Maintenance	1.2.2.3.1	FS103	Fixes	1.4.2.2.1		
FS37	Filtration calcaire	1.2.2.3.2	FS104	Programmables	1.4.2.2.2		
FS38	Corrosion	1.2.1.1.1.1	FS105	Lait	1.4.2.3.1		
FS39	UV	1.2.1.1.1.2	FS106	Café	1.4.2.3.2		
FS40	Choc	1.2.1.1.1.3	FS107	Contrôle visuel	1.4.1.2.3.1		
FS41	Toucher	1.2.1.1.2.1	FS108	Choix utilisateurs limités	1.4.1.2.3.2		
FS42	Vue	1.2.1.1.2.2	FS109	Opérationnelles	1.4.1.2.3.3		
FS43	Choix de couleur	1.2.1.2.2.1	FS110	Nombre de tasse	1.4.1.2.4.1		
FS44	Design proche de la cuisine	1.2.1.2.2.2	FS111	Réservoir	1.4.1.2.4.2		
FS45	Démontabilité	1.2.2.3.1.1	FS112	Humidification mouture	1.4.2.2.1.1		
FS46	Disponibilité des pièces	1.2.2.3.1.2	FS113	Pression	1.4.2.2.1.2		
FS47	Sécurité	1.3	FS114	Filtration	1.4.2.2.1.3		
FS48	Electrique	1.3.1	FS115	Tassage mouture	1.4.2.2.1.4		
FS49	Chaleur	1.3.2	FS116	Mousse	1.4.2.2.2.1		
FS50	Hygiène	1.3.3	FS117	Température	1.4.2.2.2.2		
FS51	Consigne	1.3.4	FS118	Quantité	1.4.2.2.2.3		
FS52	Branchement	1.3.1.1	FS119	Dosette	1.4.2.3.2.1		
FS53	Protection surtension	1.3.1.2	FS120	Moulue	1.4.2.3.2.2		
FS54	Isolation	1.3.1.3	FS121	Souple	1.4.2.3.2.1.1		
FS55	Résistance des matériaux	1.3.2.1	FS122	Rigide	1.4.2.3.2.1.2		
FS56	Isolation	1.3.2.2	FS123	Développement durable	1.5		
FS57	Nettoyage	1.3.3.1	FS124	Environnement	1.5.1		
FS58	Par la machine	1.3.3.2	FS125	Ethique	1.5.2		
FS59	Electrique	1.3.4.1	FS126	Optimisation de déchets consommable	1.5.1.1		
FS60	Capacité de l'utilisateur	1.3.4.2	FS127	Consommation électrique	1.5.1.2		
FS61	Procédure d'installation	1.3.4.3	FS128	Consommation d'eau	1.5.1.3		
FS62	Usage	1.3.4.4	FS129	Conception	1.5.1.4		
FS63	Manuel d'utilisation	1.3.4.5	FS130	Fabrication	1.5.2.1		
FS64	Support technique	1.3.4.6	FS131	Recyclage	1.5.2.2		
FS65	Puissance adaptée	1.3.1.1.1	FS132	En fonctionnement	1.5.1.2.1		
FS66	Isolation	1.3.1.1.2	FS133	Hors fonctionnement	1.5.1.2.2		
FS67	Utilisateur	1.3.1.3.1	FS134	Matériaux recyclables	1.5.1.4.1		
			FS135	Traitement des parties non recyclables	1.5.1.4.2		

Recueil de TD Partie B**LA MACHINE A EXPRESSO SEBNEX**

Groupe 24	
Barral	Antoine
Gras	Quentin
Mier	Alicia
Ozenne	François
Rafei	Abdallah

Table des matières

PROCESSUS	4
I. Introduction	4
II. Méthodologie et cartographie	5
A. Méthodologie	5
B. Cartographie	5
III. Processus	6
A. Processus PD03 : Amélioration Continue	6
B. Processus PR02 : Production	8
C. Processus PS04 : Achats	11
D. Choix des processus clés	13
IV. Conclusion	14

PROCESSUS

I. Introduction

Un processus est défini comme l'ensemble d'activités corrélées ou interactives qui transforment des éléments d'entrée en éléments de sortie. Ces moyens peuvent inclure le personnel, les finances, les installations, les équipements, les techniques et méthodes, entre autres.

La classification des processus identifie les principales activités de gestion d'une entreprise. Elle sert à définir les facteurs de performance, à structurer les pratiques de gestion, les indicateurs de performance, les coûts par activité et l'évaluation de la performance. Elle peut aussi servir à classifier les projets et les budgets.

L'approche processus nous permet de faire la classification en trois grands groupes :

- **Processus de direction :**
Appelés aussi processus de pilotage, ils sont placés sous la responsabilité du dirigeant qui fixe les objectifs et déploie les ressources nécessaires. Ils permettent de conduire l'organisme, d'améliorer les dispositifs mis en œuvre, de vérifier la cohérence des décisions prises vis-à-vis des objectifs poursuivis et d'anticiper. La donnée de sortie est la décision.
- **Processus de réalisation :**
Ces processus contribuent directement à la réalisation du produit ou service depuis la détection du besoin jusqu'à l'évaluation de la satisfaction du client. La donnée de sortie est le produit ou le service.
- **Processus de support :**
Contribution à la disponibilité des moyens nécessaires aux processus de réalisation. La donnée de sortie est la ressource.

Les processus sont pilotés par différents acteurs (collaborateurs, groupes, organisations...). Le dirigeant intervient au niveau du processus de direction. Les responsables de services et les subordonnés interviennent au niveau des processus de réalisation et de support.

II. Méthodologie et cartographie

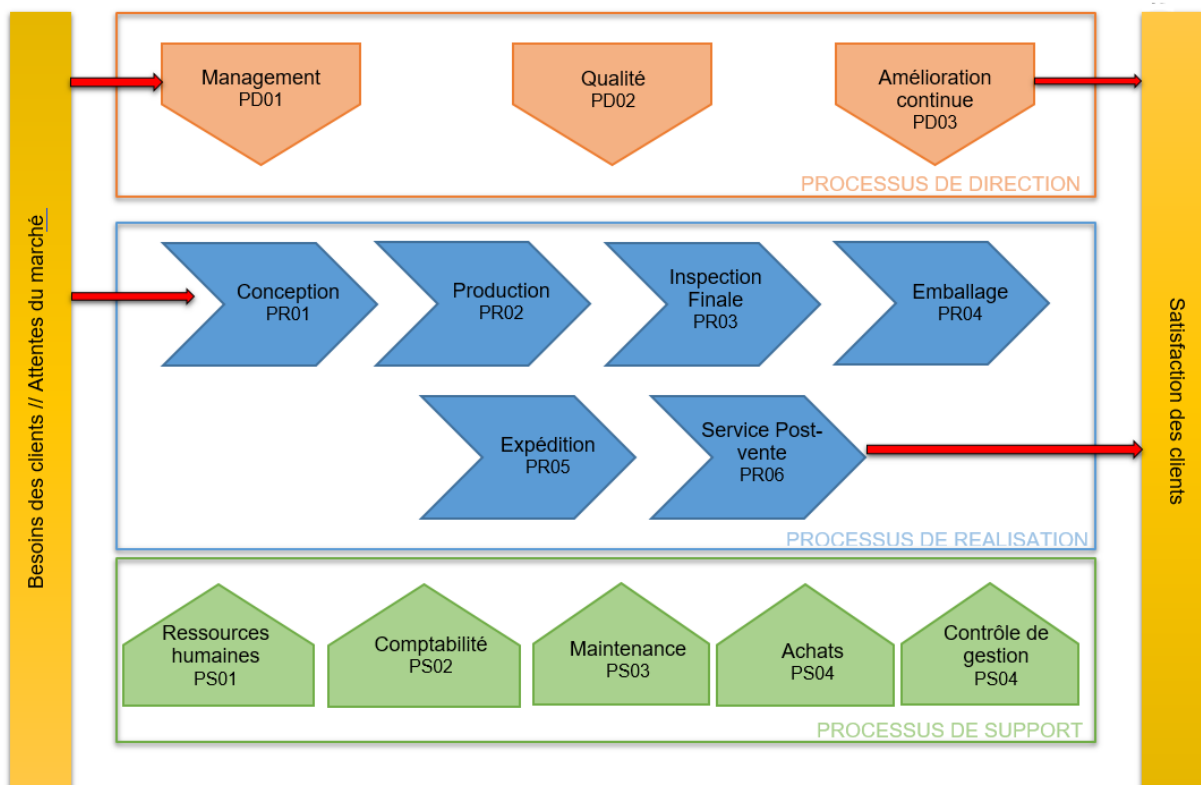
A. Méthodologie

L'approche processus désigne l'application d'un système de processus au sein d'un organisme, ainsi que l'identification, les interactions, le pilotage et le management de ces processus.

Lors de ce TD on a appliqué l'approche processus pour l'entreprise SEBNEX. Les principales étapes suivies étaient :

- Identification et classification des processus
 - Réalisation d'une sélection de processus et activités qui participent à une finalité commune (la réalisation du produit)
 - Classification des processus : Direction, Réalisation et Support
 - Réalisation de la cartographie de processus : représentation des liens existants entre les différents processus de l'organisme.
- Formalisation et Description de chaque processus
 - Choix des processus clés : ce sont des processus qui appartiennent à l'une des catégories précédentes, mais dont la maîtrise est vitale pour l'organisme.
 - Caractérisation de chaque processus clé : entrée, sortie, activités, ressources, etc.
 - Réalisation d'une fiche processus
 - Évaluation des risques

B. Cartographie



III. Processus

A. Processus PD03 : Amélioration Continue

Processus	Pilote du processus :
Objectifs du processus	Augmenter la performance interne et la satisfaction des clients.
Indicateurs de performance	Analyse final du produit. Retours d'information des clients. Audits.
Exigences des clients	CDCF
Exigences réglementaires	

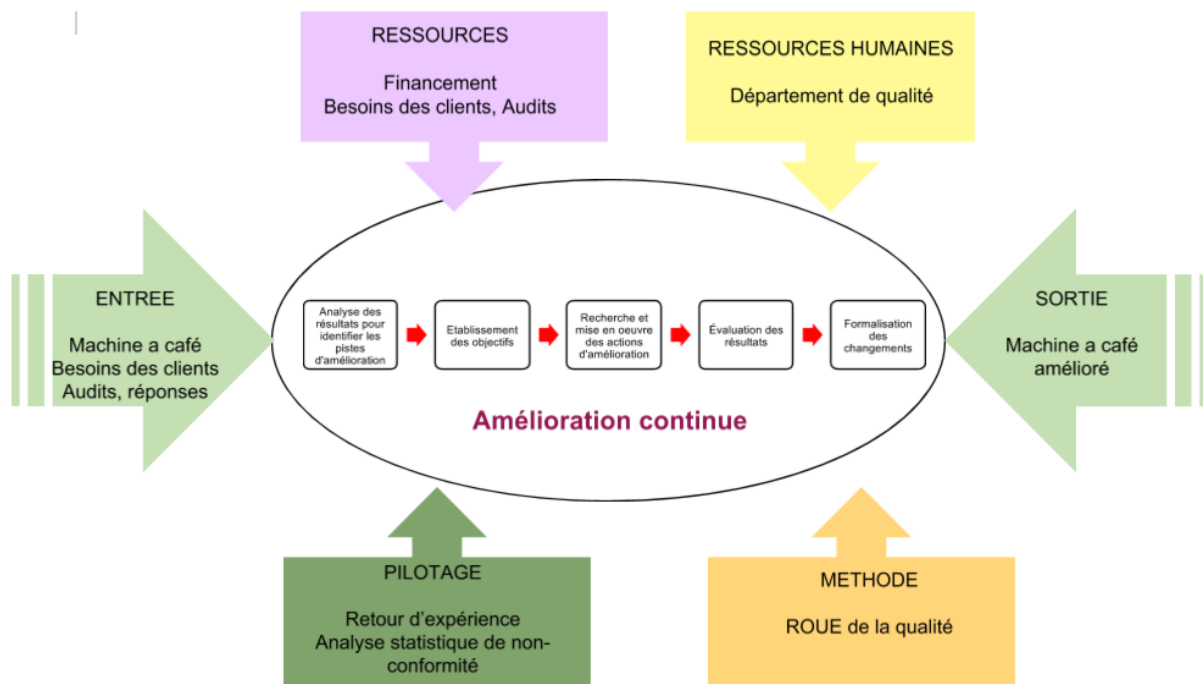


Diagramme du processus

Description du processus					
ISO 9001	Entrée	Activité	Sortie	Qui ?	Procédures applicables
7,2,3 8,2 8,4	Résultats des audits, revues et retours d'information des clients.	Analyse des résultats pour identifier les pistes d'amélioration	Pistes d'amélioration	Département de qualité et production	Évaluation des données (entrée). 5M Ishikawa.
8,5	Parties à améliorer	Établissement des objectifs	Mission	Département de qualité	
8,5	Objectifs	Recherche et mise en œuvre des actions d'amélioration	Plan de mise en œuvre et résultats.	Département de qualité. Assistance des autres départements.	Définir un indicateur pour mesurer la performance de l'amélioration.
8,2	Résultats	Évaluation des résultats	Conclusion, rapport	Département de qualité.	Analyse statistique
8,3 8,4	Conclusion de l'évaluation	Formalisation des changements	Rapport. Changement dans la ligne de production.	Département de qualité et de production.	Établissement des fiches procédure

Maîtrise des risques	
Risque	Réaction
Mauvaise lecture / interprétation des résultats	Préventive : Préparation du personnel. Interprétation des résultats par plusieurs personnes (pluridisciplinaire). Corrective : Ré-interprétation des résultats Curative : Modification des conclusions (pistes d'amélioration, mission, ou plan de mise en œuvre)
Indicateur de performance non fiable	Préventive : Tester les limites de détection de l'indicateur avant de sa mise en utilisation. Corrective : Régler l'indicateur pour qu'il soit plus fiable. Curative : Changer d'indicateur et infirmer tous les résultats obtenus.

B. Processus PR02 : Production

Processus	Pilote du processus :
Objectifs du processus	Ensemble d'activités grâce auxquelles l'entreprise produit un bien ou un service apte à satisfaire une demande à l'aide de facteurs de production acquis sur le marché.
Indicateurs de performance	Standard de qualité du produit final
Exigences des clients	CDCF
Exigences réglementaires	Respect des conditions de travail.

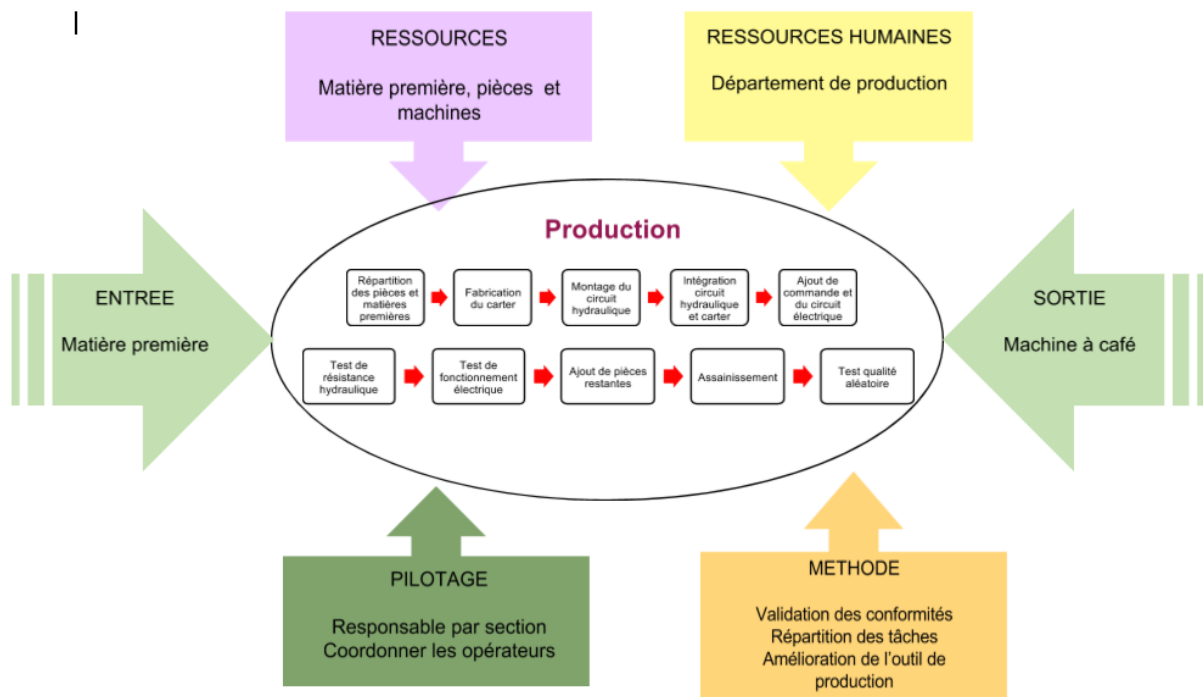


Diagramme du processus

Description du processus					
ISO	Entrée	Activité	Sortie	Qui ?	Procédures applicables
6,1	Matière première en stock.	Répartition des pièces et matières premières	Livraison des pièces sur les différents postes de fabrication	Achats	
7,5	Granulé plastique	Fabrication du carter	Carter	Département de production	
7,5	Pompe hydraulique Tuyauterie	Montage du circuit hydraulique	Circuit hydraulique	Département de production	
7,5	Carter et circuit hydraulique	Intégration circuit hydraulique et carter	Carter et circuit hydraulique assemblés	Département de production	
7,5	Commande, composants électriques, thermo-résistance	Ajout de commande et du circuit électrique	Produit fonctionnel mais non fini	Département de production	
7,6	Produit	Test de résistance hydraulique	Validation du test	Département de production	Procédure de test certifié NFEN1829_1
7,6	Produit	Test de fonctionnement électrique	Validation du test	Département de production	Procédure de test certifié NFEN60947_5_8
7,5	Produit et pièces restantes	Ajout de pièces restantes (plateau chauffe tasse et pose tasse)	Produit final	Département de production	
7,5	Produit	Assainissement	Produit fini et assurance de l'hygiène.	Département de production	Désinfection par vapeur saturée.
8,3	Produit final	Test qualité aléatoire	Statistiques de conformité	Département de qualité	

Maîtrise des risques	
Risque	Réaction
Sécurité des opérateurs	Préventive : Formation des opérateurs. Rédaction des fiches procédures. Bon état des machines et des locaux. Présence d'équipement de protection. Corrective : Sauveteur secouriste du travail. Curative : Écoute des opérateurs. Analyse des accidents.
Défaillance sur ligne de production	Préventive : Contrôle des machines. Retour des opérateurs. Corrective : Maintenance des machines. Curative : Remplacement de machine défectueuse.
Non-conformité du produit	Préventive : Bien rédiger les fiches procédures. Contrôle intermédiaire par l'opérateur. Contrôle aléatoire de produit final. Corrective : Maintenance des machines problématiques. Curative : Remplacement des pièces non conformes. Récupération des pièces conformes

C. Processus PS04 : Achats

Processus	Pilote du processus :
Objectifs du processus	Ensemble d'opérations qui permettent à l'entreprise de disposer des biens et des services nécessaires à son activité qu'elle doit se procurer à l'extérieur.
Indicateurs de performance	Réponse au besoin.
Exigences des clients	Fournir des matières premières et de pièces répondant aux spécifications.
Exigences réglementaires	

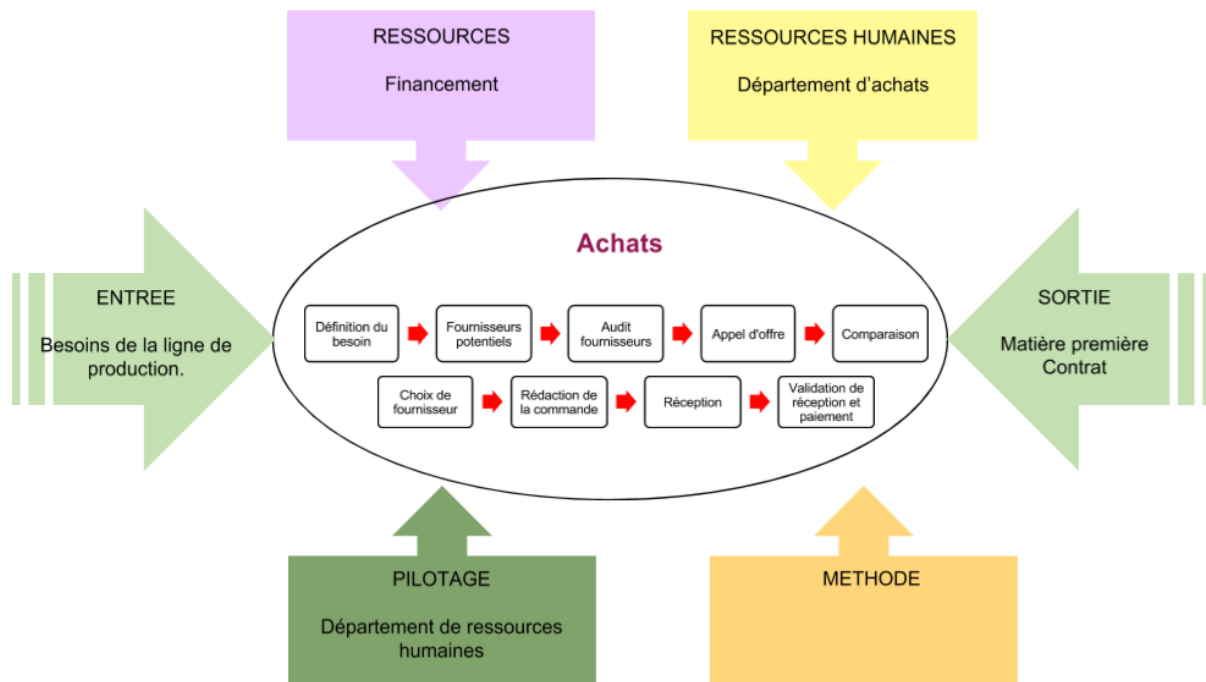


Diagramme du processus

Description du processus					
ISO	Entrée	Activité	Sortie	Qui ?	Procédures applicables
6,1 7,1	STB, prédiction de production	Définition du besoin	Liste de besoins	Qualité / Achats	
7,4,1	Annuaire, internet, fournisseurs actifs	Fournisseurs potentiels	Liste de fournisseurs potentiels	Achats	Recherche
7,4,1	Informations obtenues de la recherche	Audit fournisseurs	Rapport d'évaluation	Achats	Audit
7,4,1	CDCF + conditions générales d'achat	Appel d'offres	Rapport	Achats	
7,4,1	Informations obtenues	Comparaison	Tableau avec critères de comparaison	Achats / Qualité	Analyse du produit
7,4,1	Fournisseurs potentiels	Choix de fournisseurs (négociation)	Fournisseur choisi, Contrat	Achats	Réunion
7,4,2	Liste des besoins, CDCF, catalogue en ligne	Rédaction de la commande	Commande (internet, fax)	Achats	
7,4,3	Marchandises	Réception	Accusé de réception de la commande	Achats	Bulletins de livraison et réception
7,4,3	Rapport de livraison	Validation de réception et paiement	Virement bancaire ou paiement	Comptabilité / Achats	Bulletin de validation de la commande

Maîtrise des risques	
Risque	Réaction
Risques techniques internes (constance de la qualité du produit, compatibilité avec l'outil de production)	Préventive : Gérer les dispositions contractuelles. Corrective : Retourner les produits Curative : Arrêter production et changer les pièces.
Risques de livraison	Préventive : Avoir un stock de réserve. Gérer les dispositions contractuelles. Curative : Avoir plusieurs fournisseurs
Risques liés aux fournisseurs (dépendance éventuelle, confidentialité des informations)	Gérer les dispositions contractuelles.

D. Choix des processus clés

- **Processus PD03 - Amélioration continue** : l'amélioration continue est une démarche qui propose un ensemble de méthodes et outils destinés à entretenir continuellement le progrès par la mise en perspective perpétuelle des acquis. Elle vise à soutenir les entreprises dans un développement équilibré sur les trois notions fondamentales de qualité, de coûts et de délais.
- **Processus PR02 - Production** : Parmi les processus de réalisation, le plus évident est le processus de production. C'est l'ensemble d'activités qui nous permet de convertir les matières premières en un produit ou service conformé, celui-ci étant l'objectif final de l'entreprise.
- **Processus PS04 - Achats** : L'assurance du processus d'achats est essentielle pour l'étape de production. C'est donc un processus clé, parmi les processus de support.

IV. Conclusion

L'approche processus est un outil simple qui nous permet d'avoir une vision globale du système qui constitue l'entreprise. Il nous permet aussi d'identifier et de hiérarchiser les activités les plus contributives pour atteindre les objectifs de l'entreprise, en particulier la satisfaction des clients.

Cet outil peut servir à mettre en évidence des interactions et des corrélations entre les activités pour optimiser le système global, ainsi que pour faire une répartition optimale des ressources à disposition et une meilleure maîtrise des activités.

Recueil de TD Partie D

LA MACHINE A EXPRESSO SEBNEX



Groupe 24	
Barral	Antoine
Gras	Quentin
Mier	Alicia
Ozenne	François
Rafei	Abdallah

Table des matières

OMQ0.....	3
I. Analyse des ventes	3
II. Taux de défaut de la présérie et problème de détection.....	7
III. Analyse de la demande et gestion de stock	11
OMQ2.....	13
I. Optimisation de la chaine industrielle	13
a. Détermination des stocks de sécurité pour assurer une distribution optimale des produits ..	13
b. Généralisation à N centres de distribution et intégration du coût de transport.....	17

OMQ0

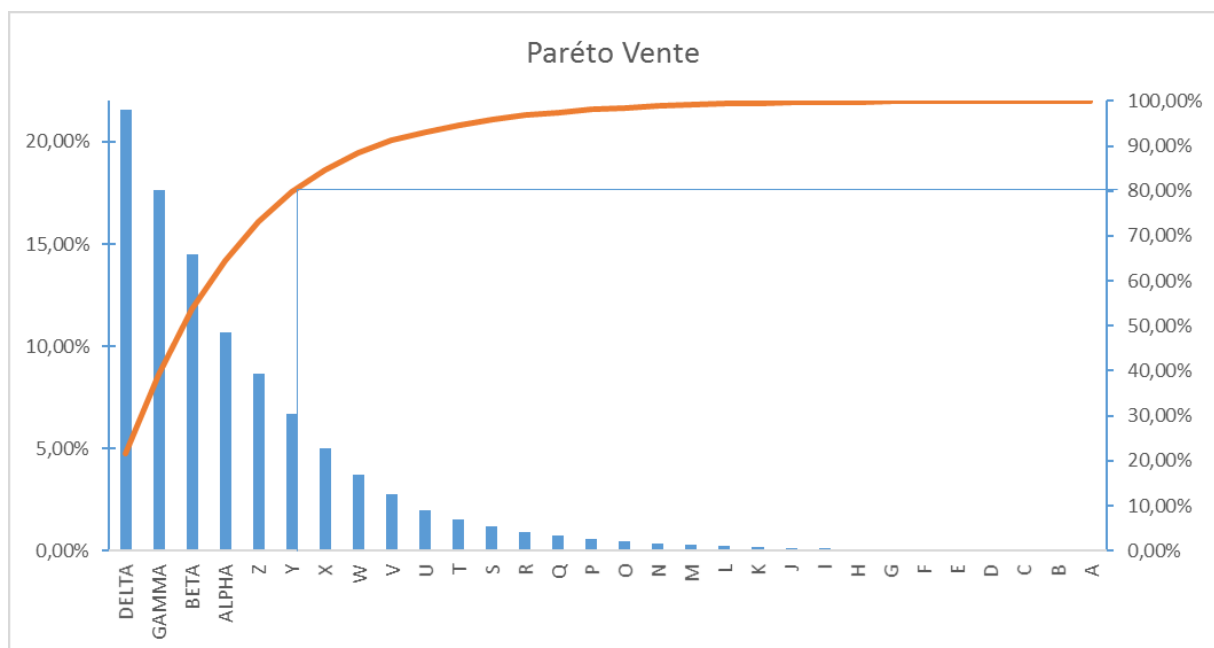
I. Analyse des ventes

1. Paréto des ventes

Dans cet exercice, nous avons 30 produits en vente, donc pour vérifier que nous sommes bien sur un Paréto, les 6 produits les plus vendus (20%) doivent représenter 80% des ventes.

$$\sum_{i=1}^6 (x_i / \sum_{i=1}^{30} x_i) * 100 = \sum_{i=1}^6 (x_i / 138491) \times 100 = 21,58 + 17,64 + 14,50 + 10,66 + 8,67 + 6,71 = 79,77$$

Nous pouvons bien affirmer que les ventes suivent un Paréto que nous allons maintenant illustrer.

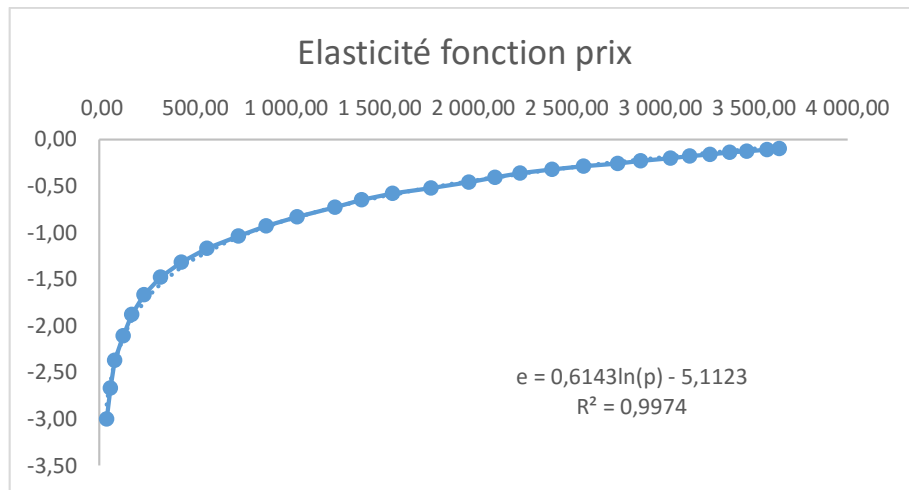


2. Elasticité

$$\frac{\Delta x}{x} = - e \frac{\Delta p}{p}$$

On rappelle que :

-
- Avec Excel, nous avons pu obtenir ce graphique et une fonction logarithmique proche des valeurs données.



A partir de cette fonction, on peut donner le modèle (1) suivant où x_n est le nombre de vente avant changement du prix

$$x_{n+1}(p) = (0.6149 \times \ln(p) - 5.1123) \times \frac{\Delta p}{p} \times x_n + x_n$$

Cette formule ne peut être validée dans le tableau. Il suffit de prendre deux produits et de calculer l'élasticité comme s'il s'agissait d'un produit dont on avait changé le prix. Par exemple M et L : J'ai augmenté mon prix de 0.06% et est perdu 0.17% de mes ventes. Cela donnerait donc une élasticité de -2.8 alors que ces produits ont une élasticité de -0.36 et -0.32. En revanche, nous avons pu remarquer que l'on peut retrouver ce tableau en inversant l'élasticité. Alors, les chiffres de ventes sont les même à 5% près.

Nous avons essayé en intégrant, mais nous n'avons pas réussi à trouver de constantes permettant d'avoir des résultats cohérents. En effet, si l'on arrive plus ou moins à approcher des valeurs de vente sur de faible plage de prix, dès lors que l'on introduit un coefficient multiplicateur du prix supérieur à 1, on obtient parfois plus de vente pour un produit plus cher qu'un autre moins cher. De plus, les ventes globales n'ont rien à voir avec les chiffres données.

On fournira quand même le modèle (2) le plus proche trouvé et le traiterons dans les questions.

$$x(p) = \exp((0.6143 \times 0.5 \times \ln(p) - 5.1123) \times \ln(p) + K)$$

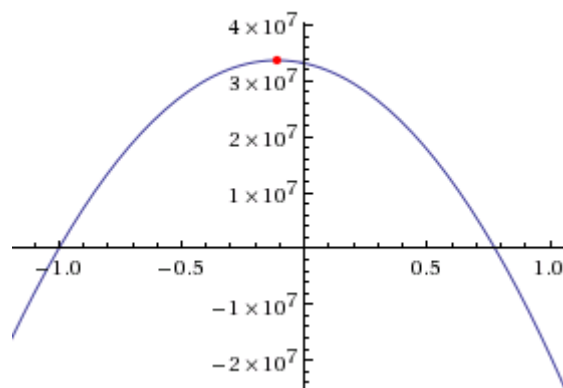
La constante posant vite problème, nous avons choisi de la calculer pour chaque produit. On fera ensuite la moyenne de cette constante pour les produits les plus influents dans le CA (ceux qui en représente la moitié ici). Nous avons alors $k = 28$

DELTA	24,98	O	27,45
GAMMA	25,84	N	27,21
BETA	26,50	M	27,05
ALPHA	27,19	L	26,89
Z	27,59	K	26,64
Y	27,92	J	26,38
X	28,15	I	26,08
W	28,28	H	25,87
V	28,32	G	25,56
U	28,28	F	25,36
T	28,22	E	25,13
S	28,11	D	24,87
R	27,95	C	24,63
Q	27,83	B	24,31
P	27,68	A	24,10

- c. Soit notre fonction du chiffre d'affaire pour le modèle (1) dont on produit le graphique par la

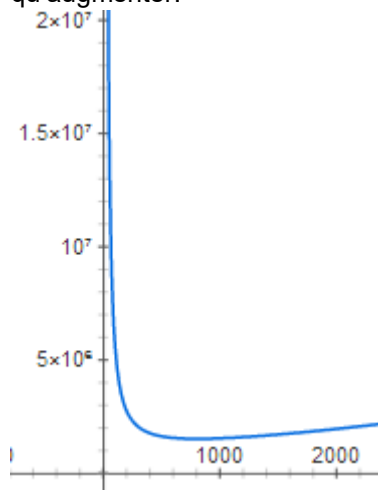
$$CA = \text{vente} \times \text{prix} = \sum_1^{30} (e_i \times \frac{\Delta p_i}{p_i} \times x_{n_i} + x_{n_i}) \times p_i = (1 + \frac{\Delta p}{p}) \times [\frac{\Delta p}{p} \times \sum_1^{30} (e_i \times x_{n_i} \times p_i) + \sum_1^{30} (x_{n_i} \times p_i)]$$

suite $= (1 + \frac{\Delta p}{p}) \times [-42704532 \times \frac{\Delta p}{p} + 33155782]$



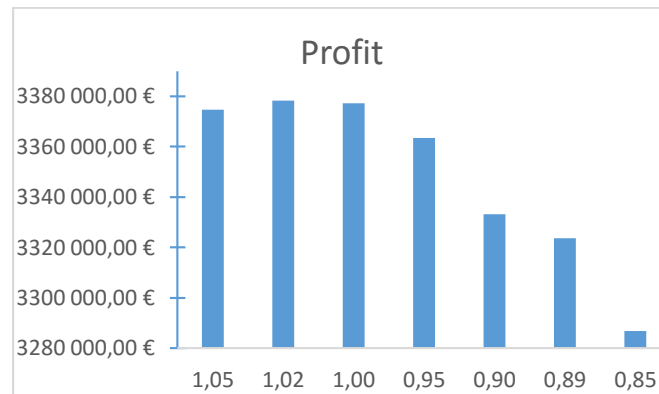
Le maximum de la parabole se trouve pour une valeur négative de la variation du prix, on peut donc confirmer que baisser uniformément nos prix augmentera notre chiffre d'affaire.

Avec le modèle (2), on a une fonction asymptotique quand le prix tend vers 0. La demande étant non limitée, malgré un prix très faible les ventes sont telles que le CA ne fait qu'augmenter.



- d. En dérivant ou en utilisant un solveur sur un tableau contenant toutes les valeurs de prix et de ventes, on peut trouver que le CA est maximisé pour une baisse des prix de 11,2% pour le modèle (1).

Toutefois, si on réussit à conserver une marge identique pour nos produits (modification de la production, négociation auprès de fournisseurs), on voit que le profit ne suit pas la même tendance.



En baissant le prix initial (ici l'abscisse correspond $1 - \Delta p/p$) notre profit a tendance à s'effondrer car on maximise des ventes de produits à faible marge.

On exprimera donc le profit et sa dérivée en utilisant l'élasticité de notre modèle aux prix initiaux :

$$profit = vente \times prix \times marge = (1 + \frac{\Delta p}{p}) \times [\frac{\Delta p}{p} \times \sum_1^{30} (e_i \times x_{n_i} \times p_i \times m_i) + \sum_1^{30} (x_{n_i} \times p_i \times m_i)]$$

$$\frac{d(profit)}{\frac{\Delta p}{p}} = 113500 - 6527402 \times \frac{\Delta p}{p}$$

Cela nous permet d'obtenir que le maximum de profit est possible le prix augmente de 1.7%.

Si l'on considère que les coûts par produits sont fixes, on trouvera une augmentation bien plus conséquente avec un maximum de profit à 135% du prix initial.

Le second modèle donnerait la même tendance à remonter les prix pour maximiser le profit mais dès une augmentation de 13%, le produit le plus chère se vend mieux que l'avant dernier et ce phénomène se propage au reste des ventes par la suite.

$$profit = \sum (p_i - \text{coût initial}) \times \exp((0.6143 \times 0.5 \times \ln(p_i) - 5.1123) \times \ln(p_i) + 28)$$

- e. La concurrence va amener de nouveaux éléments à prendre en considération et l'élasticité perdra peut-être de sa symétrie. Nos concurrents étant attentifs, on peut aussi imaginer qu'ils s'arrangeront pour avoir les mêmes prix que nous (ou plus bas) aussi, notre part de marché va certainement ne pas évoluer si nous faisons varier les prix.

Il faudra donc rajouter la contrainte part de marché fixe.

En définissant des limites à plus ou moins 5% de nos ventes actuelles, on trouve avec les deux modèles (via solveur) que l'on doit augmenter nos prix de 2,3% pour le modèle (1) et 1.9% pour le (2).

II. Taux de défaut de la présérie et problème de détection

On constate que sur les 100 appareils de la présérie, 6 appareils sont défectueux. Soit λ la probabilité pour qu'un appareil soit défectueux (taux de risque/défaut) :

- On cherche à déterminer le paramètre λ d'une loi binomiale. On constate k incidents pour N produits. On suppose que tous les produits sont équivalents et indépendants.

Supposons que $T = \lambda$. Donc, par application de la loi binomiale de paramètre λ on a,

$$P(S_N = k | T = \lambda) = C_N^K \cdot \lambda^K (1 - \lambda)^{N-K}$$

On cherche la distribution de la densité de probabilité $P(T = \lambda | S_N = k)$

Or,

$$P(T = \lambda | S_N = k) = P(S_N = k | T = \lambda) \cdot P(T = \lambda) / P(S_N = k)$$

Soit la densité de distribution uniforme sur $[0 \dots 1]$. On en déduit que $P(T = \lambda)$ vaut $1/\text{intervalle}(\lambda) = 1$.

Donc $p(T = \lambda) \cdot d\lambda = 1 \cdot d\lambda$

Pour $P(S_N = k)$ on connaît sa probabilité conditionnelle par rapport à λ . On utilise la formule de Bayes :

$$P(S_N = k) = \int_0^1 P(S_N = k | T = \lambda) \cdot p(T = \lambda) d\lambda$$

avec $p(T = \lambda) = 1/(1-0) = 1$, loi uniforme pour λ sur $[0, 1]$

$$P(S_N = k) = \int_0^1 C_N^K \cdot \lambda^K (1 - \lambda)^{N-K} d\lambda$$

$$\text{Soit } \alpha(k, N) = \int_0^1 \lambda^K (1 - \lambda)^{N-K} d\lambda \Rightarrow \alpha(k, N) = \frac{k! (N - k)!}{(k + (N - k) + 1)!}$$

La densité de distribution de λ vaut donc :

$$P(T = \lambda | S_N = k) = \frac{(N + 1)!}{k! (N - k)!} \cdot \lambda^K (1 - \lambda)^{N-K}$$

Ce calcul devient impossible si N et k sont grands. Il faut donc passer par le logarithme pour faire un calcul plus direct.

$$P(\lambda | N, K) = \frac{\lambda^K (1 - \lambda)^{N-K}}{\int_0^1 u^K (1 - u)^{N-K} du}$$

Application numérique :

$$P(\lambda | N = 100, K = 6) = \frac{\lambda^6 (1 - \lambda)^{94}}{\int_0^1 u^6 (1 - u)^{94} du}$$

- La probabilité que λ soit inférieur à 0,03 est donnée par :

$$P(\lambda < 0,03) = \int_0^{0,03} f_{(N,K)}(\lambda) d\lambda$$

d'où

$$f_{(N,K)} = \frac{\lambda^6 (1 - \lambda)^{94}}{\int_0^1 u^6 (1 - u)^{94} du}$$

$$\text{Soit } \alpha(N, K) = \int_0^1 u^K (1 - u)^{N-K} du \Rightarrow \alpha(N, K) = \frac{k! (N - k)!}{(k + (N - k) + 1)!}$$

$$\alpha(N = 100, K = 6) = \frac{6! (100 - 6)!}{(6 + (100 - 6) + 1)!} = \frac{6! 94!}{101!} = 8,3 \cdot 10^{-12}$$

Après,

$$P(\lambda < 0,03) = \frac{1}{8,3 \cdot 10^{-12}} \int_0^{0,03} \lambda^6 (1 - \lambda)^{94} d\lambda$$

Grâce au logiciel Xcas on peut calculer la valeur de l'intégrale :

$$\int_0^{0,03} \lambda^6 (1 - \lambda)^{94} d\lambda = 2,71732 \cdot 10^{-13}$$

$$P(\lambda < 0,03) = \frac{1}{8,3 \cdot 10^{-12}} \cdot 2,71732 \cdot 10^{-13} = 0,0327$$

Cette probabilité étant supérieur à 0,03, on ne peut valider cette hypothèse.

3.

a)

$$TF\alpha = \frac{FP}{FP + VP}$$

On considère que Ci et Cp sont des coûts par pièce/produit on peut donc calculer les coûts avec (Co) et sans opérateur (Cso) :

$$C_o = C_i (VP + FP) + C_p \cdot FN$$

$$C_{so} = C_p (VP + FN)$$

On veut montrer que $C_o > C_{so}$, donc :

$$C_i (VP + FP) + C_p \cdot FN > C_p (VP + FN)$$

$$C_i (VP + FP) + C_p FN > C_p VP + C_p FN$$

$$C_i (VP + FP) > C_p VP$$

$$\text{Si } TF\alpha = \frac{FP}{FP + VP}, \text{ on a } 1 - TF\alpha = \frac{VP}{FP + VP}$$

On peut conclure que $\frac{C_i}{C_p} > 1 - TF\alpha$

Établir le système de vérification avec l'opérateur va être plus cher si $\frac{C_i}{C_p} > 1 - TF\alpha$.

b) Le premier opérateur va détourner VP et FP. Le coût du premier opérateur est

$$C_o = C_i(VP + FP)$$

Le deuxième opérateur fera l'analyse sur FN + VN. On peut faire une règle de trois pour pouvoir déterminer la nouvelle matrice, par exemple :

n	VP
VN + FN	VP'

On obtient : $VP' = \frac{(VN + FN)VP}{n}$ où $n = VP + FP + VN + FN$

La nouvelle matrice de confusion est donc :

$$VP' = \frac{(VN + FN)VP}{n} \quad FN' = \frac{(VN + FN)FN}{n}$$

$$FP' = \frac{(VN + FN)FP}{n} \quad VN' = \frac{(VN + FN)VN}{n}$$

Le coût du deuxième opérateur est donc,

$$C_{o2} = C_o + C_i(VP' + FP') + C_p \cdot FN'$$

$$C_{o2} = C_i(VP + FP) + C_i(VP' + FP') + C_p \cdot FN'$$

$$C_{o2} = C_i(VP + FP) + C_i \left(\frac{(VN + FN)(VP + FP)}{n} \right) + C_p \left(\frac{(VN + FN)FN}{n} \right)$$

c)

$$C_0 = C_{O2}$$

$$C_i(VP+FP) + C_p FN = C_i(VP+FP) + C_i(VP'+FP') + C_p \cdot FN'$$

$$C_p(FN-FN') = C_i(VP'+FP')$$

Le coût des opérateurs est équivalent si cette égalité est vérifiée :

$$\frac{C_i}{C_p} = \frac{(FN - FN')}{(VP' + FP')}$$

$$\frac{C_i}{C_p} = \frac{FN(n - (VN + FN))}{(VN + FN)(VP + FP)}$$

mais, $n - (VN + FN) = (VP + FP)$

$$\frac{C_i}{C_p} = \frac{FN(VP + FP)}{(VN + FN)(VP + FP)} = \frac{FN}{(VN + FN)}$$

d) On veut déduire $C_{O2} < C_0$, on a donc,

$$\frac{C_i}{C_p} < \frac{(FN - FN')}{(VP' + FP')}$$

$$\frac{C_i}{C_p} < \frac{FN}{(VN + FN)}$$

$$\frac{C_i}{C_p} = \frac{50}{(4780 + 50)} = 0,0103$$

$C_i = 50$, $C_p = 4830$ euros

e) Il faut deux votes identiques sur trois pour classer le produit. Plusieurs combinaisons de votes sont possibles, mais pour attribuer une catégorie au produit on a que 4 combinaisons. Par exemple, pour VP'' : La première combinaison dont les trois opérateurs ont voté pareil est représenté par VP^3 , les autres trois combinaisons arrivent quand seulement deux des trois opérateurs ont le même vote et est présente par VP^2FN . On a donc :

$$VP'' = \frac{3VP^2FN + VP^3}{(VP + FN)^2}$$

On peut ainsi obtenir le reste de la matrice :

$$M' = \begin{bmatrix} \frac{3VP^2FN + VP^3}{(VP + FN)^2} & \frac{3FP^2VN + FP^3}{(VN + FP)^2} \\ \frac{3FN^2VP + FN^3}{(VP + FN)^2} & \frac{3VN^2FP + VN^3}{(VN + FP)^2} \end{bmatrix}$$

- Calculez le coût total de ce système de détection

Pour calculer le coût des trois opérateurs, on prend l'équation du coût d'un seul opérateur et on change les valeurs avec la nouvelle matrice. On a donc :

$$C_{O3} = C_i \left(\frac{3VP^2FN + VP^3}{(VP + FN)^2} + \frac{3FP^2VN + FP^3}{(VN + FP)^2} \right) + C_p \left(\frac{3FN^2VP + FN^3}{(VP + FN)^2} \right)$$

- Application numérique avec le rapport C_i/C_p précédemment calculé.

$$C_{O3} = 50 \left(\frac{3(100)^2(50) + (100)^3}{(150)^2} + \frac{3(70)^2(4780) + (70)^3}{(4850)^2} \right) + 4830 \left(\frac{3(50)^2(100) + (50)^3}{(150)^2} \right)$$

$$C_{O3} = 193\,490,4 \text{ €}$$

$$C_{O2} = C_i(VP + FP) + C_i \left(\frac{(VN+FN)(VP+FP)}{n} \right) + C_p \left(\frac{(VN+FN)FN}{n} \right) = 250\,000$$

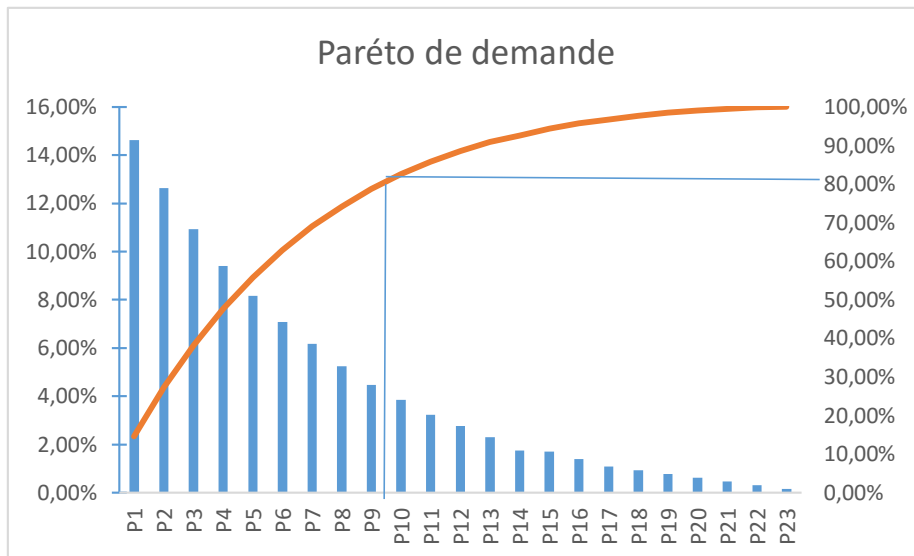
$$C_o = C_i (VP+FP) + C_p \cdot FN = 250\,000$$

- Ce système est-il meilleur en termes de coûts et de détection ?

En conclusion, mettre trois opérateurs en parallèle est la méthode plus économique pour déterminer le statut des produits. En outre, cette méthode est aussi la meilleure au niveau de détection.

III. Analyse de la demande et gestion de stock

1. Comme nous allons le démontrer par la suite, la demande de ces produits ne suit pas une loi de Pareto.



Pour atteindre 80%, il faut prendre 39% des produits, soit les 9 premiers :

$$\frac{95+82+71+61+53+46+40+34+29}{649,3} \times 100 = 78,7$$

2. Pour modéliser la demande de nos produits selon une loi Normale, il faudra que la probabilité d'obtenir une valeur négative soit presque nulle.

Pour avoir ne pas descendre sous un seuil où 1% des résultats de cette modélisation serait nulle, il faudrait un rapport moyenne/écart type = 2.33.

En effet, si on passe à une loi normale centrée réduite :

$$Z = \frac{X - m}{\sigma} = -\frac{m}{\sigma}$$

$$P(X \leq -\frac{m}{\sigma}) = 1 - P(X \leq \frac{m}{\sigma}) = 1 - \Pi(\frac{m}{\sigma}) = 1 - 0,99$$

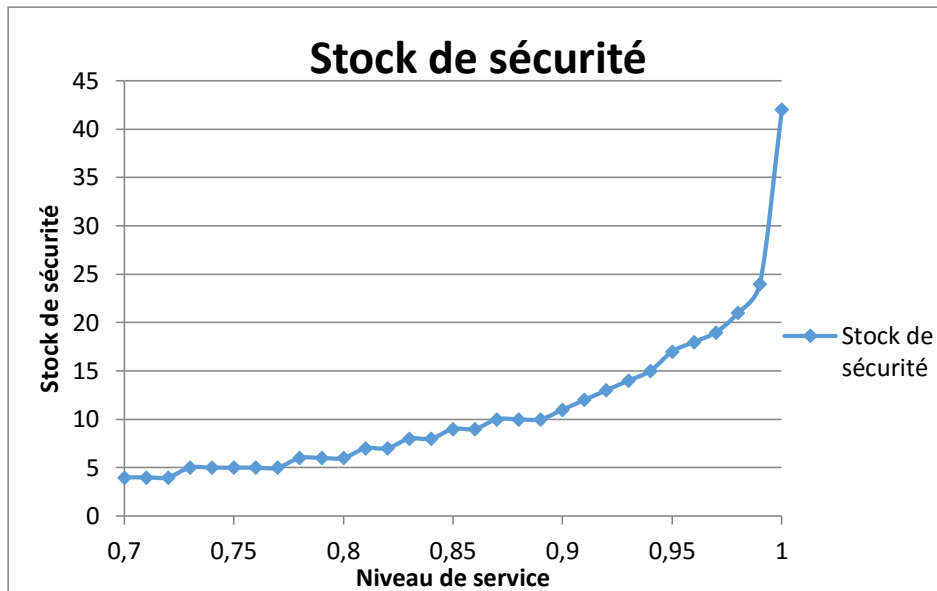
Or si on cherche dans des tableaux de la fonction répartition de la centrée réduite, cela nous donne bien 2.33 pour obtenir la première probabilité supérieure à 99%.

Le rapport moyenne/écart type est inférieur à 2.33 pour les produits P9 à P23.

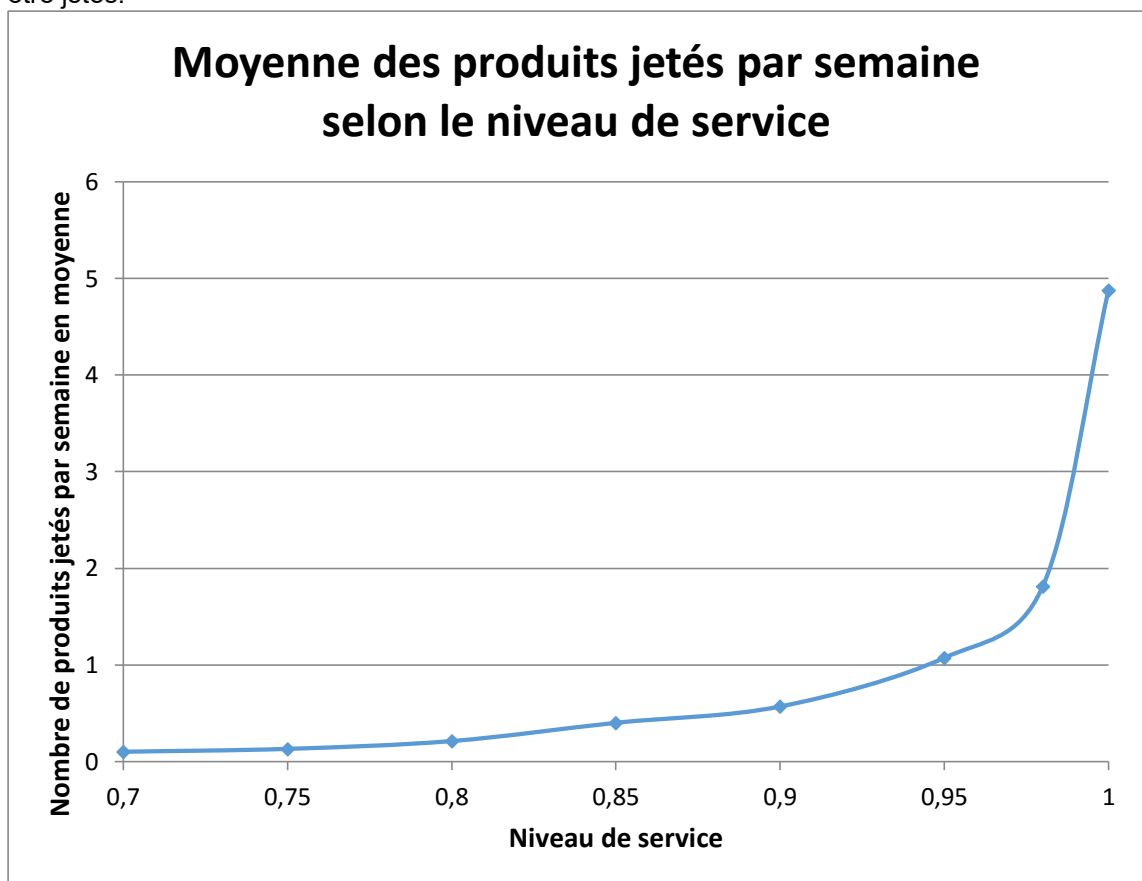
4. La simulation sur Excel nous permet d'obtenir des valeurs proches de celles données :

Moyenne/semaine	
	11,30938124
Ecart-type/semaine	
	8,465346527

5. Notre simulation nous permet de déterminer le niveau de service que l'on peut atteindre pour un certain niveau de stock. Les résultats sont présentés graphiquement ci-dessous.



6. Dans le cas où notre produit aurait une durée de vie de 4 semaines, on peut produire estimer le nombre de produit qui resteront plus que leur durée de vie dans nos stocks et qui devront être jetés.



OMQ2

I. Optimisation de la chaîne industrielle

a. Détermination des stocks de sécurité pour assurer une distribution optimale des produits

1. Délai de livraison fixe

On calcule d'abord l'espérance et l'écart type de la demande sur 2 semaines :

$$\begin{aligned}
 E_{biH} &= 2 \cdot E_H \\
 &= 700 \\
 Var_{biH} &= 2 \cdot var_H \\
 \sigma_{biH} &= \sqrt{2 \cdot \sigma_H^2} \\
 &= \sqrt{2 \cdot 50^2} \\
 &\simeq 70,7106
 \end{aligned}$$

On utilise ensuite la propriété de la loi normale :

$$\begin{aligned}
 P(C < X) &= 0,99 \\
 \Leftrightarrow X &= 2,5758 \cdot \sigma + E \\
 &= 2,5758 \cdot 70,7106 + 700 \\
 &\simeq 882,14
 \end{aligned}$$

On a donc une demande maximale (à 99%) de 882,14 produits.

Le stock de sécurité est égal à cette valeur moins l'espérance de la demande entre deux livraisons, soit 182,14 produits (que nous arrondissons à 183).

2. Délais variables

- **Simulation**

On calcule d'abord l'espérance et l'écart type de la demande journalière :

$$\begin{aligned}
 E_J &= \frac{1}{7} \cdot E_H \\
 &= 50 \\
 Var_J &= \frac{1}{7} \cdot var_H \\
 \sigma_J &\simeq 18,90
 \end{aligned}$$

Puis on exprime l'espérance et l'écart type de la demande entre deux livraisons en fonction du délais (en jour) entre livraison (Dt) :

$$\begin{aligned}
 E_L &= E_J \cdot Dt \\
 Var_L &= var_H \cdot Dt \\
 \sigma_L &= \sqrt{\sigma_J^2 \cdot Dt}
 \end{aligned}$$

On simule donc cette loi dans Excel grâce à @risk.

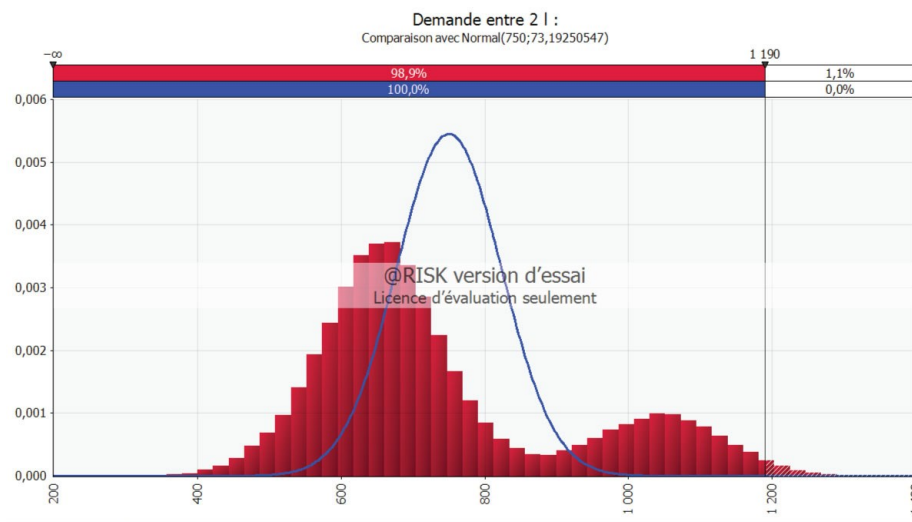
On exprime en B2 le délai entre deux livraisons grâce à sa loi :

```
=RiskDiscrete({10.11.12.13.14.15.16.17.18.19.20.21};{0,03.0,03.0,05.0,45.0,15.0,03.0,02.0,01.0.0.0,01.0,2})
```

On exprime la demande en fonction de B2 :

```
=RiskNormal(50*B2;RACINE(B2/7)*50)
```

Après simulation (50 000 itérations) on obtient la répartition suivante :



On observe que la courbe est très différente de la gaussienne en bleu qui représente la loi de densité obtenue si nous avions utilisé le délai de livraison moyen au lieu de le simuler. On voit donc l'importance de la simulation.

On obtient une demande moyenne de 740,8 produits et un écart type de 183,19. La demande maximale (à 99%) est de 1192,12 produits. On obtient donc un stock de sécurité de 441,32 produits.

On observe que cette valeur est bien plus grande que lorsque l'on considère le délai de livraison fixe.

- Modèle Gaussien

On a :

$$\begin{aligned}
 V_{Gaussien} &= E_{LT} \cdot V_J + V_{LT} \cdot E_J^2 \\
 &= 33627,311 \\
 \sigma_{Gaussien} &= 183,3775 \\
 E_{Gaussien} &= E_J \cdot E_{LT} \\
 &= 740
 \end{aligned}$$

D'où :

$$\begin{aligned}
 P(C < X) &= 0,99 \\
 \Leftrightarrow X &= 2,5758 \cdot \sigma + E \\
 &= 2,5758 \cdot 183,3775 + 740 \\
 &\simeq 1212,34
 \end{aligned}$$

On obtient donc un stock de sécurité de 472,34 produits.

On remarque que cette méthode approche d'assez près le résultat. Il est aussi intéressant de remarquer qu'il le majore, ce qui permet d'utiliser cette formule pour estimer le stock de sécurité sans risquer un manque de produit.

- Question subsidiaire

Puisque le stock est géré en FIFO et que les produits ont une durée de vie d'un mois, on sait que les pertes par mois seront les produits invendus d'une livraison après un mois (on considère que la durée de vie des produits est décomptée à partir du moment où ils sont livrés).

$$\begin{aligned}
 P_{mois} &= \max(0; Stock - D_{mois}) \\
 P_{semaine} &= \frac{P_{mois}}{4}
 \end{aligned}$$

Ici, Stock représente le stock livré au premier jour des 4 semaines. Celui-ci a pour but de reconstituer le stock de sécurité. On montre facilement qu'il est égal à la demande entre les deux dernières livraisons.

Nous devons donc calculer la demande mensuelle :

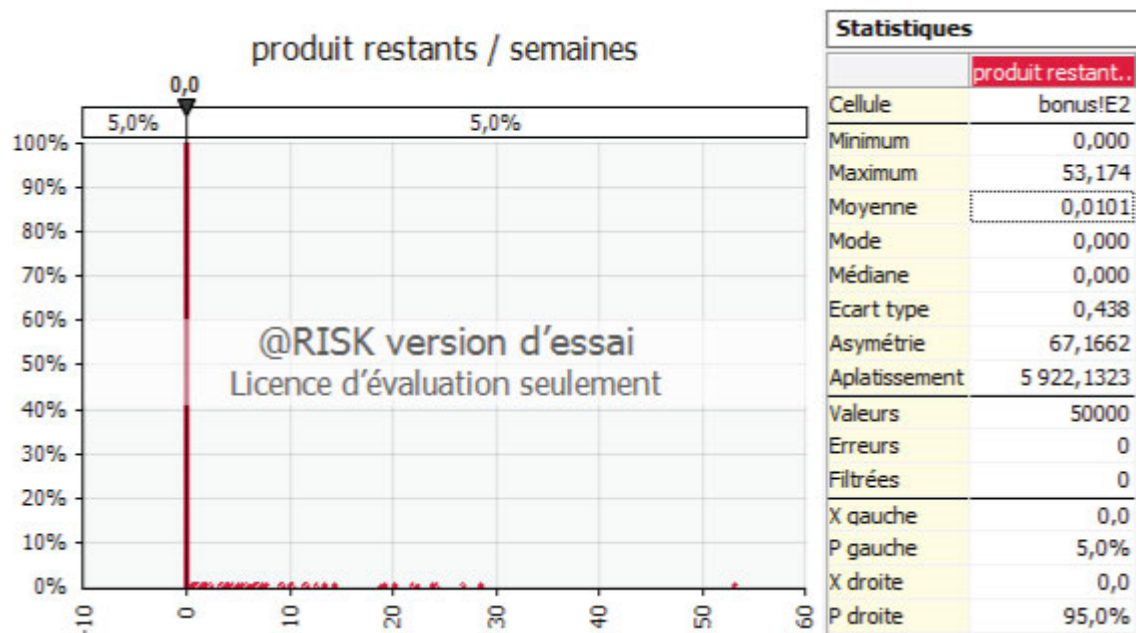
$$\begin{aligned}
 E_{mois} &= E_h \cdot 4 \\
 &= 1400 \\
 \sigma_{mois} &= \sqrt{4 \cdot \sigma_h^2} \\
 &= 2 \cdot \sigma_h \\
 &= 100
 \end{aligned}$$

On a donc la feuille de calcul suivante :

D2 X ✓ f_x =MAX(0;B2-C2)					
	A	B	C	D	E
1	DL	livraison	demande mensuelle	produits restants / mois	produit restants / semaines
2	15	750	1400	0	0

Les produits restants par semaine sont donnés par : D2/4.

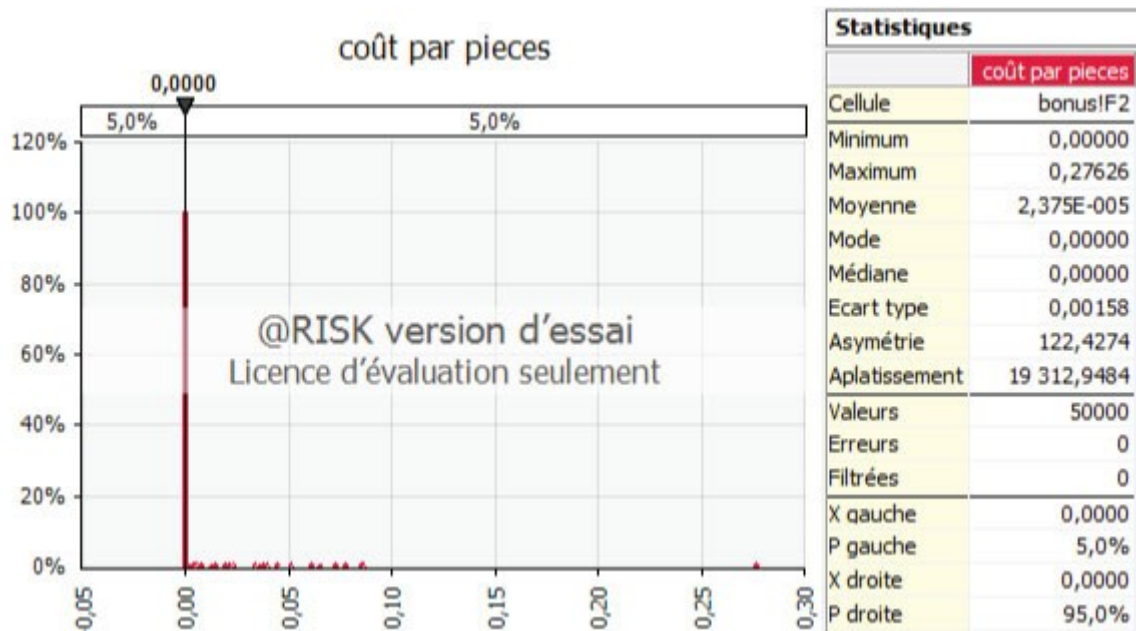
On obtient une moyenne de 0,0101 et un écart type de 0,438.



Pour choisir l'assurance, nous allons simuler le coût par pièces vendues que représentent ces pertes.

On a donc : coût par pièces = D2/C2

On simule cette nouvelle variable :



On observe que le coût par pièce moyen est de 0,00002375€, soit 2,375€ par 100 000 pièces vendues. Compte tenu de la faible demande (vendre autant de pièces prendrait en moyenne environ 6 ans) et du faible coût par pièce, il est sûrement inutile de souscrire à une assurance.

b. Généralisation à N centres de distribution et intégration du coût de transport.

1. Ecart type

Formule d'additivité des lois normales :

$$E_{\Sigma} = \sum E_i$$

$$V_{\Sigma} = \sum V_i$$

D'où :

$$\sigma_N^2 = N \cdot \sigma_i^2$$

$$\sigma_N = \sqrt{N} \sigma_i$$

Puisque le stock de sécurité est un multiple de l'écart type, le stock de sécurité dans N CDs est égal à celui dans un seul CD multiplié par racine de N.

2. Coût de transport

a.i)

On exprime d'abord le coût de transport dans un CD, puis dans N.

$$C_{tr} = C_t \cdot D \cdot P \cdot D_t$$

$$\begin{aligned} C_{trN} &= C_t \cdot \frac{D}{N} \cdot P \cdot D_t \cdot \sqrt{N} \\ &= \frac{C_t \cdot D \cdot P \cdot D_t}{\sqrt{N}} \end{aligned}$$

a.ii)

On procède de la même façon que pour le coût de transport.

$$\begin{aligned} C_f &= Stock \cdot V \cdot T_i \\ &= (E + \sqrt{N} \cdot \alpha \cdot \sigma) \cdot V \cdot T_i \\ &= \left(\frac{Dt}{2} + \sqrt{N} \cdot \alpha \cdot \sigma \right) \cdot V \cdot T_i \end{aligned}$$

a.iii)

On a donc le coût total :

$$\begin{aligned} C &= C_{tr} + C_f \\ &= \frac{C_t \cdot D \cdot P \cdot D_t}{\sqrt{N}} + \sqrt{N} \cdot \alpha \cdot \sigma \cdot V \cdot T_i + \frac{Dt}{2} \cdot V \cdot T_i \end{aligned}$$

$$C = a + b \cdot \sqrt{N} + \frac{c}{\sqrt{N}}$$

On cherche le minimum, qui est obtenu quand la différentielle de C par rapport à N est nulle :

$$\begin{aligned} \min(C(N)) &\Leftrightarrow \frac{\delta C}{\delta N} = 0 \\ &\Leftrightarrow \frac{b \cdot N - c}{2 \cdot \sqrt{N}^3} = 0 \\ &\Leftrightarrow b \cdot N - c = 0 \\ &\Leftrightarrow N = \frac{c}{b} \\ &\Leftrightarrow N = \frac{C_t \cdot D \cdot P \cdot D_t}{\alpha \cdot \sigma \cdot V \cdot T_i} \end{aligned}$$

Puisque C_t , D_t et T_i sont supposées constantes dans cette étude, on voit que N dépend des rapports P/V (poids sur valeur) et D_t/σ (demande totale sur écart type).

On calcule maintenant le surcoût logistique maximal. On sait que à l'ouverture d'un nouveau centre, le coût logistique baisse et le coût de financement augmente. Ainsi le surcoût logistique maximal est égal au surcoût de financement engendré par l'ouverture d'un nouveau centre de distribution. On a donc :

$$\Delta C_t > \Delta C_f$$

$$\begin{aligned} \Delta C_t^*(N) &= \Delta C_f(N) \\ &= C_f(N+1) - C_f(N) \\ &= (\sqrt{N+1} - \sqrt{N}) \cdot \alpha \cdot \sigma \cdot V \cdot T_i \end{aligned}$$

On observe que ce surcoût diminue avec le nombre de centres N déjà ouvert.

a.iv .1)

Dans une cimenterie, le rapport P/V est très grand, tout comme le rapport D_t/σ . Le N optimal est donc très élevé. De plus, puisque V et σ sont faibles, le surcoût logistique est également faible, ce qui pousse à ouvrir plus de cimenterie. Au contraire, le rapport P/V est très faible dans l'électronique, ce qui explique la faible densité d'entrepôts d'électroniques (le surcoût logistique est lui aussi élevé).

a.iv .2)

Les différentes enseignes du groupes Auchan on chacune leur spécificité et donc des rapports P/V différents. En spécialisant les réseaux de distribution, on peut adapter finement le nombre de site optimal pour chaque filiale. Dans le cas contraire, le nombre de site total serait supérieur. De plus, cela diminue grandement sigma, donc le rapport DT/sigma augmente (pus de site de distribution) et le surcout logistique baisse.

a.iv .3)

Pour un libraire en ligne, le rapport P/V n'est pas particulièrement fort ou faible. En revanche, le rapport Dt/sigma est très faible (car le catalogue de produit est très varié et la demande baisse de plus en plus). On doit donc de préférence utiliser peu de centres de distribution. Le surcout logistique et lui également très grand, car il augmente avec sigma et diminue avec N (qui est très faible ici). De plus, quel est l'intérêt de vendre uniquement en ligne (par rapport à une boutique) si l'on a qu'un seul centre de distribution ?