



**Université Internationale  
de Casablanca**

LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES

# STATISTIQUES POUR CONTRÔLE QUALITE



# PLAN DU COURS

- Principes du contrôle statistique de la qualité.
- Techniques pour l'échantillonnage d'acceptation.
- Contrôle statistique du processus.
- Administration du contrôle statistique de la qualité
- Méthodes et outils d'amélioration de la qualité
- Exemples d'applications industrielles en génie



- Les problèmes ne viennent pas tant de ce l'on ignore, mais de l'on sait. ARTEMUS WARD
- L'Education, c'est l'homme qui progresse de la certitude ignorante à l'incertitude réfléchie. DON CLARK'S SCRAPBOOK
- Ne dites pas « j'ai trouvé la vérité », mais plutôt « j'ai trouvé une vérité ». KHALIL GIBRAN
- Il faut utiliser les modèles, non y croire. HENRI THEIL



Université Internationale  
de Casablanca

LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES


# Quelques rappels

- Types de variables
- Fréquences



# Principes du contrôle statistique de la qualité

## Contexte

- Entreprise moderne se doit de se soucier de la qualité sinon plus de marchés
  - Le contrôle qualité coûte de l'argent et du temps
  - Impossibilité de contrôler 100 % surtout si essais destructifs
- 
- Nécessité de procéder par échantillonnage
  - L'échantillon doit être le plus réduit possible pour donner le meilleur jugement sur la qualité du lot



# Lexique & définitions

- Population :
  - Un ensemble d'éléments caractérisé par un critère permettant de les identifier clairement (qualitative, quantitative)
  - Pour certains cas difficulté à définir (béton, coulée, fabrication,..)



- Echantillon :
  - Sous ensemble de la population dont la mesure des caractéristiques permet d'estimer celle de la population (inférence statistique)
  - Choix de l'échantillon est crucial (aléatoire, hasard,...)



# Caractéristique des échantillons

- Caractéristique de tendance centrale:
  - Moyenne
    - Avantage : facile à calculer et à manipuler mathématiquement
    - Inconvénient : peu robuste (valeurs extrêmes)
  - Médiane
    - Avantage: robuste
    - Inconvénient : plus compliqué à manipuler théoriquement

## Exemples





# Caractéristique des échantillons

- Caractéristique de dispersion
  - Étendue : valeur max – valeur min
    - Avantage : facile à calculer
    - Inconvénient : peu robuste
  - Interquartile :  $I_Q = Q_3 - Q_1$ 
    - Avantage: robuste
    - Inconvénient : plus compliqué à manipuler théoriquement



– Ecart quadratique moyen :

$$EQM = 1/n \sum_{i=1}^n (x_i - m)^2$$

- Avantage: facile à calculer et à manipuler mathématiquement
- Inconvénient : peu robuste (valeurs extrêmes)

– Variance :

$$S^2 = 1/(n-1) \sum_{i=1}^n (x_i - m)^2$$

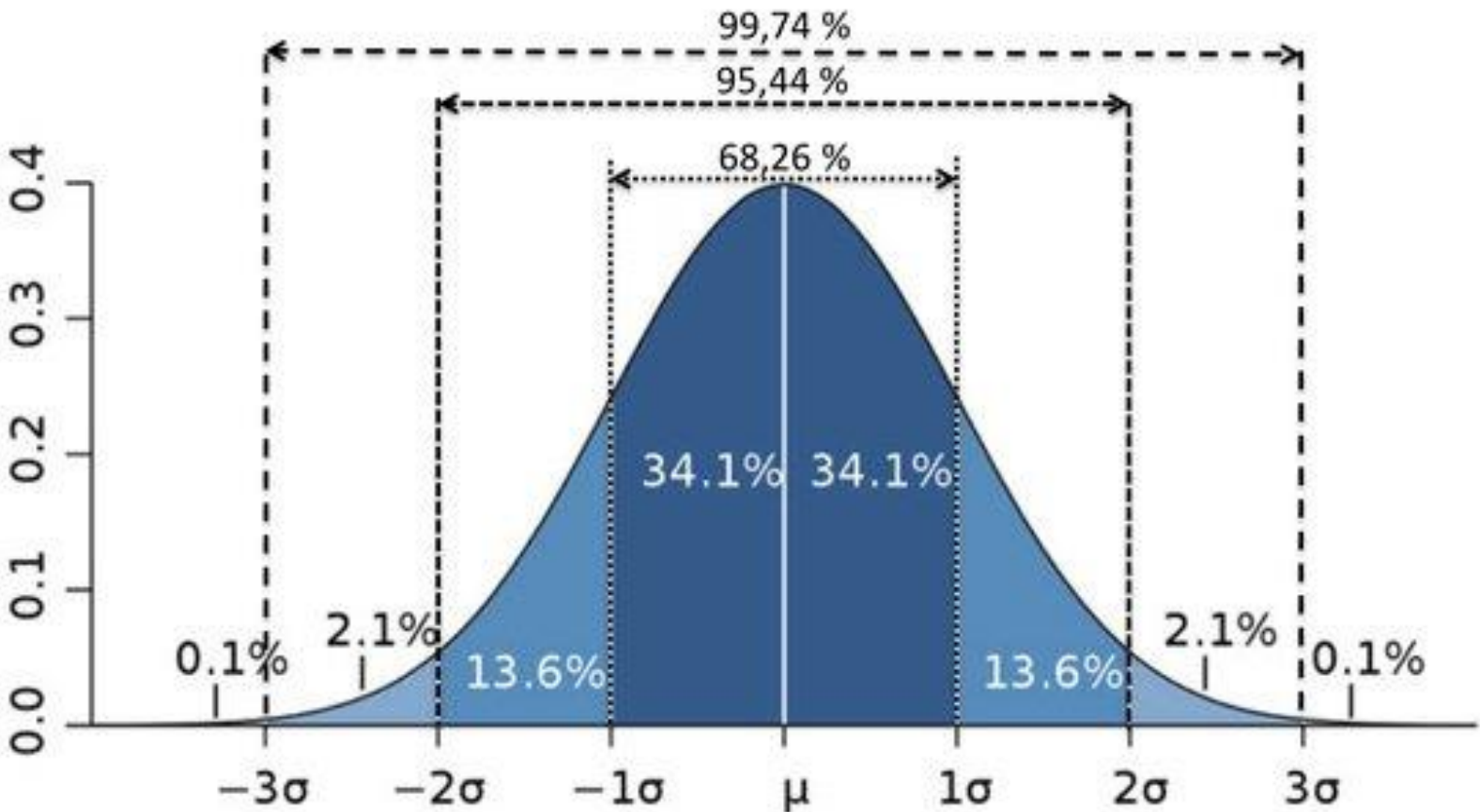


# Loi normale

De nombreuses variables aléatoires ont pour fonction de densité une courbe en forme de cloche ou courbe de Gauss.

Il s'agit de la loi statistique la plus répandue et la plus utile

- $$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$





# Contrôle statistique

- Contrôle de fabrication et contrôle de réception
  - Contrôle qualitatif : la pièce est vérifiée par rapport à un étalon pour voir si elle est conforme ou non
  - Contrôle quantitatif : une caractéristique de la pièce est mesurée et l'on vérifie si la mesure est dans l'intervalle de tolérance



- Deux types de contrôle
  - Contrôle de fabrication : effectué en cours de fabrication pour limiter les rejets
  - Contrôle de réception : contrôle effectué par le client pour s'assurer de la qualité du produit



# Contrôle de réception

- L'objectif est de porter un jugement sur la proportion de pièces  $p$  défectueuses dans un lot.
- Deux parties se trouvent en présence dont chacune à des exigences qui se traduisent comme suit:



- Le fournisseur ne voudrait pas qu'on rejette un lot contenant  $p_0$  ou moins de pièces non conformes. C'est le NQA
- Le client ne voudrait pas qu'il accepte un lot qui contient  $p_1$  ou plus de pièces non conformes. C'est le NQT

Il faut remarquer dès ce stade que  $p_0$  et  $p_1$  sont définis à partir de considérations techniques et non statistiques :

- Le fournisseur peut déterminer  $p_0$  en fonction de son matériel, de son prix de vente, etc.
- Le client détermine  $p_1$  en fonction des conséquences économiques ou techniques qu'entraîne pour lui la présence de pièces défectueuses dans les lots réceptionnés.





Matrice	Le Lot est conforme	Le lot n'est pas conforme
Refus	Risque $\alpha$	Bonne décision
Acceptation	Bonne décision	Risque $\beta$



Je souhaite que le risque soit inférieur à 5% que vous me refusiez mes lots de bonne qualité



**FOURNISSEUR**

Je souhaite que le risque soit inférieur à 10% d'accepter des lots de mauvaise qualité



**CLIENT**



$N$ : taille d'un lot

$n$ : taille de l'échantillon

$c$ : critère d'acceptation des lots (#unité  
défectueuses)

$\alpha$ : risque du fournisseur (refuser un bon lot)

$\beta$ : risque du client (accepter un mauvais lot)



- 1- Tirer au hasard un échantillon de taille  $n$  à partir du lot de taille  $N$ .
- 2- Déterminer le nombre d'unités défectueuses  $d$  dans cet échantillon.



- 3- Comparer ce nombre ( $d$ ) avec un critère d'acceptation  $c$ . Ce critère est le nombre maximal d'unités défectueuses dans un échantillon pour que le lot soit accepté.
  
- 4- Accepter le lot si  $d$  est égal ou inférieur à  $c$ .



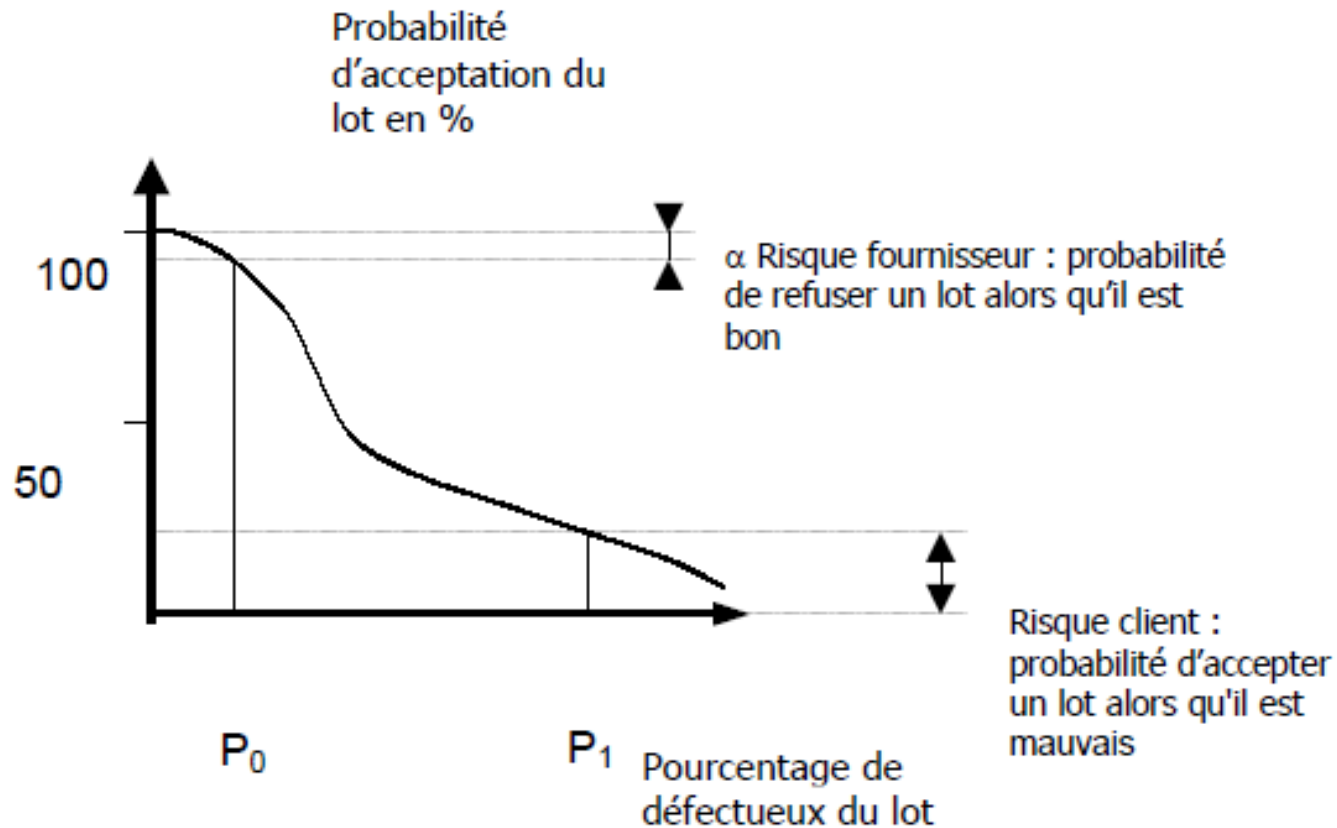
Connaissant  $n$  et  $c$ , il est possible, par référence à la loi binomiale, de calculer la probabilité  $P(p)$  d'accepter un lot où la proportion de pièces défectueuses serait égale à une valeur  $p$  donnée quelconque :

$$P(p) = \sum_{k=0}^c C_n^k p^k (1-p)^{n-k}$$

$P(p)$  varie avec  $p$ . La courbe représentative de la fonction  $P(p)$  est appelée la *courbe d'efficacité* de la règle de contrôle.

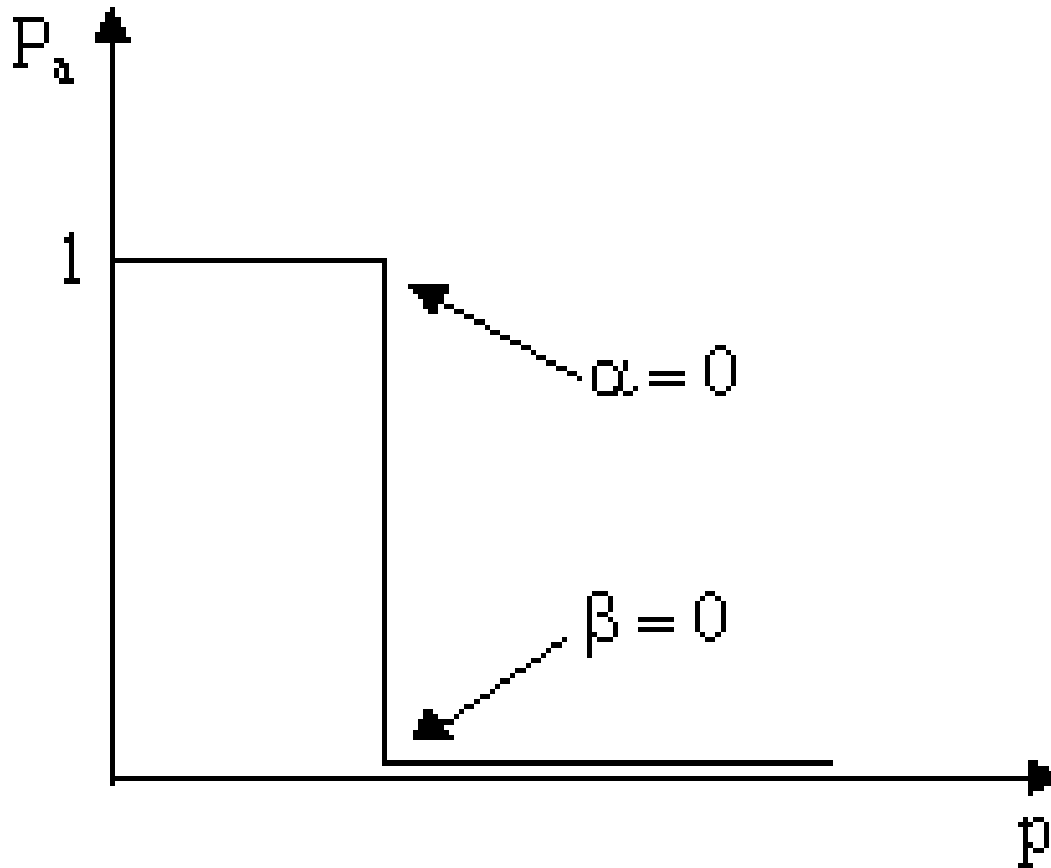


# Courbe d'efficacité





# Courbe idéale







- Il est délicat de déterminer le plan qui convient aux deux risques.
- Dans le contrôle de qualité, on doit spécifier les valeurs de  $p_0, p_1, \alpha$  et  $\beta$  et calculer les valeurs de  $n$  et  $c$  afin de respecter ces deux risques. Ceci revient à résoudre les deux équations suivantes afin de trouver  $n$  et  $c$ .
  - $1 - \alpha = \sum_{k=0}^c C_n^k p_0^k (1-p_0)^{n-k}$
  - $\beta = \sum_{k=0}^c C_n^k p_1^k (1-p_1)^{n-k}$
- L'utilisation de tables standard permet de définir le plan d'échantillonnage, c.a.d la taille  $n$  de l'échantillon et le critère d'acceptation  $c$ .



**Table de Cameron  
pour la détermination  
d'un plan simple**

Valeurs de  $\frac{p_2}{p_1}$  pour  $\alpha = 0,05$  et

$\beta = 0,10; \beta = 0,05; \beta = 0,01$

Valeurs de  $\frac{p_2}{p_1}$  pour  $\alpha = 0,01$  et

$\beta = 0,10; \beta = 0,05; \beta = 0,01$

c	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,05$	n p <sub>1</sub>	c	$\alpha = 0,01$	$\alpha = 0,01$	$\alpha = 0,01$	n p <sub>1</sub>
	$\beta = 0,10$	$\beta = 0,05$	$\beta = 0,01$			$\beta = 0,10$	$\beta = 0,05$	$\beta = 0,01$	
0	44,890	58,404	89,781	0,052	0	229,105	298,073	458,21	0,010
1	10,946	13,349	18,681	0,355	1	26,184	31,933	44,686	0,149
2	6,509	7,699	10,280	0,818	2	12,206	14,439	19,278	0,436
3	4,890	5,675	7,352	1,366	3	8,115	9,418	12,202	0,823
4	4,057	4,646	5,890	1,970	4	6,249	7,156	9,072	1,279
5	3,549	4,023	5,017	2,613	5	5,195	5,889	7,343	1,785
6	3,206	3,604	4,435	3,286	6	4,520	5,082	6,253	2,330
7	2,957	3,303	4,019	3,981	7	4,050	4,524	5,506	2,906
8	2,768	3,074	3,707	4,695	8	3,705	4,115	4,962	3,507
9	2,618	2,895	3,462	5,426	9	3,440	3,803	4,548	4,130
10	2,497	2,750	3,265	6,169	10	3,229	3,555	4,222	4,771
11	2,397	2,630	3,104	6,924	11	3,058	3,354	3,959	5,428
12	2,312	2,528	2,968	7,690	12	2,915	3,188	3,742	6,099
13	2,240	2,442	2,852	8,464	13	2,795	3,047	3,559	6,782
14	2,177	2,367	2,752	9,246	14	2,692	2,927	3,403	7,477
15	2,122	2,302	2,665	10,035	15	2,603	2,823	3,269	8,181
16	2,073	2,224	2,588	10,831	16	2,524	2,732	3,151	8,895
17	2,029	2,192	2,520	11,733	17	2,455	2,652	3,048	9,616
18	1,990	2,140	2,458	12,442	18	2,393	2,580	2,956	10,346
19	1,954	2,103	2,403	13,254	19	2,337	2,516	2,874	11,082
20	1,922	2,065	2,352	14,072	20	2,287	2,458	2,799	11,825
21	1,893	2,030	2,307	14,894	21	2,241	2,405	2,733	12,574
22	1,865	1,999	2,265	15,719	22	2,200	2,357	2,671	13,329
23	1,840	1,969	2,226	16,548	23	2,162	2,313	2,615	14,088
24	1,817	1,942	2,191	17,382	24	2,126	2,272	2,564	14,853
25	1,795	1,917	2,158	18,218	25	2,094	2,235	2,516	15,623
26	1,775	1,893	2,127	19,058	26	2,064	2,200	2,472	16,397
27	1,757	1,871	2,098	19,900	27	2,035	2,168	2,431	17,175
28	1,739	1,850	2,071	20,746	28	2,009	2,138	2,393	17,957
29	1,723	1,831	2,046	21,594	29	1,985	2,110	2,358	18,742
30	1,707	1,813	2,023	22,444	30	1,962	2,083	2,324	19,532

\* J.M. Cameron, « Tables for Constructing and for Computing the Operating Characteristics of Single-sampling Plans ». Industrial Quality Control, July 1952, pp. 37-39.



Tableau 12.4. Tableau d'inspection par échantillonnage standard simple par attributs ( $\alpha = 0,05, \beta = 0,10$ )

$\rho_0$ (%) \ $\rho_1$ (%)	0.71	0.91	1.13	1.41	1.81	2.25	2.81	3.56	4.51	5.61	7.11	9.01	11.3	14.1	18.1	22.5	28.1	$\rho_1$ (%) \ $\rho_0$ (%)
0.090-0.112	*	400 1	↓	←	↓	→	60 0	50 0	←	↓	↓	←	↓	↓	↓	↓	↓	0.090-0.112
0.113-0.140	*	↓	300 1	↓	←	↓	→	↓	40 0	←	↓	↓	←	↓	↓	↓	↓	0.113-0.140
0.141-0.180	*	500 2	↓	250 1	↓	←	↓	→	↑	30 0	←	↓	↓	←	↓	↓	↓	0.141-0.180
0.181-0.224	*	*	400 2	↓	200 1	↓	←	↓	→	↑	25 0	←	↓	↓	←	↓	↓	0.181-0.224
0.225-0.280	*	*	500 3	300 2	↓	150 1	↓	←	↓	→	↑	20 0	←	↓	↓	←	↓	0.225-0.280
0.281-0.355	*	*	*	400 3	250 2	↓	120 1	↓	←	↓	→	↑	15 0	←	↓	↓	←	0.281-0.355
0.356-0.450	*	*	*	500 4	300 3	200 2	↓	100 1	↓	←	↓	→	↑	15 0	←	↓	↓	0.356-0.450
0.451-0.560	*	*	*	*	400 4	250 3	150 2	↓	80 1	↓	←	↓	→	↑	10 0	←	↓	0.451-0.560
0.561-0.710	*	*	*	*	500 6	300 4	200 3	120 2	↓	60 1	↓	←	↓	→	↑	7 0	←	0.561-0.710
0.711-0.900	*	*	*	*	*	400 6	250 4	150 3	100 2	↓	50 1	↓	←	↓	→	↑	5 0	0.711-0.900
0.901-1.12		*	*	*	*	*	300 6	200 4	120 3	80 2	↓	40 1	↓	←	↓	↑	↑	0.901-1.12
1.13 -1.40			*	*	*	*	500 10	250 6	150 4	100 3	60 2	↓	30 1	↓	←	↓	↑	1.13 -1.40
1.41 -1.80				*	*	*	*	400 10	200 6	120 4	80 3	50 2	↓	25 1	↓	←	↓	1.41 -1.80
1.81 -2.24					*	*	*	*	300 10	150 6	100 4	60 3	40 2	↓	20 1	↓	←	1.81 -2.24
2.25 -2.80						*	*	*	*	250 10	120 6	70 4	50 3	30 2	↓	15 1	↓	2.25 -2.80
2.81 -3.55							*	*	*	*	200 10	100 6	60 4	40 3	25 2	↓	10 1	2.81 -3.55
3.56 -4.50								*	*	*	*	150 10	80 6	50 4	30 3	20 2	↓	3.56 -4.50
4.51 -5.60									*	*	*	*	120 10	60 6	40 4	25 3	15 2	4.51 -5.60
5.61 -7.10										*	*	*	*	100 10	50 6	30 4	20 3	5.61 -7.10
7.11 -9.00											*	*	*	*	70 10	40 6	25 4	7.11 -9.00
9.01 -11.2												*	*	*	*	60 10	30 6	9.01 -11.2

Utiliser la première colonne de  $n, c$  dans la direction de la flèche. Il n'y a pas de méthode d'échantillonnage pour les cases vides ( $n$  en caractère maigre,  $c$  en gras)



- Exemple:

$$P_0 = 2\%$$

$$P_1 = 12\%$$

1	9.01	11.3	14.0
2	11.2	14.0	18.1

1.13	-1.40
1.41	-1.80
1.81	-2.24
2.25	-2.80
2.81	-3.55

→ 40 2



# Exemple 1

- $n = 40$
- $c = 1$
- $p = 2\%$

Quelle est la probabilité de rejeter un lot?

Quelle est la probabilité d'accepter un lot?



# Exemple 1

- $n = 40$
- $c = 1$
- $p = 2\%$

Quelle est la probabilité de rejeter un lot?

*Prob de rejeter  $\alpha = P(X > 1 \text{ si } p = 2\%) = 1 - P(X \leq 1 \text{ si } p = 2\%)$*

*$P(p) = \sum_{k=0}^c C_n^k p^k (1-p)^{n-k} = 0,19$  (loi binomiale xls)*

Quelle est la probabilité d'accepter un lot?

*$\beta = \text{Prob d'accepter} = P(X \leq 1 \text{ si } p = 2\%) = 0,81$*



## Exemple 2

Soit un lot de  $N=1500$  pièces parmi lequel un échantillon de  $n=100$  pièces est prélevé pour inspection. Le lot est refusé lorsque le nombre d'unités défectueuses excède  $c=5$  pièces dans l'échantillon; tracez la courbe d'efficacité de ce plan d'échantillon.

Pour tracer la courbe d'efficacité, il faut calculer la probabilité d'observer 5 pièces défectueuses ou moins pour différentes valeurs de  $p$  (différentes proportions d'unités défectueuses).



# Exemple 2

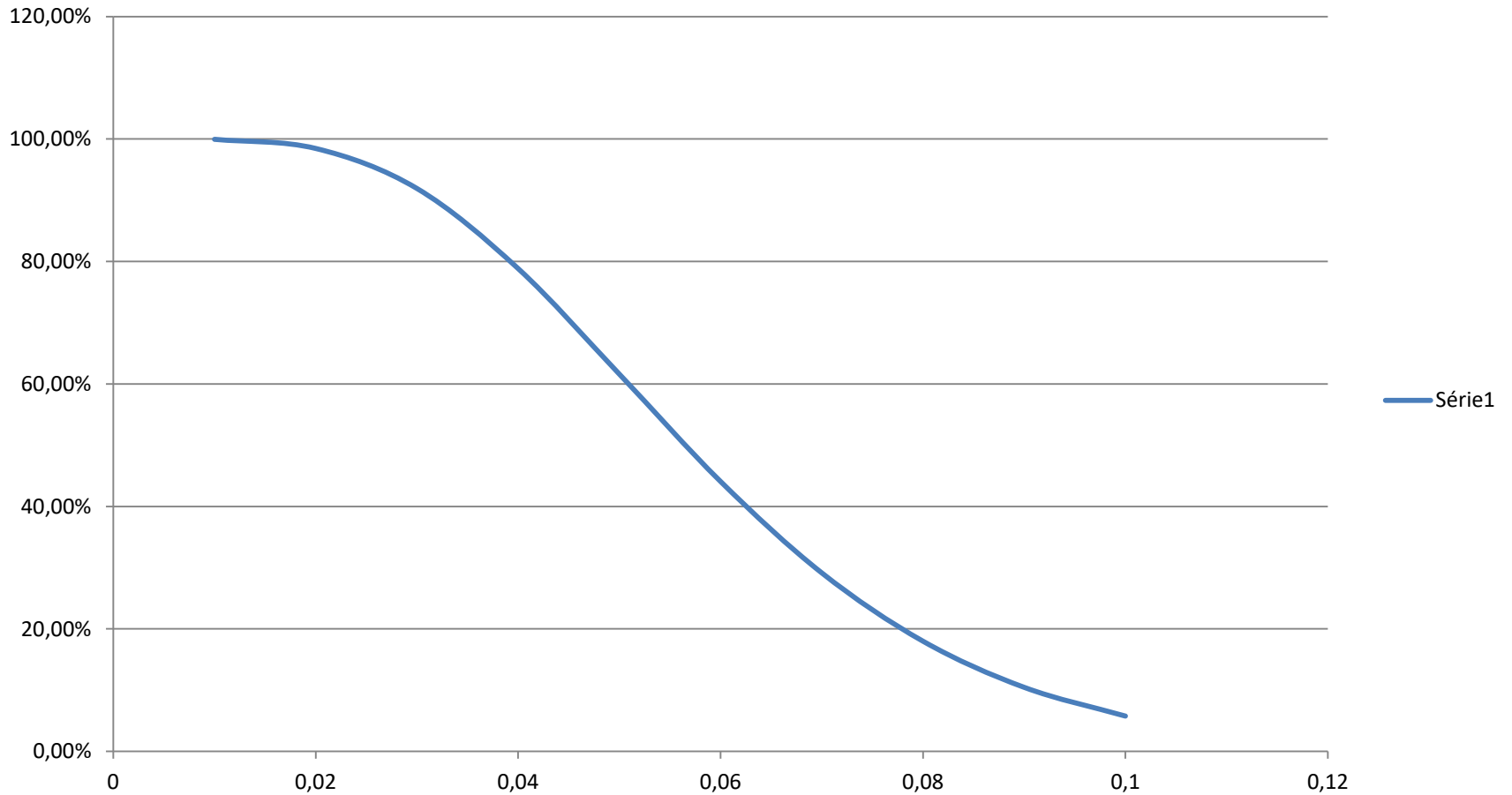
Courbe d'efficacité pour un plan d'échantillonnage  $n=100$ ,  $c=5$ .

n	p	c	<u>Pa</u>
100	0,01	5	0,99946547
100	0,02	5	0,98451636
100	0,03	5	0,91916287
100	0,04	5	0,78837486
100	0,05	5	0,61599913
100	0,06	5	0,44069272
100	0,07	5	0,29142485
100	0,08	5	0,17987644
100	0,09	5	0,10451715
100	0,1	5	0,05757689





# Exemple 2





## Exemple 2

- **Quel est le risque du fournisseur si celui-ci spécifie un niveau de qualité acceptable (NQA) de 2.5%?**

Le risque du fournisseur ( $\alpha$ ) étant le risque de refuser un bon lot, ce que l'on cherche est la probabilité de refuser un lot dont la qualité est de 2.5% d'unités défectueuses.

$$\alpha = 1 - \text{Prob}(\text{accepter un lot avec } p=2,5\%, n=100, c=5) \\ = 1 - P_a$$

$$P_a = 0,96 \text{ d'où } \alpha = 1 - 0,96 = 0,04$$



## Exemple 2

**Si le client spécifie que son niveau de qualité toléré (NQT) est de 10%, quel est le risque d'accepter un lot d'une telle qualité?**

Le risque du client ( $\beta$ ) est le risque d'accepter un mauvais lot.

$\beta = \text{Prob}(\text{accepter un mauvais lot avec } p=10\%, n=100, c=5) = P_a$

$\beta = P_a = 0,06$



**Si le client spécifie un risque  $\beta$  de 10%, quel est son niveau de qualité toléré (NQT)?**

Sur le graphique, pour  $\beta = Pa = 10\%$ , on lit  
 $p = \text{NQT} = 9,1\%$ .



# NQA

- Dans la pratique lorsque la taille des lots, le niveau de contrôle et le NQA, on peut déterminer à l'aide de tables la taille des échantillons, et le nombre de défectueux dans l'échantillon pour qu'on puisse accepter le lot et celui pour qu'on puisse refuser le lot



<b>EFFECTIF DES LOTS</b>	<b>LETTRE CODE</b>	<b>EFFECTIF DES ECHANTILLONAGES</b>
2 à 8	A	2
9 à 15	B	3
16 à 25	C	5
26 à 50	D	8
51 à 90	E	13
91 à 150	F	20
151 à 280	G	32
281 à 500	H	50
501 à 1200	J	80
1201 à 3200	K	125
3201 à 10000	L	200
10001 à 35000	M	315
35001 à 150000	N	500
150001 à 500000	P	800
> à 500001	Q	1250



# Université Internationale de Casablanca

LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES

Lettre code	n	A=0 R=1	A=1 R=2	A=2 R=3	A=3 R=4	A=5 R=6	A=7 R=8	A=10 R=11	A=14 R=15	A=21 R=22
A	2	6,5								
B	3	4								
C	5	2,5	10							
D	8	1,5	6,5	10						
E	13	1	4	6,5	10					
F	20	0,65	2,5	4	6,5	10				
G	32	0,4	1,5	2,5	4	6,5	10			
H	50	0,25	1	1,5	2,5	4	6,5	10		
J	80	0,15	0,65	1	1,5	2,5	4	6,5	10	
K	125	0,1	0,4	0,65	1	1,5	2,5	4	6,5	10
L	200	0,065	0,25	0,4	0,65	1	1,5	2,5	4	6,5
M	315	0,04	0,15	0,25	0,4	0,65	1	1,5	2,5	4
N	500	0,025	0,1	0,15	0,25	0,4	0,65	1	1,5	2,5
P	800	0,015	0,065	0,1	0,15	0,25	0,4	0,65	1	1,5
Q	1250		0,025	0,04	0,065	0,1	0,15	0,25	0,4	0,65



Contrôle de lots de 4000 pièces niveau de contrôle II  
avec un NQA de 1% :

- déterminer la taille de l'échantillon,
- déterminer les critères d'acceptation et de rejet.





La première table correspond à un niveau de contrôle II (le plus utilisé), elle permet de déterminer la lettre code (L) ainsi que la taille de l'échantillon:  $n=200$

La deuxième table nous permet de déterminer à partir de la lettre code et du NQA (1%) les critères A d'acceptation et R de rejet:  $A=5$  et  $R=6$ .

Cela signifie que pour valider le lot nous allons contrôler un échantillon de 200 pièces.

Si l'échantillon comporte  $A(5)$  ou moins de  $A$  pièces défectueuses le lot sera accepté et si l'échantillon comporte  $R(6)$  ou plus de  $R$  pièces défectueuses le lot sera refusé.



# Cartes de contrôle

- Outil de base pour le contrôle des procédés
- Son objectif est de maîtriser un processus mesurable par suivi graphique temporel basé sur des fondements statistiques
- Les causes des variations peuvent être classées en deux catégories:
  - Causes communes (aléatoire, stable et uniforme)
  - Causes spéciales (assignable)



- Le meilleur outil pour déterminer la cause de la variation est la carte de contrôle
- Une carte de contrôle permet d'isoler les causes des variations spéciales et ainsi les éradiquer pour rendre le processus stable, prévisible et sous contrôle



# Causes des dispersions

- Causes communes:
  - – Dispersion aléatoires (habituel)
  - – Pas de modèle, pas de tendance
  - – Inhérent au processus
  - – Ajuster le procédé augmente la variabilité
- Causes spéciales
  - – Dispersion systématique (inhabituel)
  - – Peut suivre une tendance, un modèle
  - – Assignable, explicable, contrôlable
  - – Un ajustement de procédé diminue sa variation

Dispersion totale = Dispersion systématique + Dispersion aléatoire

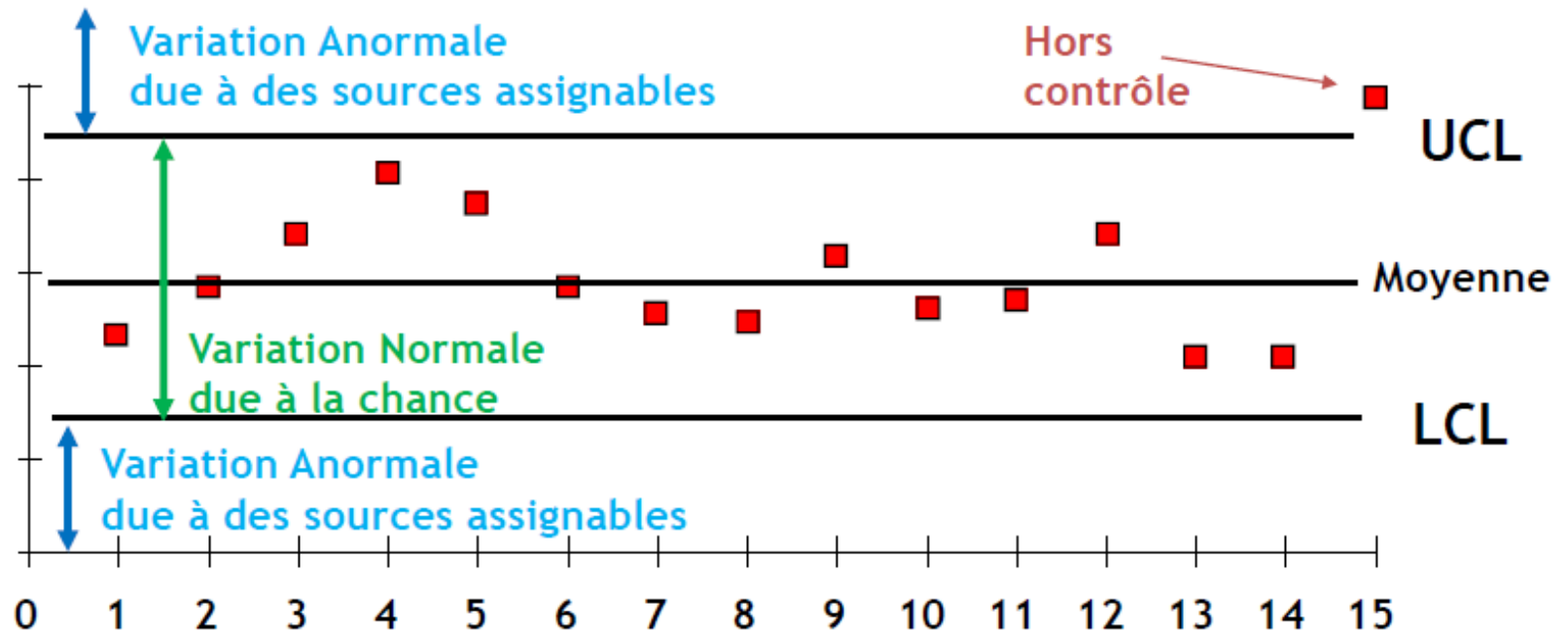


# Carte de Contrôle

- Objectif: suivre le résultat d'un procédé pour voir s'il est aléatoire
- Une représentation, ordonnée dans le temps, des statistiques d'échantillons obtenus lors d'un procédé en cours (i.e. moyennes d'échantillons)
- Les limites de contrôle basse et haute définissent l'écart de variation acceptable pour un procédé donné (+ ou  $- 3 \sigma$ ).



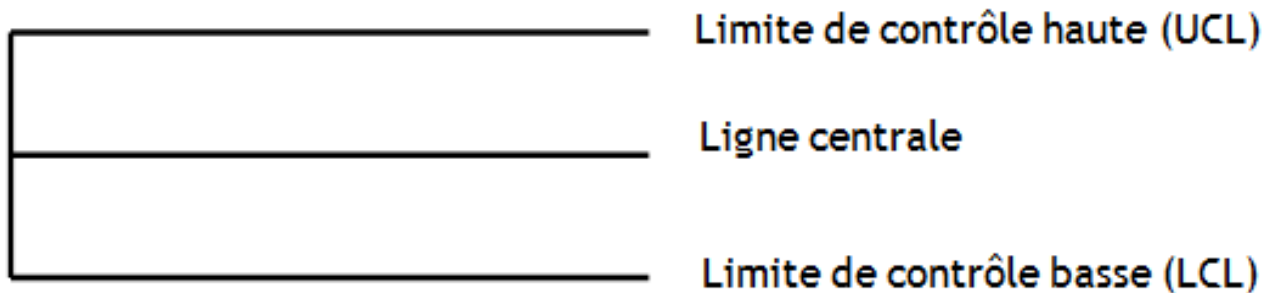
# Carte de Contrôle





# Les cartes de contrôle en général

- Elles sont nommées en fonction du type de données entrées, i.e.,  $\bar{X}$ , R, p, et c
- Elles ont une ligne centrée, qui représente la moyenne globale
- Elles ont des limites au-dessous et en dessus la ligne centrale à  $\pm 3$  écarts type (en général)



- Limite de contrôle basse (LCL)



# Applications des cartes de contrôle

- Visualisation de l'état du contrôle statistique
- Suivi d'un procédé / machine (monitoring) et signalisation d'une dérive du procédé / machine (hors contrôle)
- Détermination de la capabilité du procédé/machine





# Création de cartes de contrôle

- Préparer
  - Choisir la mesure
  - Déterminer comment collecter les données, l'échantillonnage, la taille, la fréquence
  - Créer une carte de contrôle initiale
- Collecter les données
  - Enregistrer les données
  - Effectuer les calculs appropriés (moyenne, écart type...)
  - Enregistrer les données dans la carte



# Étapes suivantes

- Déterminer les limites de contrôle
  - Ligne centrale (moyenne des mesures)
  - Calcule des limites UCL, LCL (+/- 3  $\sigma$ )
- Analyser et interpréter les résultats
  - Déterminer si le procédé est sous contrôle
  - Éliminer les mesures hors contrôle
  - Recalculer les limites de contrôle si besoin



# Limites

- Limites de contrôle et de procédé:
  - Statistique
  - Les limites de procédés sont utilisés pour les mesures individuelles
  - Les limites de contrôle sont utilisées pour les moyennes
  - Limites =  $\bar{X} \pm 3\sigma$
  - Définit ce qui est normal (causes communes) & anormal (causes spécifiques)
- Limites de spécification:
  - Ingénierie, produit fini
  - Limites = objectif  $\pm$  tolerance
  - Définit ce qui est acceptable & inacceptable pour le client

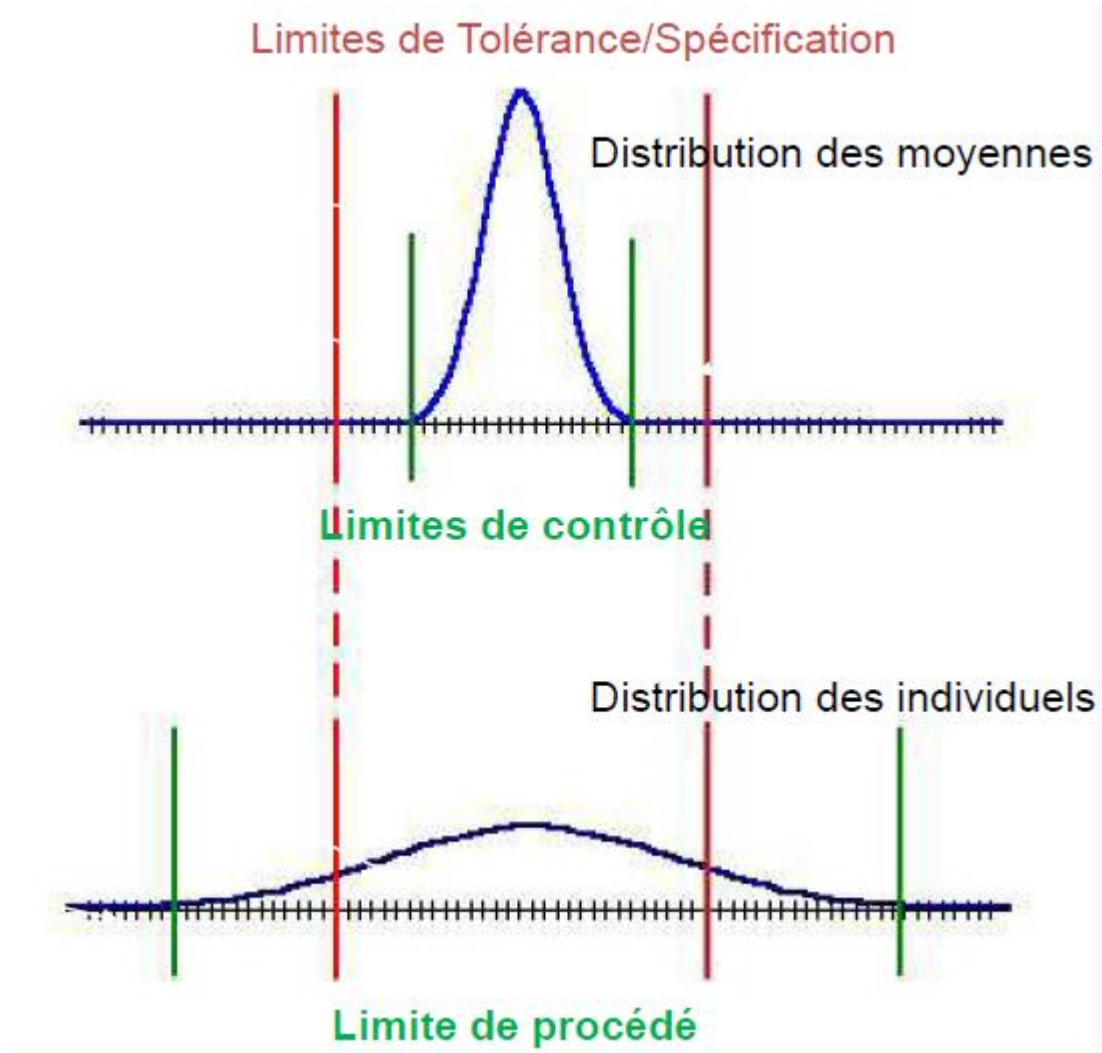


# Limites de contrôle vs limites de procédé

Variance des moyennes

<

Variance des mesures  
individuelles





- Centrage du procédé
  - Carte  $\bar{X}$
  - $\bar{X}$  = moyenne des mesures d'un échantillon

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

- Dispersion du procédé
    - Carte R
    - R écart des mesures d'un échantillon
- $$R = \max (X_i) - \min (X_i)$$



# Care X bar

- La ligne centrale est la moyenne des moyennes (X double bar)
- Les points sont des X bars  $\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{j=1}^m \bar{X}}{m}$
- Limite de contrôle supérieure  $UCL = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$
- Limite de contrôle inférieure  $LCL = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$



# Carte R

- La ligne centrale est la moyenne des écarts ( $\bar{R}$ )
- Les points sont les  $R$  (écart de chaque échantillon)
- Les valeurs  $A_2$ ,  $D_3$  et  $D_4$  sont définies en fonction de la taille de l'échantillon

$$UCL = D_4 \bar{R} \quad LCL = D_3 \bar{R}$$



# Coefficients pour les cartes de contrôle

Observations in Sample, $n$	Chart for Averages			Chart for Standard Deviations						Chart for Ranges						
	Factors for Control Limits			Factors for Center Line		Factors for Control Limits				Factors for Center Line		Factors for Control Limits				
	$A$	$A_2$	$A_3$	$c_4$	$1/c_4$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$B_6$	$d_2$	$1/d_2$	$d_3$	$D_1$	$D_2$	$D_3$	$D_4$
2	2.121	1.880	2.659	0.7979	1.2533	0	3.267	0	2.606	1.128	0.8865	0.853	0	3.686	0	3.267
3	1.732	1.023	1.954	0.8862	1.1284	0	2.568	0	2.276	1.693	0.5907	0.888	0	4.358	0	2.574
4	1.500	0.729	1.628	0.9213	1.0854	0	2.266	0	2.088	2.059	0.4857	0.880	0	4.698	0	2.282
5	1.342	0.577	1.427	0.9400	1.0638	0	2.089	0	1.964	2.326	0.4299	0.864	0	4.918	0	2.114
6	1.225	0.483	1.287	0.9515	1.0510	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0.3946	0.848	0	5.078	0	2.004
7	1.134	0.419	1.182	0.9594	1.0423	0.118	1.882	0.113	1.806	2.704	0.3698	0.833	0.204	5.204	0.076	1.924
8	1.061	0.373	1.099	0.9650	1.0363	0.185	1.815	0.179	1.751	2.847	0.3512	0.820	0.388	5.306	0.136	1.864
9	1.000	0.337	1.032	0.9693	1.0317	0.239	1.761	0.232	1.707	2.970	0.3367	0.808	0.547	5.393	0.184	1.816
10	0.949	0.308	0.975	0.9727	1.0281	0.284	1.716	0.276	1.669	3.078	0.3249	0.797	0.687	5.469	0.223	1.777
11	0.905	0.285	0.927	0.9754	1.0252	0.321	1.679	0.313	1.637	3.173	0.3152	0.787	0.811	5.535	0.256	1.744
12	0.866	0.266	0.886	0.9776	1.0229	0.354	1.646	0.346	1.610	3.258	0.3069	0.778	0.922	5.594	0.283	1.717
13	0.832	0.249	0.850	0.9794	1.0210	0.382	1.618	0.374	1.585	3.336	0.2998	0.770	1.025	5.647	0.307	1.693
14	0.802	0.235	0.817	0.9810	1.0194	0.406	1.594	0.399	1.563	3.407	0.2935	0.763	1.118	5.696	0.328	1.672
15	0.775	0.223	0.789	0.9823	1.0180	0.428	1.572	0.421	1.544	3.472	0.2880	0.756	1.203	5.741	0.347	1.653
16	0.750	0.212	0.763	0.9835	1.0168	0.448	1.552	0.440	1.526	3.532	0.2831	0.750	1.282	5.782	0.363	1.637
17	0.728	0.203	0.739	0.9845	1.0157	0.466	1.534	0.458	1.511	3.588	0.2787	0.744	1.356	5.820	0.378	1.622
18	0.707	0.194	0.718	0.9854	1.0148	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	0.2747	0.739	1.424	5.856	0.391	1.608
19	0.688	0.187	0.698	0.9862	1.0140	0.497	1.503	0.490	1.483	3.689	0.2711	0.734	1.487	5.891	0.403	1.597
20	0.671	0.180	0.680	0.9869	1.0133	0.510	1.490	0.504	1.470	3.735	0.2677	0.729	1.549	5.921	0.415	1.585
21	0.655	0.173	0.663	0.9876	1.0126	0.523	1.477	0.516	1.459	3.778	0.2647	0.724	1.605	5.951	0.425	1.575
22	0.640	0.167	0.647	0.9882	1.0119	0.534	1.466	0.528	1.448	3.819	0.2618	0.720	1.659	5.979	0.434	1.566
23	0.626	0.162	0.633	0.9887	1.0114	0.545	1.455	0.539	1.438	3.858	0.2592	0.716	1.710	6.006	0.443	1.557
24	0.612	0.157	0.619	0.9892	1.0109	0.555	1.445	0.549	1.429	3.895	0.2567	0.712	1.759	6.031	0.451	1.548
25	0.600	0.153	0.606	0.9896	1.0105	0.565	1.435	0.559	1.420	3.931	0.2544	0.708	1.806	6.056	0.459	1.541





**Université Internationale  
de Casablanca**

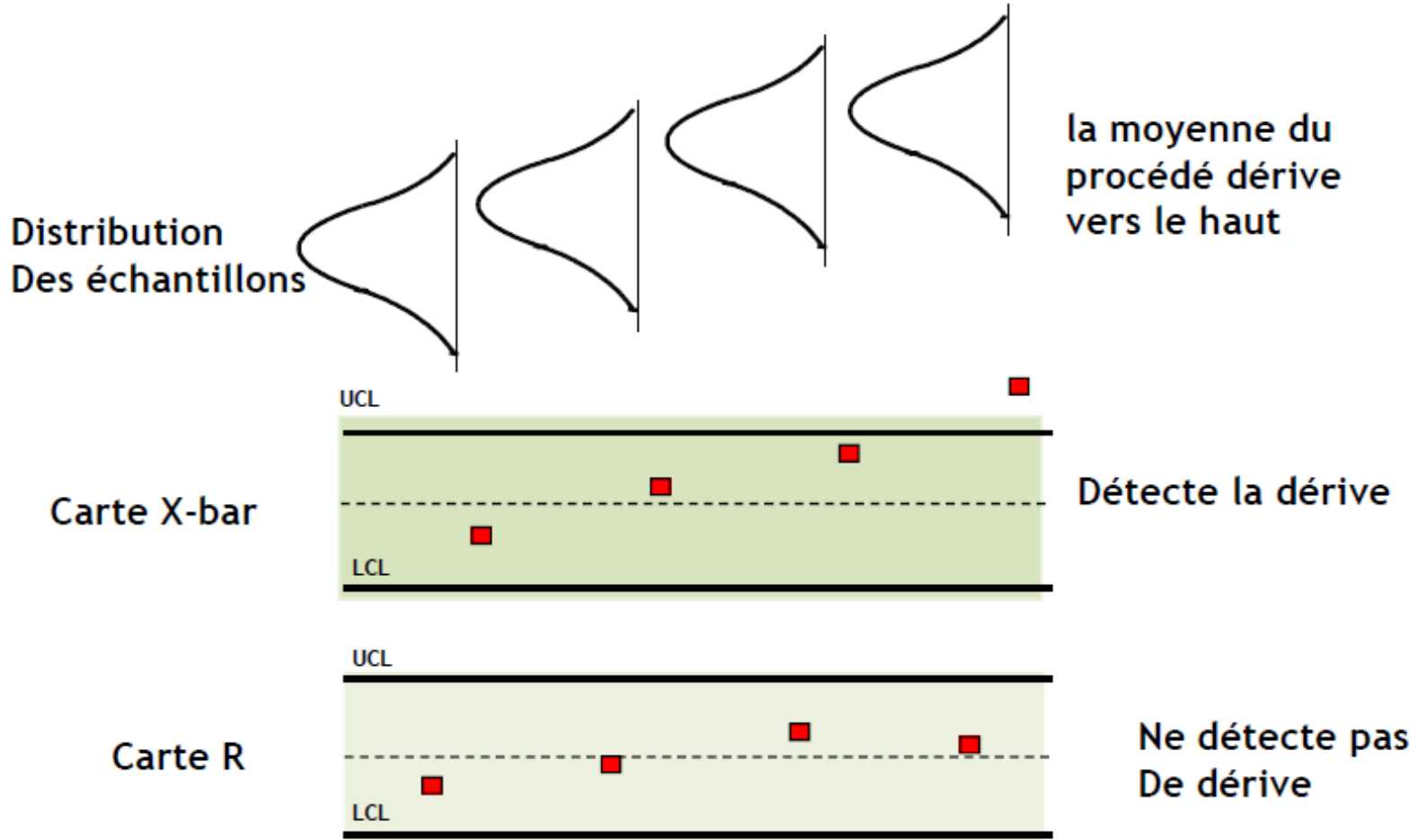
LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES

# Exemple

[Fichier Excel](#)

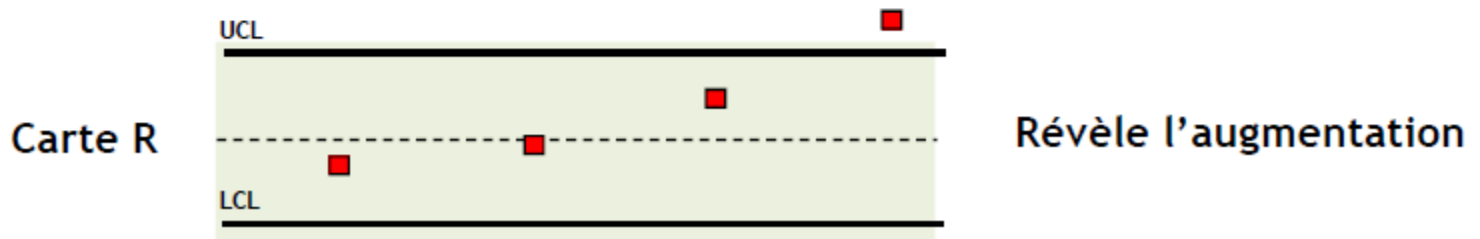
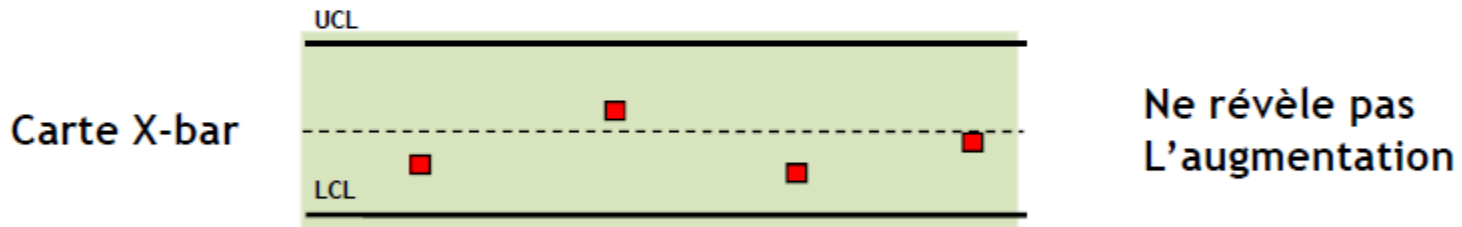
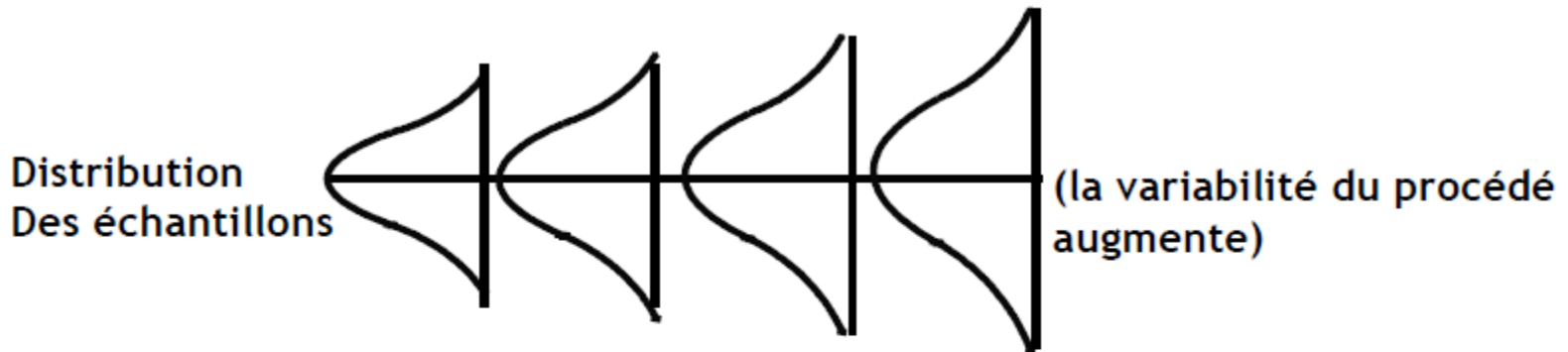


# Cartes des moyennes et des écarts



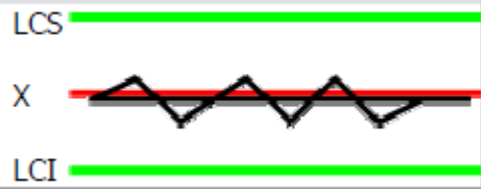
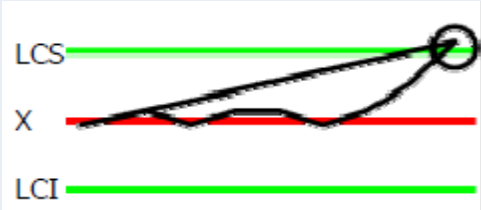
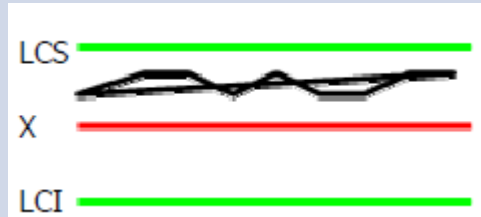
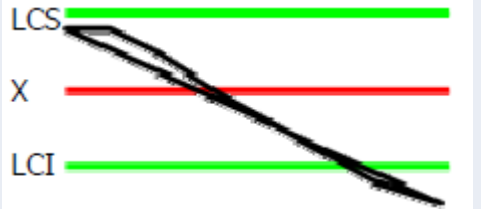


# Cartes des moyennes et des écarts

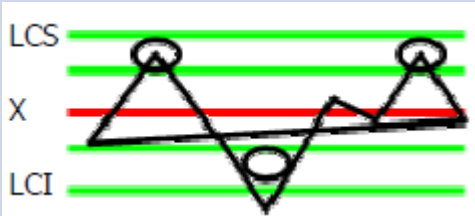




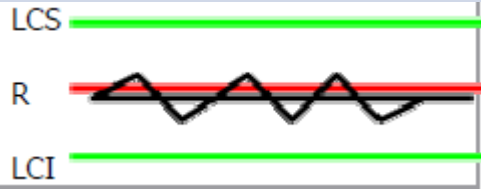
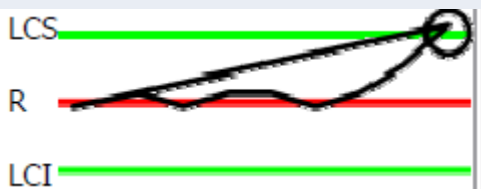
# Utilisation

Résultat du contrôle	Constat	Interprétation	Correction à apporter
	Pas de grande variation de la moyenne	Processus réglé et stable	Pas de correction à envisager.
	La dernière moyenne est trop grande et sort des limites de contrôle	Le processus dérive, il faut en trouver la cause pour le corriger durablement	Intervenir et régler le processus. Utiliser le journal de bord pour trouver la cause et corriger
	Une série de sept points consécutifs du même côté de la moyenne	Le processus dérive, ce qui peut être dû à un mauvais réglage initial.	Intervenir et régler le processus. Utiliser le journal de bord pour trouver la cause et corriger
	Série de sept points consécutifs en dérive constante.	Processus en dérive constante, risque de production mauvaise	Régler le processus. Chercher la cause, sans doute spéciale



Résultat du contrôle	Constat	Interprétation	Correction à apporter
 <p>The control chart displays a process with a mean (X) and control limits (LCS, LCI). The data points show a clear upward trend, indicating a shift in the process mean.</p>	Les 2/3 des points sont en dehors d'une zone centrée autour de la moyenne	Forte probabilité de dérive due à une cause aléatoire	Renforcer la surveillance . Modifier les conditions de production pour trouver la cause aléatoire



Résultat du contrôle	Constat	Interprétation	Correction à apporter
	Pas de grande variation de l'étendue	Processus réglé et stable.	Pas de correction à envisager.
	L'étendue d'un échantillon sort des limites de contrôle.	Etendue trop grande, le processus n'est plus capable	



# Mises sous contrôle

- Utiliser un outil de résolution de problème
  - Continuer à collecter et enregistrer les données
  - Faire une action corrective si besoin
- Mettre sous contrôle la fabrication
- Pour cela, il existe 2 indicateurs :
  - L'indice de capabilité du procédé / machine
    - $C_p/C_m$
  - L'indicateur de déréglage (Capabilité réelle)
    - $C_{pk}/C_{mk}$



# Capabilité du Procédé / Machine

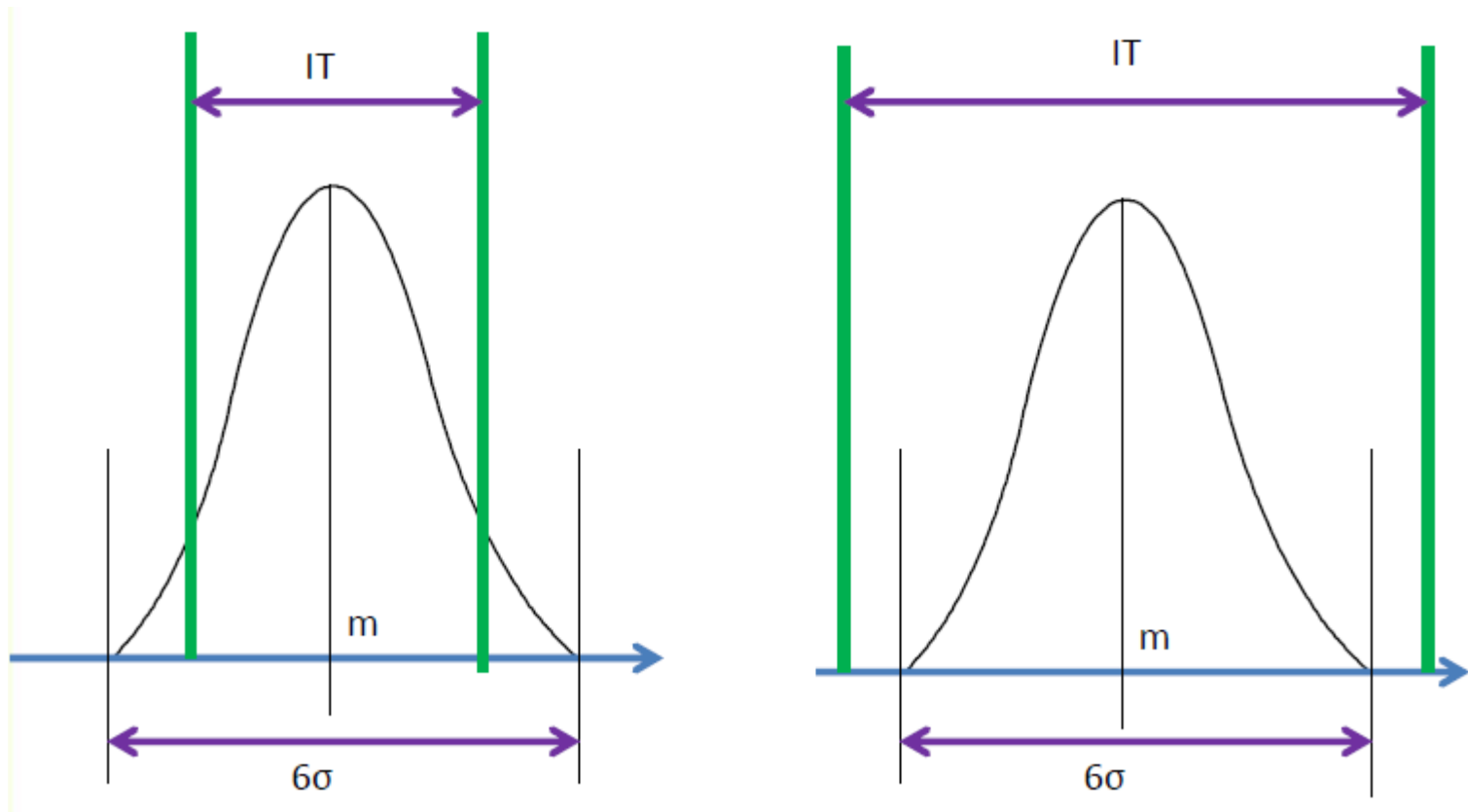
- Tolérances ou spécifications (IT)
  - Écart de valeurs acceptables établi pour un produit par les concepteurs (ingénieurs) ou par les
- besoins du clients.
  - Variabilité du Procédé / machine
- Variabilité naturelle dans un procédé / machine
- Capabilité du procédé / machine
  - Variabilité relative d'un procédé / machine par rapport à une spécification.





# Indice de Capabilité

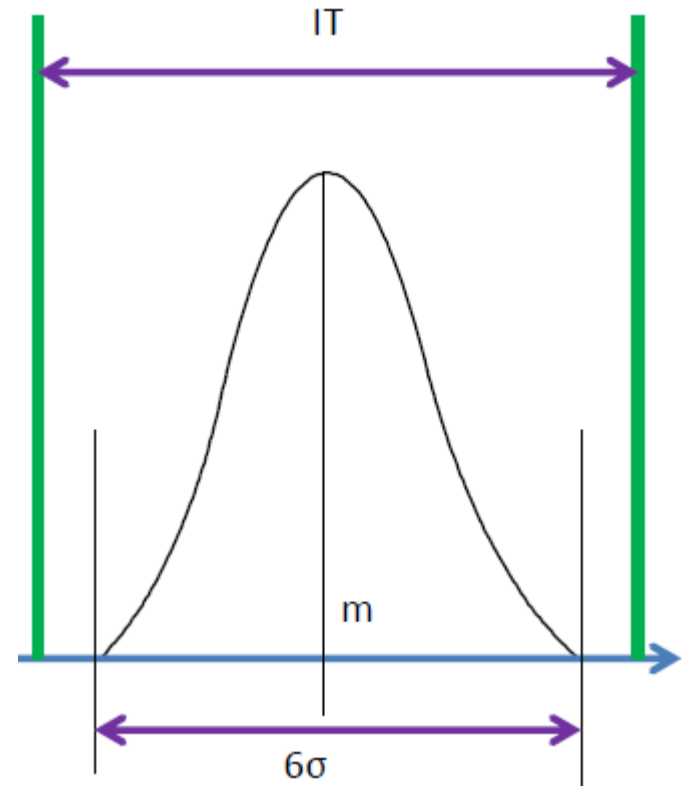
Cet indicateur compare la performance attendue (IT) et la performance obtenue (Dispersion)





# Indice de Capabilité

- $C_p$  ou  $C_m = \frac{\text{Intervalle de tolérance}}{\text{Dispersion instantanée}} = \frac{IT}{6\sigma}$
- La machine sera capable si  $C_m > 1,33$
- Le procédé sera capable si  $C_p > 1,33$

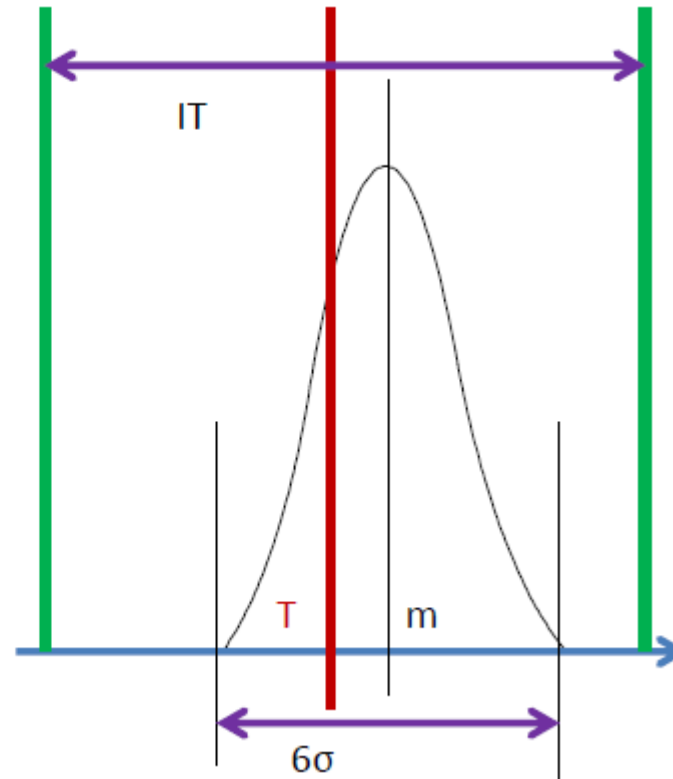




# Indicateur de déréglage

L'indicateur  $C_m$  ou  $C_p$  ne suffit pas car il ne tient pas compte du déréglage. On introduit alors un autre indicateur  $C_{mk}$  ou  $C_{pk}$ .

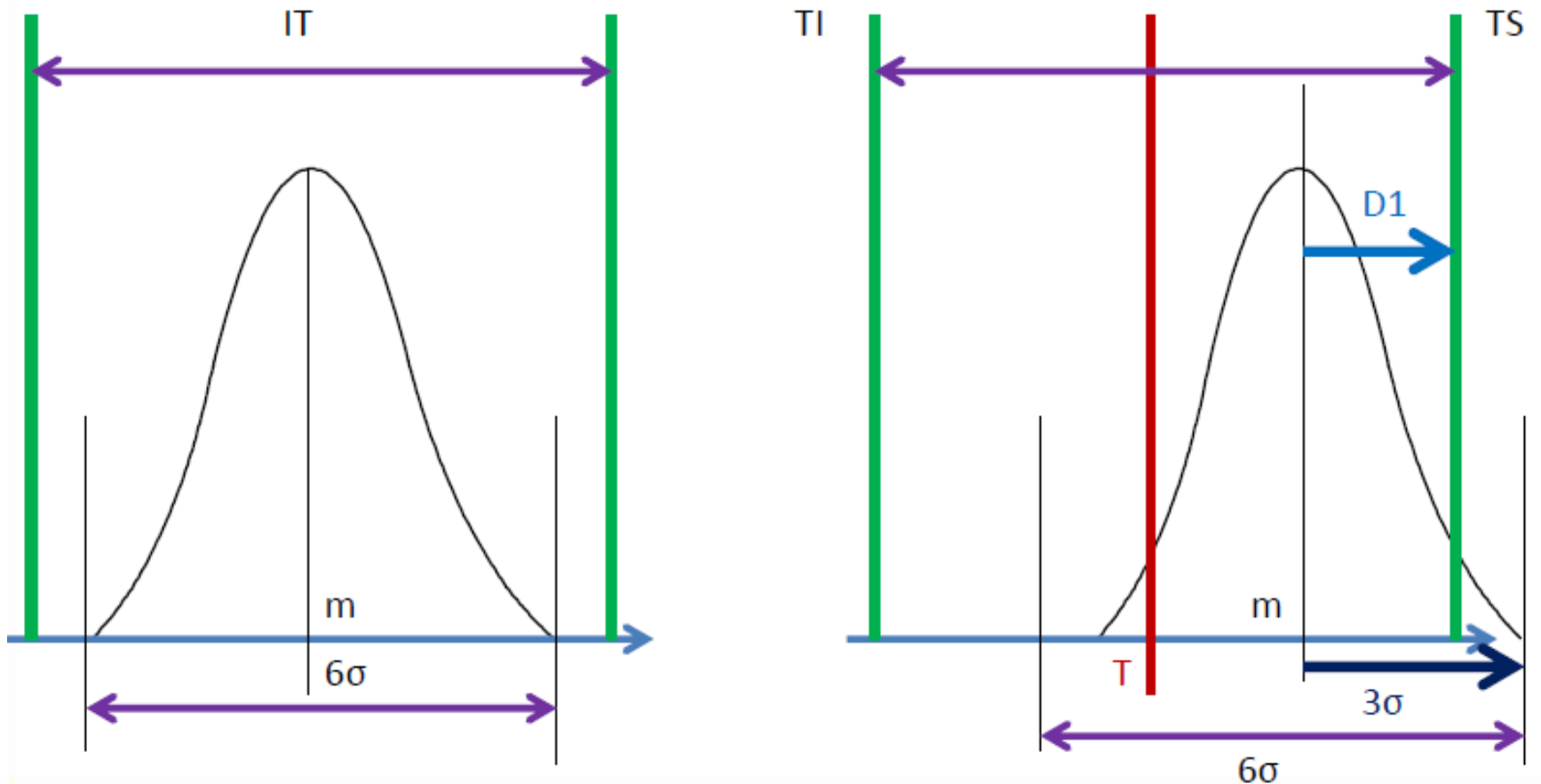
$C_p > 1.33$   
Mais procédé (m)  
décalé par rapport  
à la cible (T)





# Indice de déréglage

$$Cpk \text{ ou } Cmk = \frac{\text{Distance moyenne / limite spec+proche}}{\frac{1}{2}\text{Dispersion instantanée}} = \frac{D1}{3\sigma}$$

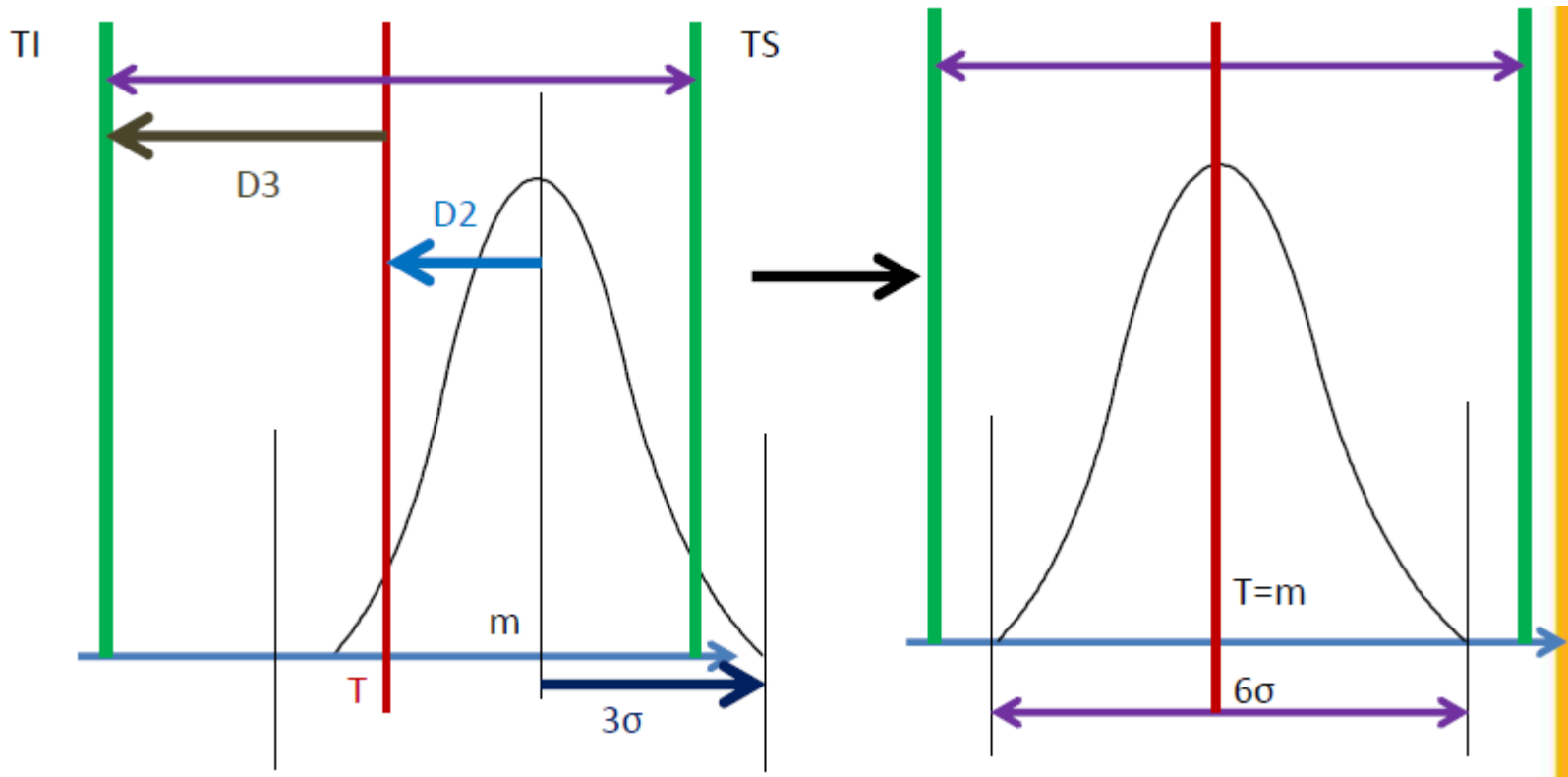




# Indice de déréglage

$$K = \frac{\text{Distance entre cible et moyenne}}{\frac{1}{2} \text{Tolérance}} = \frac{|T-m|}{(TI-TS)/2} = \frac{D2}{D3}$$

Si le procédé est centré :  $T=m$ ,  $k=0$  alors  $Cpk=Cp$





Université Internationale  
de Casablanca

LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES

# Indice de capabilité réelle

La machine sera capable si  $C_{mk} > 1,33$

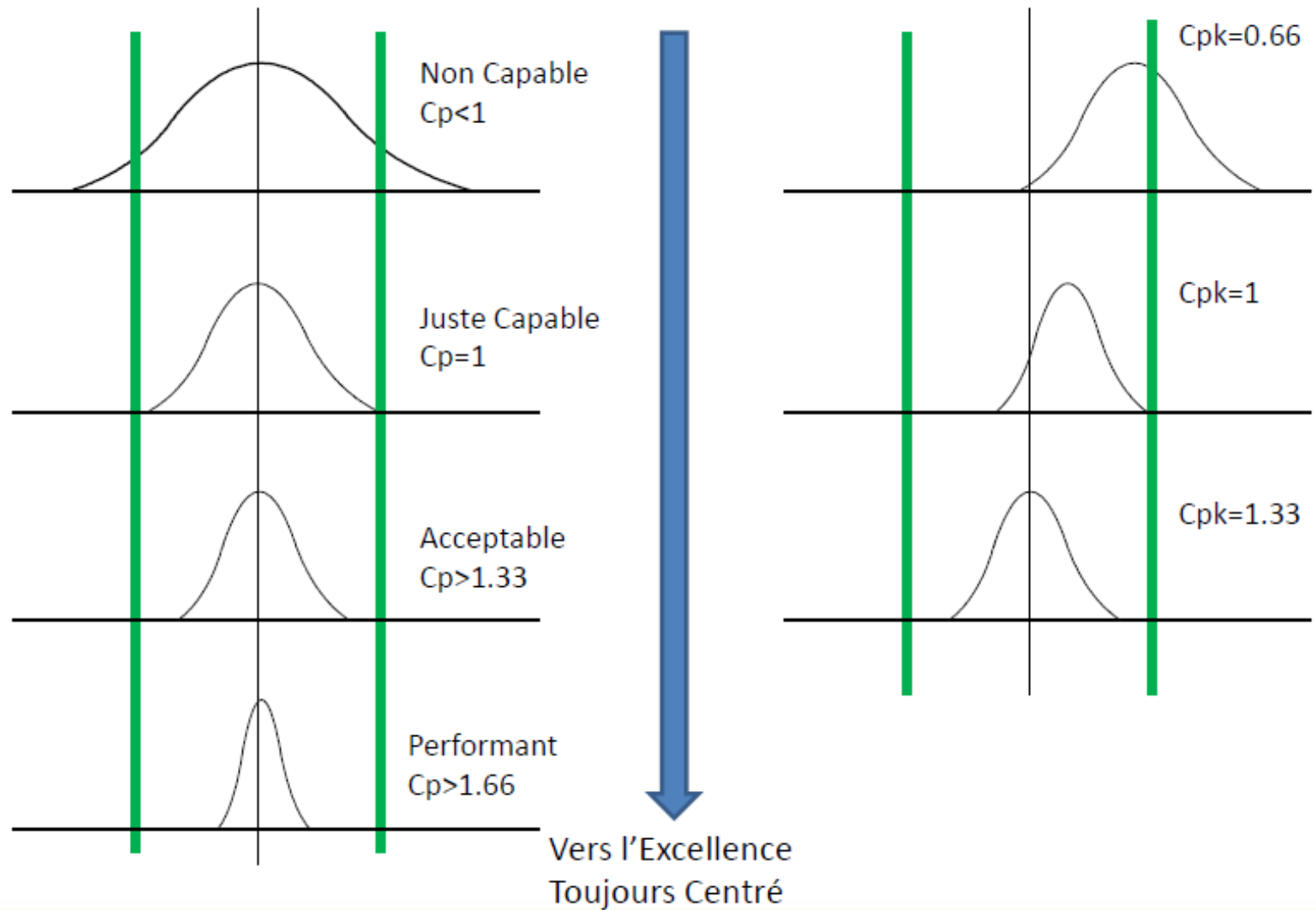
Le procédé sera capable si  $C_{pk} > 1,33$

La capacité machine apparaît comme une limite de la capabilité procédé, c'est-à-dire que  $C_{pk}$  tend vers  $C_{mk}$  quand on maîtrise les 4M autre que la machine.

(Main d'œuvre Méthode, Milieu, Matière)



# En résumé





**Université Internationale  
de Casablanca**

LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES

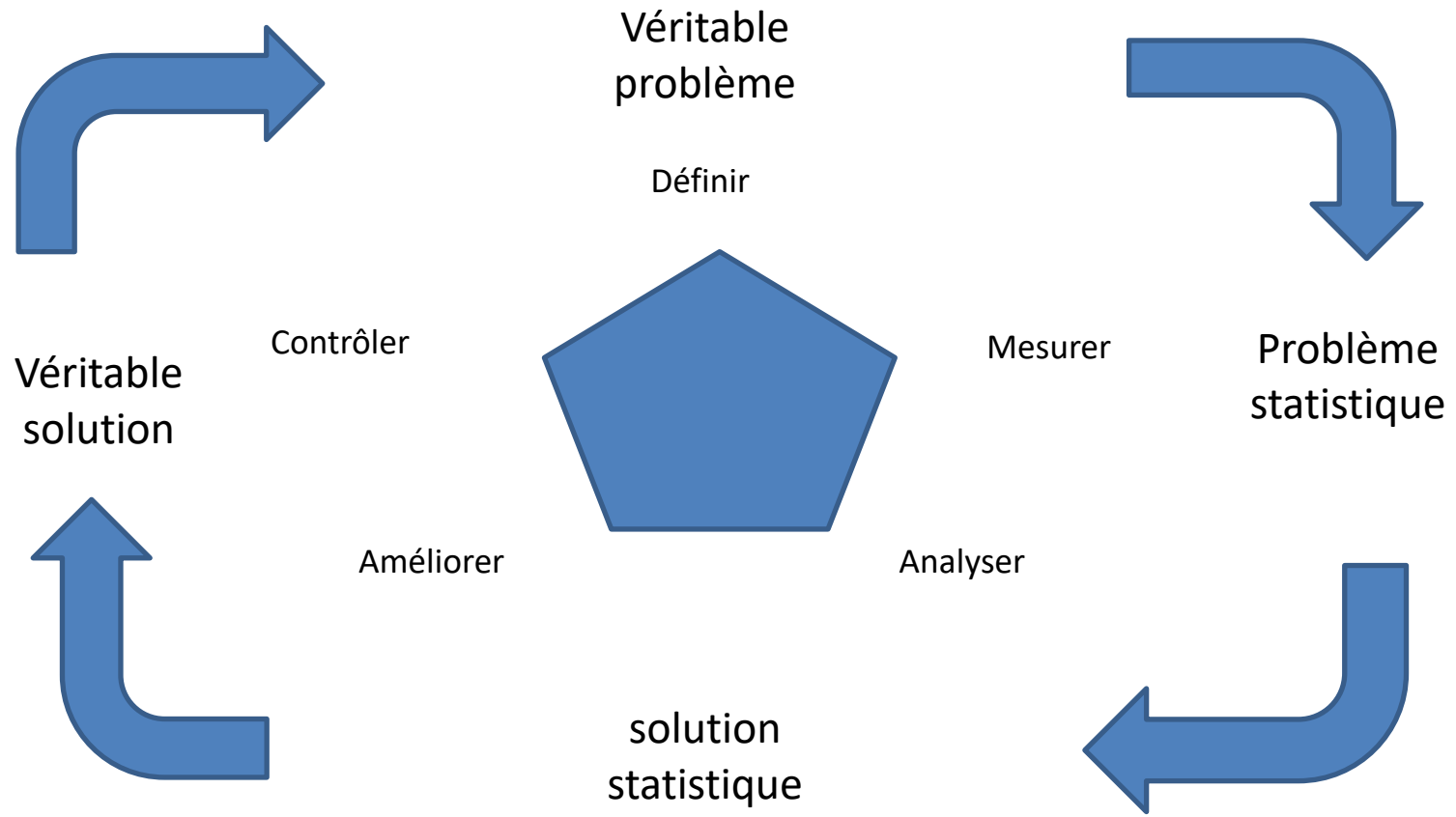
# Exemple

[Fichier Excel](#)





## L'approche DMAIC





# L'approche DMAIC

C'est une approche de résolution de problèmes complexes

## Un ensemble d'activités et de processus

**Présentation des différentes activités et des procédures pour chacune des étapes du DMAIC**

D1. identification et cartographie haut niveau des processus à analyser

D2. identification des parties prenantes

D3. identifications et affectation d'un code de priorité pour chaque besoin et exigence du client



# L'approche DMAIC

**Mesurer : traduction du problème sous une forme quantitative, mesure de la situation actuelle, définition des objectifs**

M1 : sélection des CTQ's (Critical to Quality)

M2 : définition opérationnelle des CTQ's et des exigences

M3 : validation du système de mesure de chaque CTQ

M4 : évaluations de la capacité actuelle des processus de production

M5 définition des objectifs



# L'approche DMAIC

**Analyser : identification des facteurs d'influence et des causes de détermination du comportement de chaque CTQ**

A1 : identification de facteurs potentiels d'influence

A2 : sélection des facteurs d'influence vitaux et critiques

**Innover (Improve) : conception et mise en place des ajustements au sein du processus de production pour améliorer la performance des CTQ's**

I1 : quantification des relations entre les différentes variables (Xs) et les CTQ's

I2 : conceptions d'actions de modification processus, au paramétrage des facteurs d'influence de manière à optimiser les CTQ's

I3 : conduite d'une série de tests pilotes des actions d'amélioration



**Université Internationale  
de Casablanca**

LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES

# L'approche DMAIC

**Contrôler : vérification empirique des résultats du projet,  
ajustements de la gestion des processus et du système de  
contrôle pour garantir l'amélioration de la performance sur  
le long terme**

C1 : définition de nouvelles capacités pour le processus

C2 : mise en place de plans de contrôle



# DMAIC : ACTIVITES & METHODES ASSOCIEES

## Définir :

Le sujet et l'objectif sont définis de manière spécifique

- CTQ externe. Les grandes lignes des attentes du client
- CTQ interne. Comment le mesurer
- Unité. L'objet dont le CTQ interne est un attribut
- Défauts et opportunités. Un défaut se produit à partir d'une opportunité. Le nombre de défauts par million d'opportunités (DPMO) correspond à la qualité d'un processus de production.
- Population. Elle est constituée de toutes les opportunités

Lorsque tous les termes précédents ont été définis, on peut entamer la phase de mesure.



# DMAIC : ACTIVITES & METHODES ASSOCIEES

## **Mesurer :**

Obtenir un ensemble de données fiables et cohérentes.  
Pour y parvenir, un ensemble de précautions :

- Validité. La mesure reflète-t-elle l'objectif et/ou l'attribut que nous voulons analyser ?
- Biais. Existe-t-il des facteurs qui influencent les mesures? Ainsi, la population que nous mesurons se comporte-t-elle de manière différente par rapport à ce qu'elle est réellement?
- Stabilité. Fluctuation dans le temps
- Résolution. Degré de détails et de précisions. Elle définit la quantité d'informations qui peut être fournie



## DMAIC : ACTIVITES & METHODES ASSOCIEES

- Linéarité. Déviation au niveau des extrêmes
- Répétabilité. Si la mesure est répétée dans les mêmes conditions, le résultat est-il le même?
- Reproductibilité. Variation obtenue par plusieurs personnes qui mesurent le même échantillon en utilisant la même technique de mesure





# DMAIC : ACTIVITES & METHODES ASSOCIEES

## **Analyser :**

La capacité actuelle peut être évaluée.

En outre, les objectifs d'amélioration peuvent être définies.

- Carte de contrôle.
- Analyse de la répartition. Forme de la distribution
- Analyse de capacité du processus. On fixe les limites de spécifications



Une fois la capabilité du processus connue, on peut prévoir plus précisément les objectifs. Deux indicateurs

1. Une nouvelle moyenne (objectif) pour CTQ int
2. Un nouveau niveau de la variance est établi pour déterminer comment le futur processus peut fluctuer tout en restant tout le temps dans les limites de spécification

Une fois les différences entre les valeurs actuelles et futures de la moyenne et du niveau de variabilité



# DMAIC : ACTIVITES & METHODES ASSOCIEES

## Améliorer :

Faire la différence entre les vital few et trivial many.

Une fois les facteurs d'influence identifiés, un certain nombre d'entre eux permettent de prévoir le comportement du CTQ. Une équation mathématique est modélisée

- Régression
- Plan d'expérience. Lien de causalité
- Modèle linéaire général. Var discrète et var continues
- Les var d'influence peuvent s'influencer mutuellement
- $CTQ = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$  fonction de transfert



# DMAIC : ACTIVITES & METHODES ASSOCIEES

## Améliorer :

Ainsi connaissant les valeurs cibles pour CTQ on peut calculer grâce à la fonction de transfert :

- la moyenne optimale des  $X$  pour atteindre la moyenne optimale de CTQ
- La variation maximale autorisé de  $X$ , à l'intérieur des limites de spécifications pour CTQ



Université Internationale  
de Casablanca

LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES

# DMAIC : ACTIVITES & METHODES ASSOCIEES

## **Améliorer :**

Donc au lieu de simplement mesurer le résultat, nous identifions et contrôlons les facteurs d'influence sur ce même résultat.

Cela fournit les moyens de gérer, d'adapter et d'améliorer le processus de production.



# DMAIC : ACTIVITES & METHODES ASSOCIEES

## **contrôler :**

De manière à garder le contrôle sur l'amélioration du processus, un système de suivi est mis en place

- OCAP (out of control action plan)
- Les boucles de carte de contrôle



Univer:  
de Cas  
LAUREATE

1

Lister les besoins du client

2

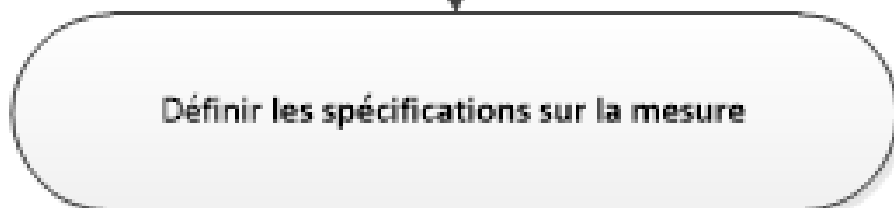
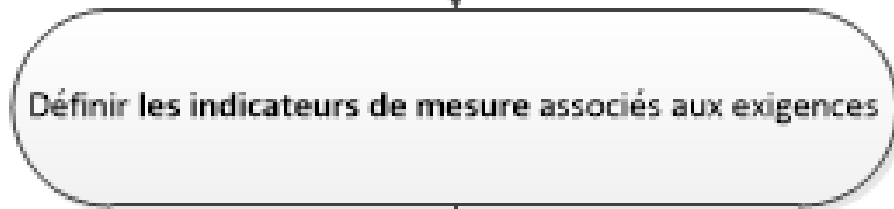
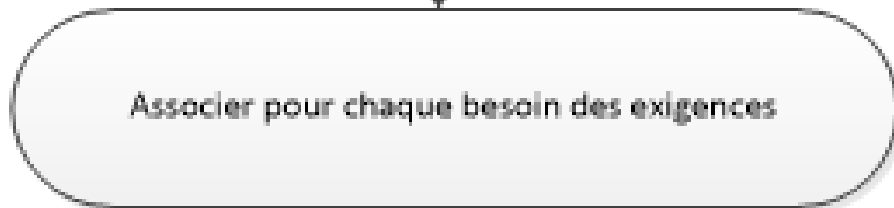
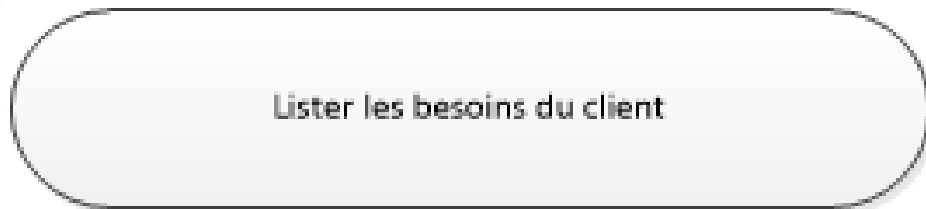
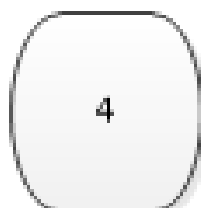
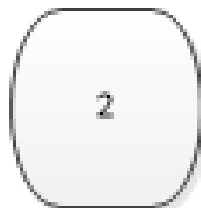
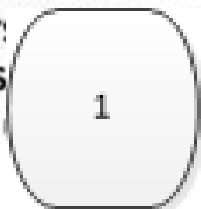
Associer pour chaque besoin des exigences

3

Définir les indicateurs de mesure associés aux exigences

4

Définir les spécifications sur la mesure





- OUTIL 1 : QQOQCCP
- OUTIL 2 : BRAINSTORMING
- OUTIL 3 : VOTE PONDERE
- OUTIL 4 : DIAGRAMME D'ISHIKAWA
- OUTIL 5 : DIAGRAMME DE PARETO
- OUTIL 6 : FEUILLE DE COLLECTE DE DONNEES
- OUTIL 7 : DIAGRAMME DE FLUX





# OUTIL 1 : QQOQCCP

- Cet outil permet de définir précisément le problème
- Permet aussi de construire le plan de collecte des données dans la phase Mesurer
- Permet de définir le plan de contrôle dans la phase Contrôler
- Objectif : avoir toutes les informations nécessaires pour étudier un système
- Mode opératoire: Sept questions



## Les questions du QQOQCCP

Question	Exemple
Qui ?	Parties prenantes telles que demandeur, client,....
Quoi ?	Objet, processus, méthode, opération....
Où ?	Lieu, département, atelier, activité
Quand ?	Date, durée, planning, moment...
Comment ?	Ressources, procédures, manière..
Combien ?	Argent, temps, quantité, fréquence, pourcentage
Pourquoi ?	Réaliser telle action, respecter telle procédure...



## OUTIL 2 : BRAINSTORMING

**Objectif** : résoudre un problème en groupe pluridisciplinaire en recherchant les causes et/ou les solutions.

**Mode opératoire** : trois étapes

1. Recherche :
2. Regroupement et combinaison des idées :
3. Conclusion :



## OUTIL 3 : VOTE PONDERE

Permet de faciliter le choix entre plusieurs possibilités pour avoir une décision consensuelle.

**Objectif** : Permet de faire le choix lorsque les données sont qualitatives en l'absence de données factuelles chiffrées

**Mode opératoire** :

1. Multicritère : chacune des causes est pondérée en fonction de deux critères, la gravité et la fréquence. Le poids relatif de chaque cause est établi par la multiplication des poids attribués à chacun des critères.

2. Simple : sans critère. Suffisant si problème pas complexe. Chaque membre choisit les causes et les classe. On additionne les points et on retient l'option qui a le total le plus élevé



## OUTIL 4 : DIAGRAMME D'ISHIKAWA

Le diagramme d'ishikawa également appelé diagramme cause à effet, ou en arête de poisson ou de 5M à 7M, permet de mettre en relation toutes les causes potentielles d'un problème, de les classer et de les hiérarchiser.

### **Objectif :**

- Associer des causes multiples à un seul effet ou problème.
- Mettre en évidence les relations de causes à effet

### **Mode opératoire :**

1. Définir l'effet ou problème
2. Chercher en brainstorming, toutes les causes possibles
3. Regrouper en familles les causes : Milieu, main-d'œuvre, machine, matière, méthode, ...Eventuellement mesures, management



## L'environnement

- Fortes chaleurs ↗ température du béton frais;
- Bouchons routiers → prise du béton
- Pluie mouillant les granulats ou baissant la temp des enrobés
- Forte humidité ou vents puissants impactant sur la qualité des soudures
- .....



# Main d'oeuvre

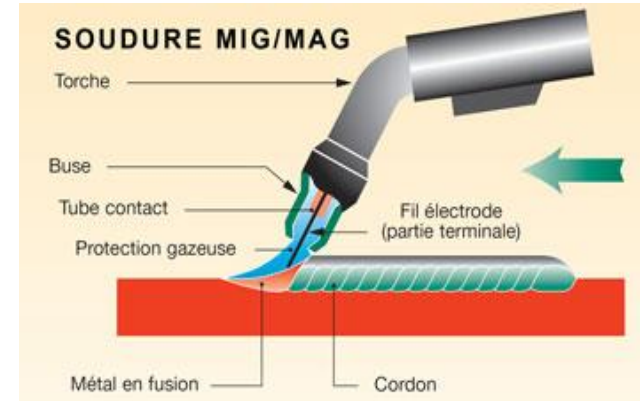


## Opérateur :

- non formé ou non qualifié
- Mal encadré
- Sabotage
- Manque de communication entre les personnes
- Démotivé
- Absence de sécurité
- ...



# Machine



- Machine-outil : ne peut pas usiner à la tolérance, non capable
- Postes de soudures non réglés (tension, pression gaz...)
- Centrale à béton ou enrobés dérégulée
- concasseur
- Ordinateur ralenti par un virus
- Réseau informatique en panne





Université Internationale  
de Casablanca

LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES

# matière

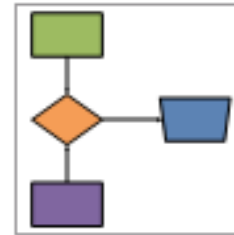


## Les intrants dans la fabrication

- Qualité des granulats (changement de front à la carrière)
- Eau de gâchage polluée
- Fluctuations dans la pression du gaz
- Les boulons n'ont plus le même pas de vis

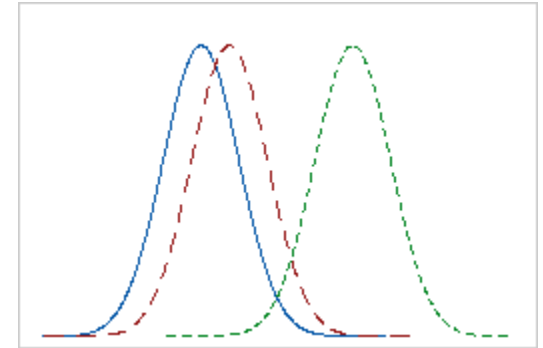
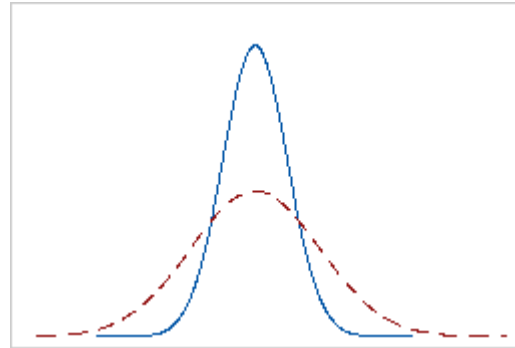
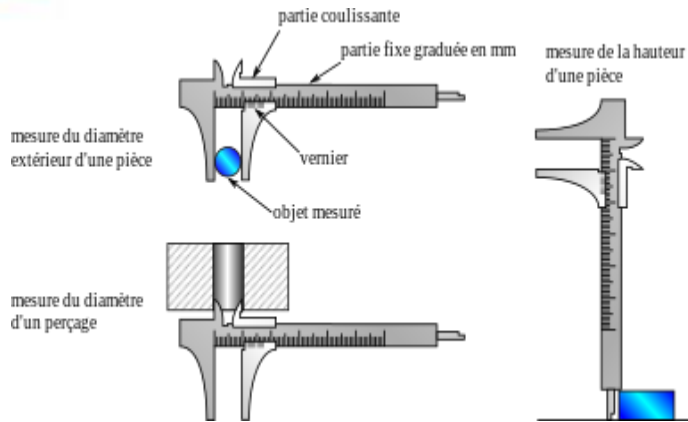


# Méthode



## Processus de fabrication

- Le temps de malaxage insuffisant
- Préchauffage non uniforme
- Pas assez d'espace de stockage
- Le planning de livraison est mal conçu
- Décoffrage à trop jeune âge



## Fiabilité de l'information

- Étalonnage
- Répétabilité (même opérateur, plusieurs instruments)
- Reproductibilité (même instrument, plusieurs opérateurs)



Université Internationale  
de Casablanca

LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES

# Management

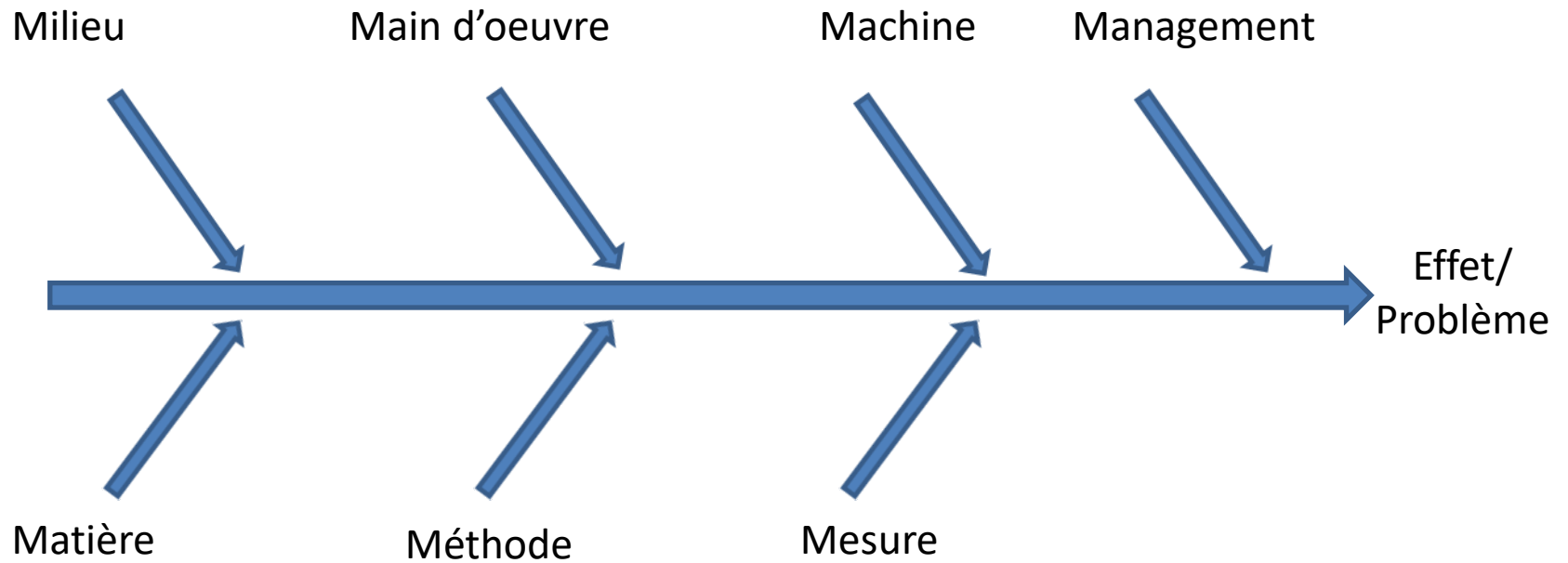


## Encadrement

- Directif, non participatif
- Pas de reconnaissance
- Pas de plan de carrière



## OUTIL 4 : DIAGRAMME D'ISHIKAWA





# L'ANALYSE DES CINQ POURQUOI

Pour identifier les symptômes et comprendre la véritable cause d'un problème

Cela consiste à pose la question « pourquoi » cinq fois

Parvenu au quatrième ou cinquième pourquoi, on touche la cause réelle du problème.

Très souvent les premières cause relèvent de problèmes managériaux ou organisationels



# L'ANALYSE DES CINQ POURQUOI : Exemple

Niveau	Pourquoi?	Causes
1 <sup>er</sup>	Pourquoi?	Le bétonnage a connu plusieurs arrêts
2 <sup>e</sup>	Pourquoi?	Pas assez de malaxeurs sur site
3 <sup>e</sup>	Pourquoi?	Il n'y qu'une seule centrale à béton de mobilisée et les camions sont restés coincés dans les embouteillages
4 <sup>e</sup>	Pourquoi?	l'effet du trafic n'a pas bien été estimé
5 <sup>e</sup>	Pourquoi?	Le planificateur n'a tenu compte que du rendement de la centrale sans tenir compte du temps de trajet



# L'ANALYSE DES CINQ POURQUOI : proverbe Anglais

*For want of a nail, the shoe was lost*

- Faute d'un clou, le fer à cheval fut perdu
- Faute d'un fer à cheval, le cheval fut perdu
- Faute d'un cheval, le cavalier fut perdu
- Faute d'un cavalier, le message fut perdu
- Faute du message, la bataille fut perdue
- Faute d'une bataille, le pays fut perdu

*Et tout ça faute d'un clou de fer à cheval*





Université Internationale  
de Casablanca

LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES

# OUTIL 5 : DIAGRAMME DE PARETO

Basé sur le principe de Pareto selon lequel 20% de la population détiennent 80% de la richesse.

## **Objectif:**

Mettre en évidence graphiquement les causes prioritaires. La loi postule que 80% des effets sont imputables à seulement 20% des causes



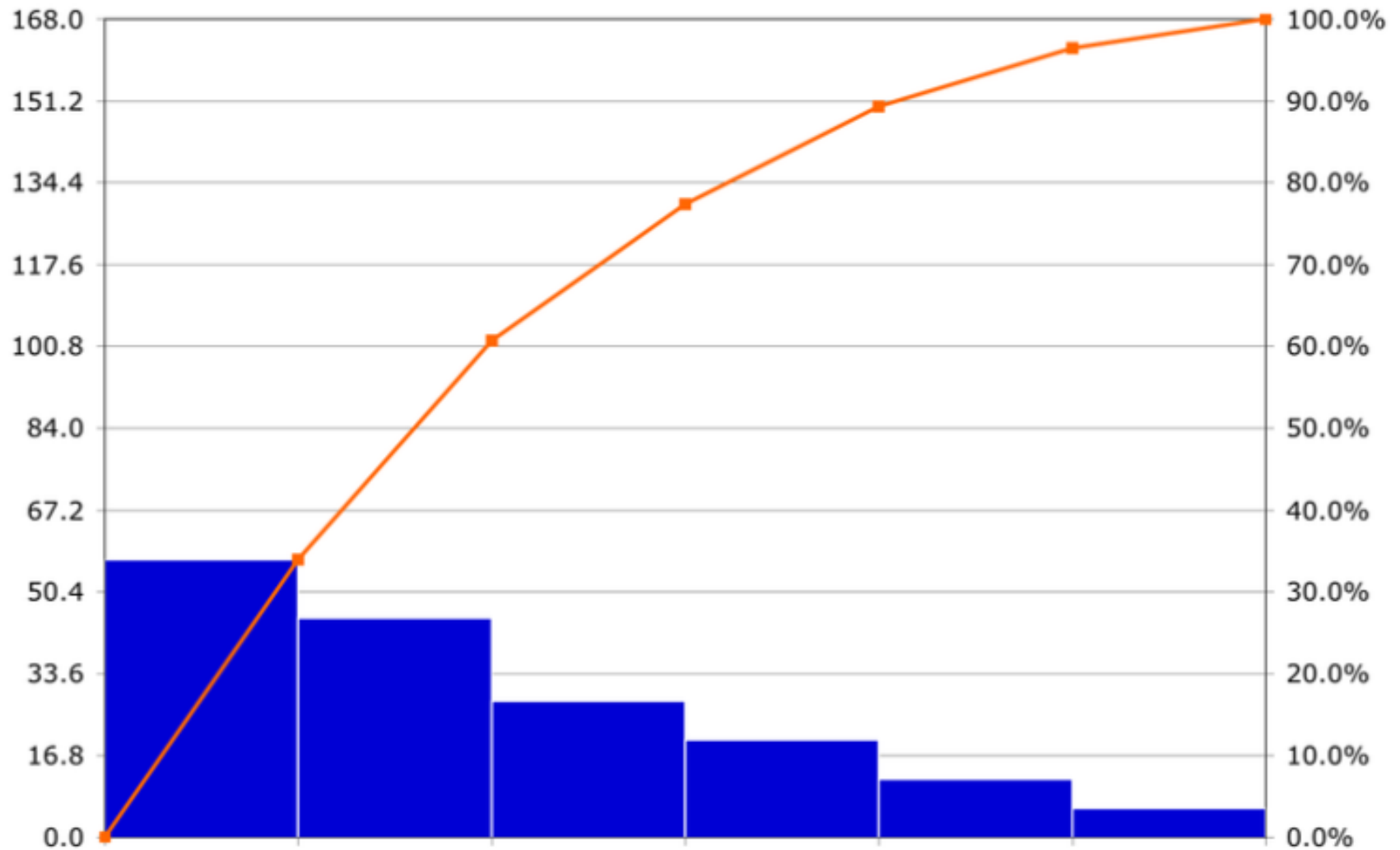
# DIAGRAMME DE PARETO : Mode opérateur

1. Etablir la liste des critères à hiérarchiser;
2. Noter la fréquence de chaque critère;
3. Classer les critères dans le sens décroissant en fonction de leur fréquence;
4. Calculer la fréquence en pourcentage de chaque critère
5. Calculer la fréquence en pourcentage cumulé
6. Tracer le graphique



# Université Internationale de Casablanca

LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES





# DIAGRAMME DE PARETO :Mode opératoire

On peut aussi gérer par criticité:

- Criticité = fréquence x gravité

Comment estimer la gravité?

- Temps perdu
- Clients perdus
- Produits gaspillés

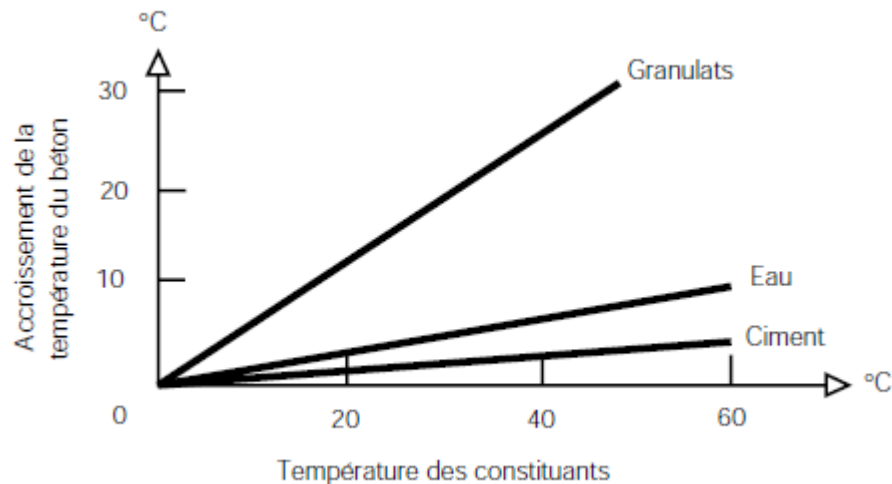


Chiffrage en coûts



## Exemple : température du béton frais

- Une baisse/augmentation de la température de  $10^{\circ}\text{C}$  du ciment abaisse/augmente de  $1^{\circ}\text{C}$  la température du béton
- Une baisse/augmentation de la température de  $10^{\circ}\text{C}$  de l'eau abaisse/augmente de  $2^{\circ}\text{C}$  la température du béton
- Une baisse/augmentation de la température de  $10^{\circ}\text{C}$  des granulats abaisse/augmente de  $7^{\circ}\text{C}$  la température du béton





## OUTIL 6 : FEUILLE DE COLLECTE DE DONNEES

Outil d'aide à la mise en place de la mesure. Il permet une collecte de données précises, fiables, en relation avec l'objectif défini.

### **Objectif :**

Recueillir des données (qualitatives ou quantitatives) sur le processus étudié ou sur les caractéristiques d'un produit ou d'un service soit pour contrôler le processus, soit pour établir de façon claire la relation entre une cause et un effet.



## OUTIL 6 : FEUILLE DE COLLECTE DE DONNEES

Mode opératoire :

1. Apporter les réponses aux questions suivantes:
  - Quel est l'objectif de la collecte de données ?
  - Quelles sont les données nécessaires?
  - Où et comment effectuer les observations (procédure et durée de collecte, fréquence d'échantillonnage, responsable, etc..) ?
2. Les réponses apportées à la première étape serviront à construire le formulaire de collecte de données adéquat. Ce formulaire doit être clair et simple
3. Dès le début du cycle, il faut prendre en compte tout le cycle:

Collecte → Accès → Traitement → Archivage



# Administration du contrôle statistique de la qualité

## Plan de collecte de données

Mesure Y	Définition opérationnelle	Source de données	Taille d'échantillon	Responsable de collecte	Durée de la collecte	Fréquence	Mode de collecte	X collectés simultanément
Résistance du béton	Résistance à 28j mesurée par écrasement d'une éprouvette de forme cylindrique normalisée	Laboratoire	3/50m3	Technicien laboratoire	Tous les bétonnages	Min 3 / jour	Prélèvements in situ	Temp Granulats Temp ciment Temp eau Adjuvant Rc ciment Prog CAB





Université Internationale  
de Casablanca

LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES

# OUTIL 6 : FEUILLE DE COLLECTE DE DONNEES

## Exploitation

### Principe GIGO

Mauvaises données → modèle correct → résultats erronés

Données valides → modèle erroné → résultats erronés



# OUTIL 7 : DIAGRAMME DE FLUX

Organigramme fonctionnel. Permet d'avoir une vision et une compréhension d'ensemble du processus.

## **Objectif:**

C'est un outil d'analyse du processus.

Nécessite de séparer tout processus en plusieurs activités ou tâches et de montrer la relation logique entre eux.

Visualiser les étapes principales d'un processus.

C'est un moyen de communication pour comprendre, analyser, standardiser et améliorer le processus en réduisant les délais et les étapes superflues.

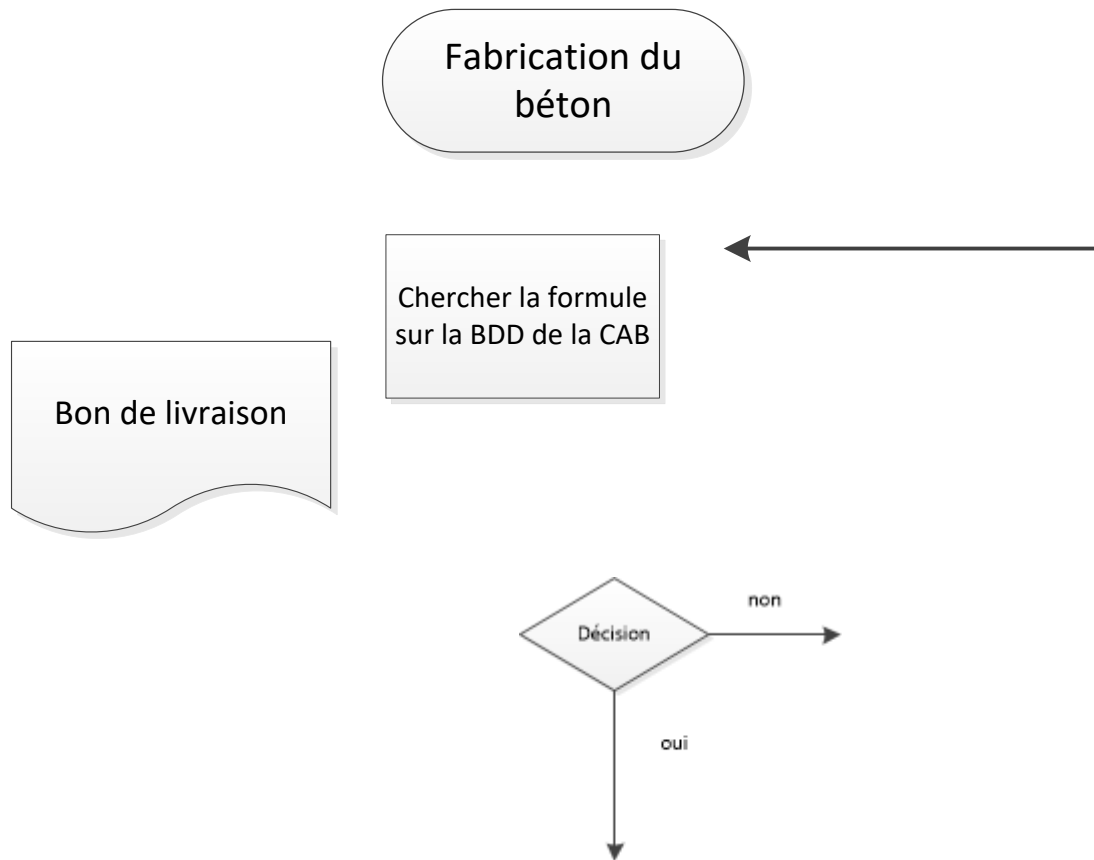


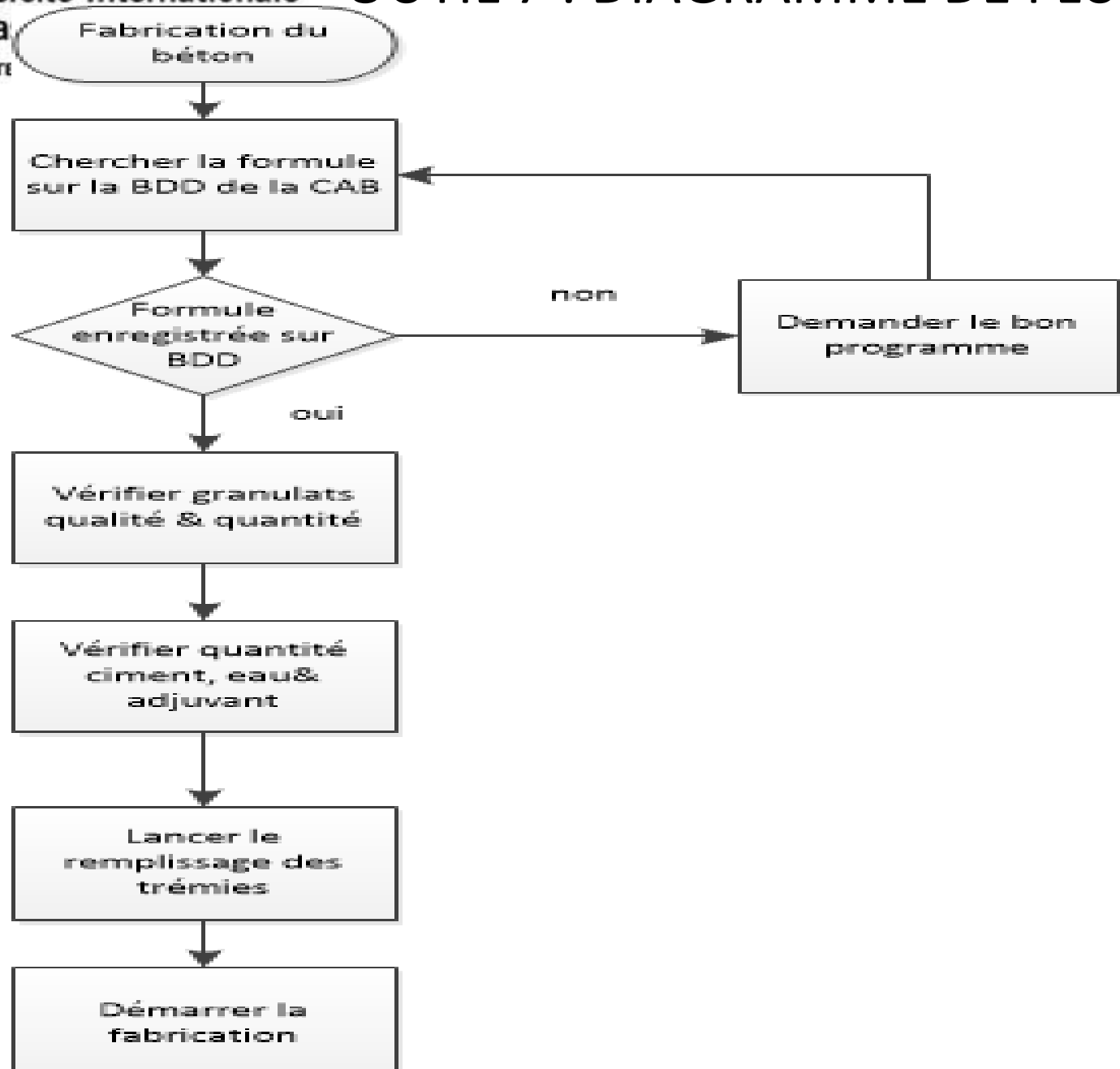
## Mode opératoire :

- Décrire le processus à dessiner
- Démarrer avec un évènement déclencheur
- Noter les actions successives de façon claire et concise



# OUTIL 7 : DIAGRAMME DE FLUX







# Outils fondamentaux de la qualité et phases du DMAIC

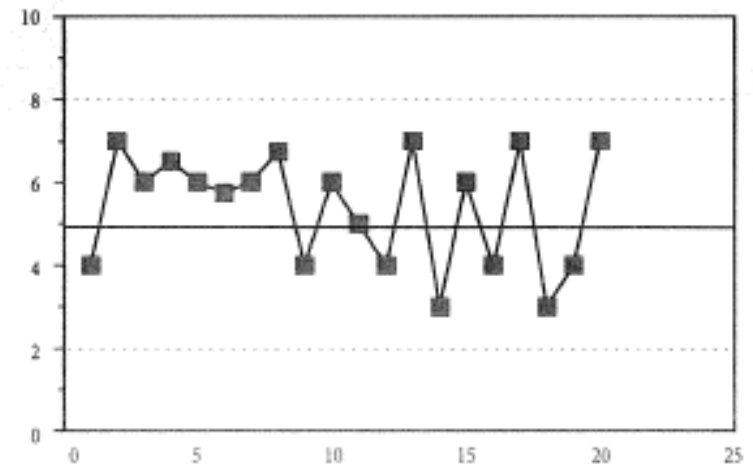
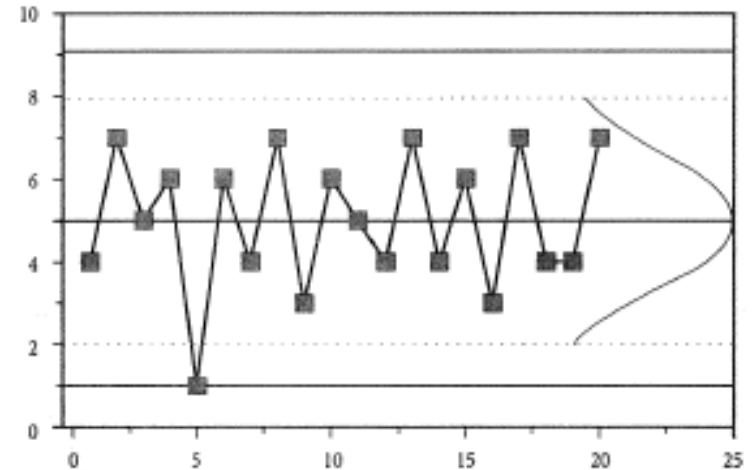
Phases du DMAIC	Définir	Mesurer	Analyser	Améliorer/ Innover	Contrôler
Outils	Problème	Causes		Solution	Action
QOQOCCP	<b>x</b>	<b>x</b>			<b>x</b>
Brainstorming		<b>x</b>		<b>x</b>	
Vote pondéré	<b>x</b>			<b>x</b>	
Diagramme D'Ishikawa		<b>x</b>	<b>x</b>		
Diagramme de Pareto	<b>x</b>		<b>x</b>		
Feuille de collecte de données		<b>x</b>			<b>x</b>
Diagramme de flux		<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	



# Exercice

Identifier les éléments suivants sur le diagramme:

1. Limite de contrôle supérieure
2. Limite de contrôle inférieure
3. Motif attribuable/motif spécial
4. Le processus est hors de contrôle
5. Variation normale et attendue dans le processus
6. Règle des sept
7. Limites de spécification
8. Trois sigmas
9. Six sigmas
10. Courbe de distribution normale





**Université Internationale  
de Casablanca**

LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES