

Règlementation, Normes Et Qualité Industrielle

CH4: Contrôle de la Qualité: **Surveillance du processus avec les Cartes de Contrôle**

Par:

Hassan EL FADIL

elfadil.h@gmail.com

1. Introduction au Contrôle de la Qualité

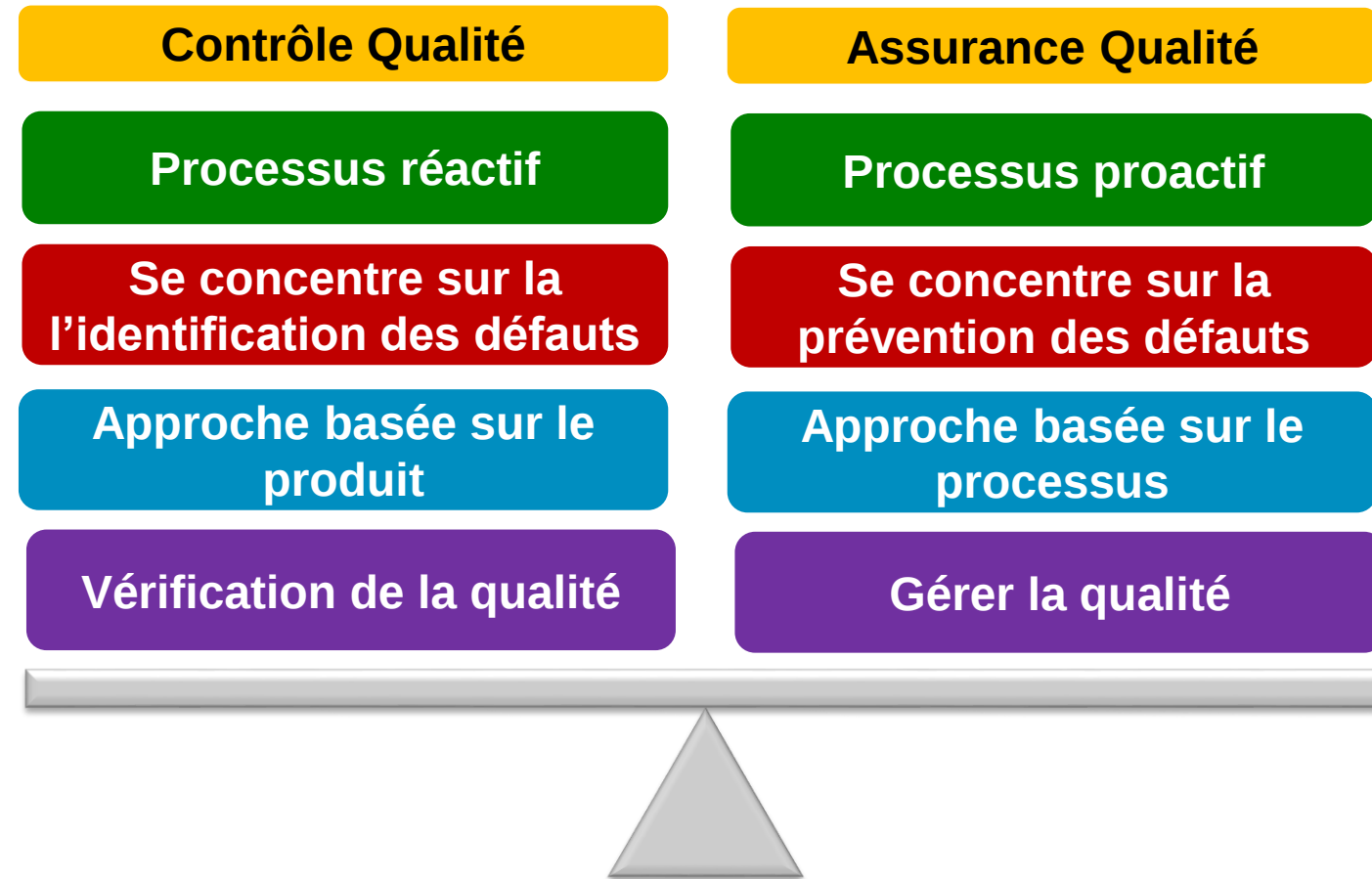
1.1. Définition

- Le contrôle de la qualité (CQ) est un ensemble de mesures visant à **vérifier** qu'un produit ou service **respecte les normes** et critères prédéfinis de qualité.
- L'objectif principal est de **maintenir la stabilité et la constance du processus** tout en minimisant les défauts.



1.2. Contrôle de la Qualité vs. Assurance Qualité

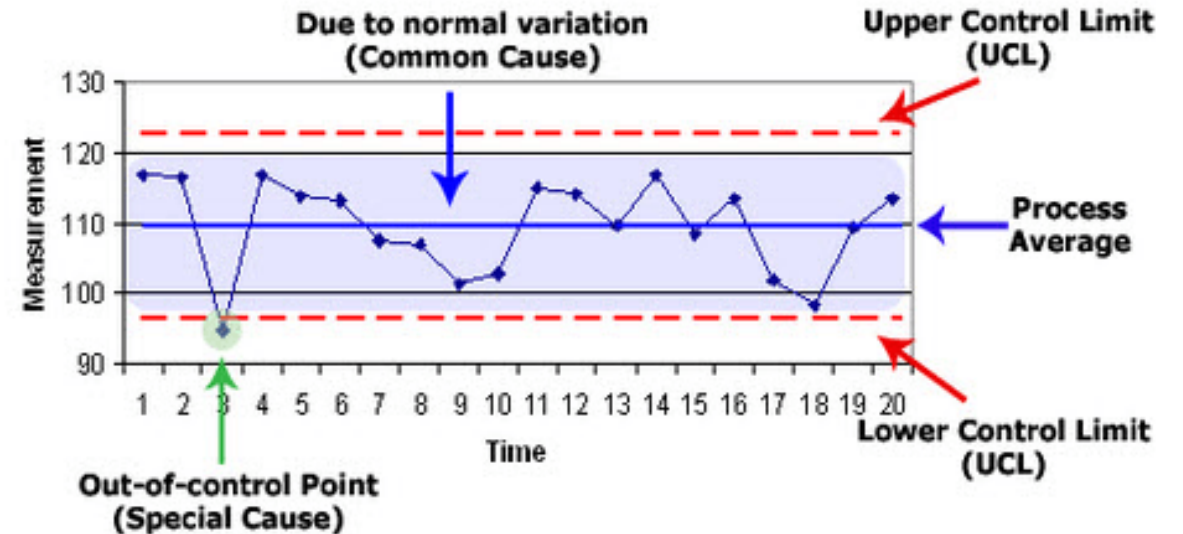
- **Contrôle de la qualité (CQ) :**
C'est un processus de détection des défauts dans le produit final.
- **Assurance qualité (AQ) :**
Inclut toutes les activités systématiques mises en place pour garantir que les processus sont correctement suivis pour éviter les défauts



2. Cartes de Contrôle

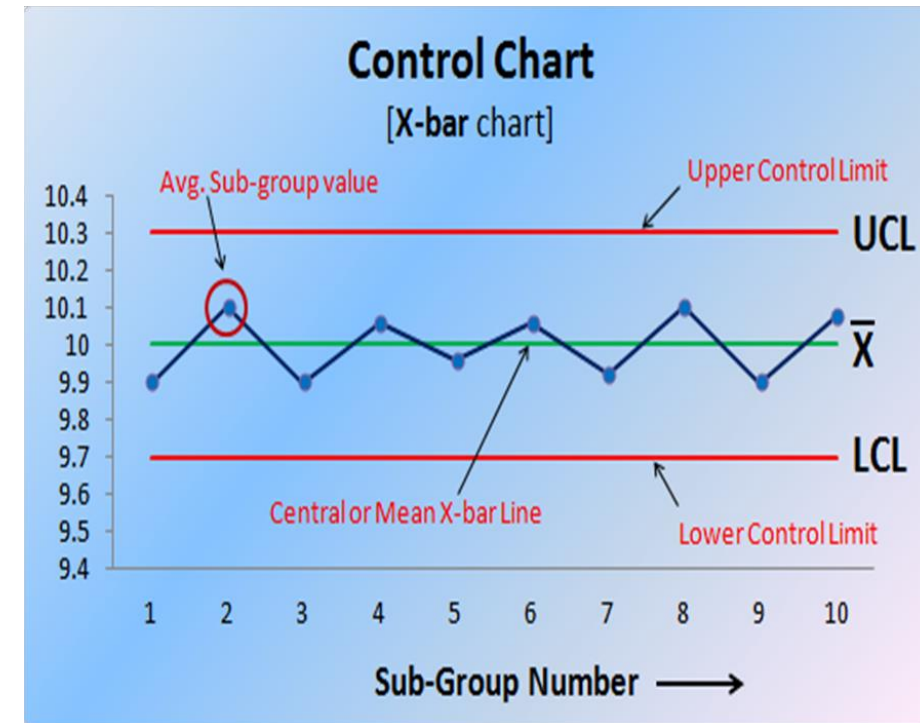
2.1. Définition

- Les cartes de contrôle (**Control Chart**) sont des **outils graphiques** utilisés pour observer la stabilité d'un processus et identifier des variations anormales.
- Elles servent à déterminer si un processus est **sous contrôle ou non**.



2.2. Composants des Cartes de Contrôle

- **Centre** : La ligne représentant la moyenne ou le niveau attendu du processus.
- **Limites de Contrôle** : Les bornes à l'intérieur desquelles les données doivent être réparties pour que le processus soit considéré comme "**sous contrôle**".
- **Données observées** : Les résultats des échantillons ou des observations collectées, tracées sur la carte.



- Avec l'évolution vers l'**Industrie 4.0**, les **cartes de contrôle statistiques** (**SPC - Statistical Process Control**) jouent un rôle clé dans la **supervision et l'optimisation des processus industriels en temps réel**.
- L'intégration des **capteurs IoT (Internet des Objets)**, du **Big Data** et de l'**Intelligence Artificielle** permet une **surveillance continue** et une **prise de décision proactive** pour améliorer la qualité et réduire les défauts.





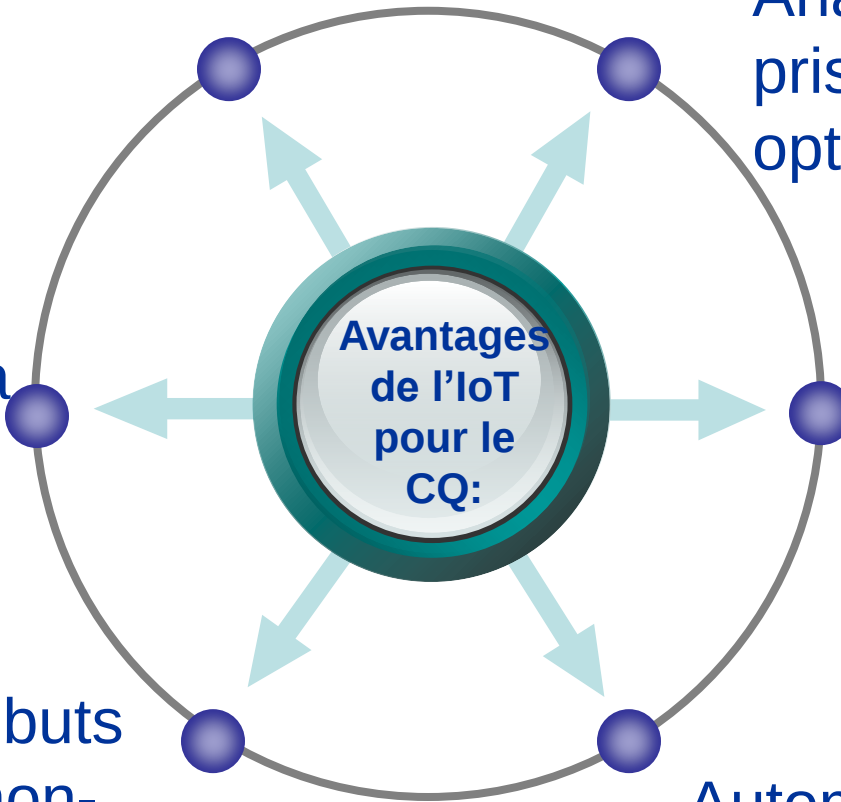
Surveillance en temps réel



Amélioration de la traçabilité et de la conformité



Réduction des rebuts et des coûts de non-qualité



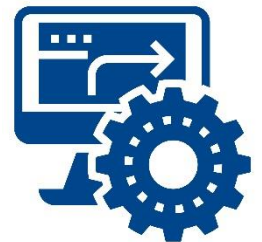
Analyse avancée et prise de décision optimisée



Maintenance prédictive et optimisation des équipements



Automatisation des inspections qualité



2.4. Types de cartes de contrôle statistiques:

- Il existe plusieurs types de cartes de contrôle, qui sont utilisées en fonction de la nature des données observées (quantitatives ou qualitatives):
 - **Carte $\bar{X}$** : Surveille la **moyenne** des sous-échantillons.
 - **Carte R** : Surveille la plage (**variabilité**) des sous-échantillons.
 - **Carte p** : Surveille la **proportion** d'unités défectueuses.
 - **Carte np** : Surveille le **nombre** d'unités défectueuses.
 - **Carte c** : Surveille le **nombre de défauts** par unité.
 - **Carte u** : Surveille le **nombre de défauts** par unité avec un taux **d'échantillonnage variable**.
 - **Carte de contrôle de la médiane** : Surveille la **médiane** des sous-échantillons.
 - **Carte de contrôle de la variance** : Surveille la **variance** des sous-échantillons

3. Cartes de Contrôle pour Variables (Quantitatif)

- Les **cartes de contrôle pour variables** sont utilisées pour **surveiller des caractéristiques mesurables d'un processus** (ex. : longueur, poids, température, pression).
- Elles permettent de **détecter des variations anormales** et d'identifier les causes de dérives dans un processus industriel ou de service.

3.1. Carte X-bar (Moyenne) et Carte R (Etendue)

3.1.1. Principe des cartes X-bar et R

- **Carte X-bar (Moyenne)** : Suit l'évolution de la moyenne des échantillons et détecte les variations dans la tendance centrale du processus.
- **Carte R (Étendue)** : Surveille la dispersion (variabilité) des données au sein des échantillons.
- **Utilisation** : Utiles lorsque les données sont continues (par exemple, la taille, le poids, la durée de production, etc.)
- Appropriées pour des **échantillons de petite taille** (généralement $n \leq 10$).

- La carte X-bar seule **ne suffit pas** : un processus peut avoir une moyenne stable mais une grande variabilité.
- La carte **R** **permet de détecter une variation** excessive de la dispersion.
- **Exemple :**
 - Une machine produit des pièces avec une tolérance de **$\pm 0,1\text{mm}$** .
 - La moyenne de production reste correcte (**carte X-bar OK**), mais la dispersion augmente (**carte R hors contrôle**).
 - Donc, Il faut ajuster la machine !

Étape 1 : Collecte des Données

- On prélève **n observations** à différents moments (exemple : chaque heure, chaque lot produit).
- Ces observations sont regroupées en **sous-groupes de taille n** (par exemple : 5 mesures à chaque fois)

Exemple:

Sous-groupe	Mesures (mm)
1	9.9 ; 10.1 ; 10.0 ; 9.8 ; 10.2
2	10.2 ; 9.8 ; 9.9 ; 10.1 ; 10.0
3	9.7 ; 9.8 ; 10.1 ; 10.3 ; 10.2

Etape 2: Calcul des paramètres:

a) Carte X-bar:

- **Moyennes des Sous-Groupes:** Pour chaque sous-groupe i , on calcule la moyenne

$$\bar{X}_i = \frac{\sum_{j=1}^n X_{ij}}{n}$$

- X_{ij} représente la valeur de l'observation j dans le sous-groupe i ,
- n est la taille du sous-groupe (dans l'exemple $n=5$).

- **Moyenne générale:**

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{X}_i}{k}$$

- k : nombre total de sous-groupes (dans l'exemple $k = 3$)

- **Limites de contrôle:**

$$\begin{aligned} UCL_X &= \bar{X} + A_2 \bar{R} \\ LCL_X &= \bar{X} - A_2 \bar{R} \end{aligned}$$

A_2 : coefficient dépendant de n

- UCL (**Upper Control Limit**) : Limite de Contrôle Supérieure
- LCL (**Lower Control Limit**) : Limite de Contrôle Inférieure

Etape 2: Calcul des paramètres:

b) Carte R -bar:

- **Amplitude des Sous-Groupes:** différence entre la plus grande et la plus petite valeur observée dans ce sous-groupe

$$R_i = X_{max} - X_{min}$$

- X_{max} valeur maximale du sous-groupe k ,
- X_{min} valeur minimale du sous-groupe k .

- **Amplitude Moyenne :**

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^k R_i}{k}$$

- **Limites de contrôle:**

$$\begin{aligned} UCL_R &= D_4 \bar{R} \\ LCL_R &= D_3 \bar{R} \end{aligned}$$

D_4 et D_3 : coefficients dépendant de n

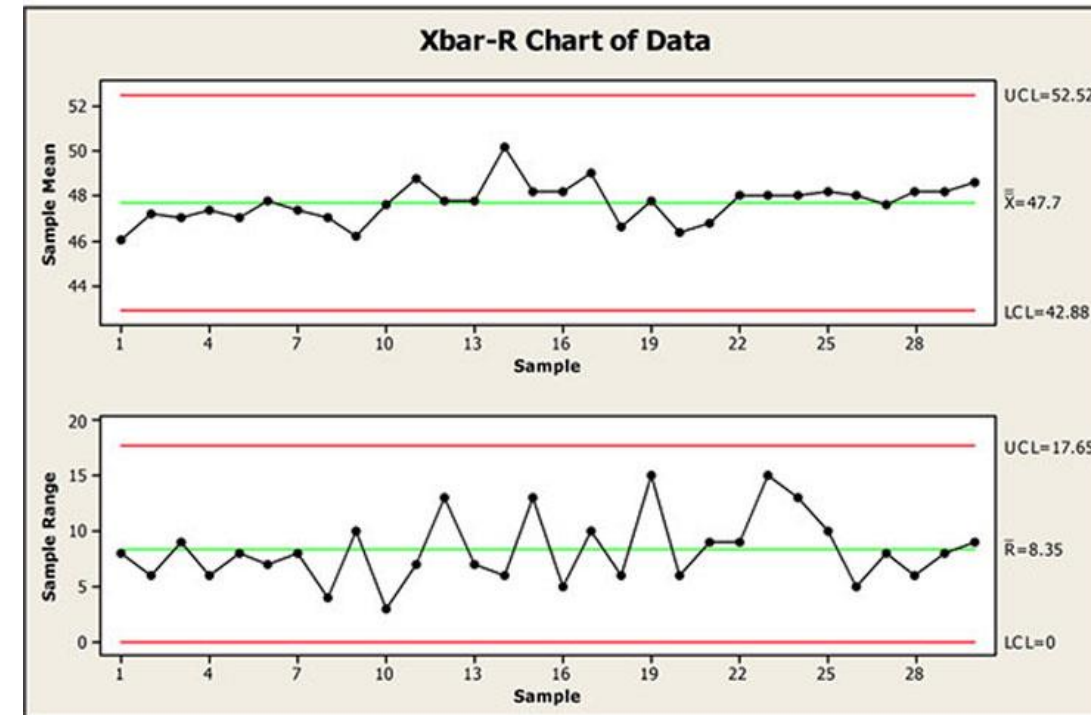
Table des coefficients (extrait)

n	A_2	D_3	D_4
2	1.88	0	3.27
3	1.02	0	2.57
4	0.73	0	2.28
5	0.58	0	2.11

Etape 3: Tracé de la carte $\bar{X}$ -bar R :

On trace :

- L'axe horizontal représente le temps ou les sous-groupes i .
- L'axe vertical représente la moyenne $\bar{X}_i$, R_i .
- La **moyenne générale** $\bar{X}$ est tracée comme une ligne centrale.
- Les **limites de contrôle** UCL et LCL sont ajoutées.



Etape 4: Interprétation de la carte X-bar R:

Carte R	Carte X-bar	Interprétation
Sous contrôle	Sous contrôle	Processus stable ✓
Hors contrôle	Sous contrôle	Variabilité anormale ⚠ (problème de dispersion, machines ou opérateurs)
Sous contrôle	Hors contrôle	Dérive du processus ⚠ (changement de moyenne, ajustement nécessaire)
Hors contrôle	Hors contrôle	Processus instable ✗ (réglage ou action corrective urgente)

3.1.3. Exemple de calculs: cartes $\bar{X}$ -bar et R

Supposons qu'on mesure le diamètre (mm) d'un produit sur 5 sous-groupes de taille $n=4$

a) Données du processus et moyennes :

Sous-groupe	X_1	X_2	X_3	X_4	$\bar{X}_i$ (moyenne)	R_i (amplitude)
1	5.1	5.3	5.2	5.0	$(5.1+5.3+5.2+5.0) / 4 = 5.15$	$5.3-5.0 = 0.3$
2	5.0	5.2	5.1	5.3	5.15	0.3
3	5.2	5.4	5.3	5.1	5.25	0.3
4	5.1	5.2	5.3	5.0	5.15	0.3
5	5.3	5.5	5.2	5.1	5.28	0.4

b) Calcul des paramètres :

- Moyenne des moyennes ($\bar{\bar{X}}$)

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{X}_i}{k} = \frac{5.15 + 5.15 + 5.25 + 5.15 + 5.28}{5} = 5.196$$

- Moyenne des amplitudes ($\bar{R}$)

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^k R_i}{k} = \frac{0.3 + 0.3 + 0.3 + 0.3 + 0.4}{5} = 0.32$$

- Calcul des limites de contrôle

Sous-GR	X_1	X_2	X_3	X_4	$\bar{X}_i$	R_i
1	5.1	5.3	5.2	5.0	5.15	0.3
2	5.0	5.2	5.1	5.3	5.15	0.3
3	5.2	5.4	5.3	5.1	5.25	0.3
4	5.1	5.2	5.3	5.0	5.15	0.3
5	5.3	5.5	5.2	5.1	5.28	0.4

n	A_2	D_3	D_4
4	0.73	0	2.28

Carte X-bar :

$$UCL_X = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} = 5.196 + 0.73 \times 0.32 = 5.43$$

$$LCL_X = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} = 5.196 - 0.73 \times 0.32 = 4.96$$

Carte R :

$$UCL_R = D_4 \bar{R} = 2.28 \times 0.32 = 0.73$$

$$LCL_R = D_3 \bar{R} = 0 \times 0.32 = 0$$

c) Tracé de la carte X-bar R:

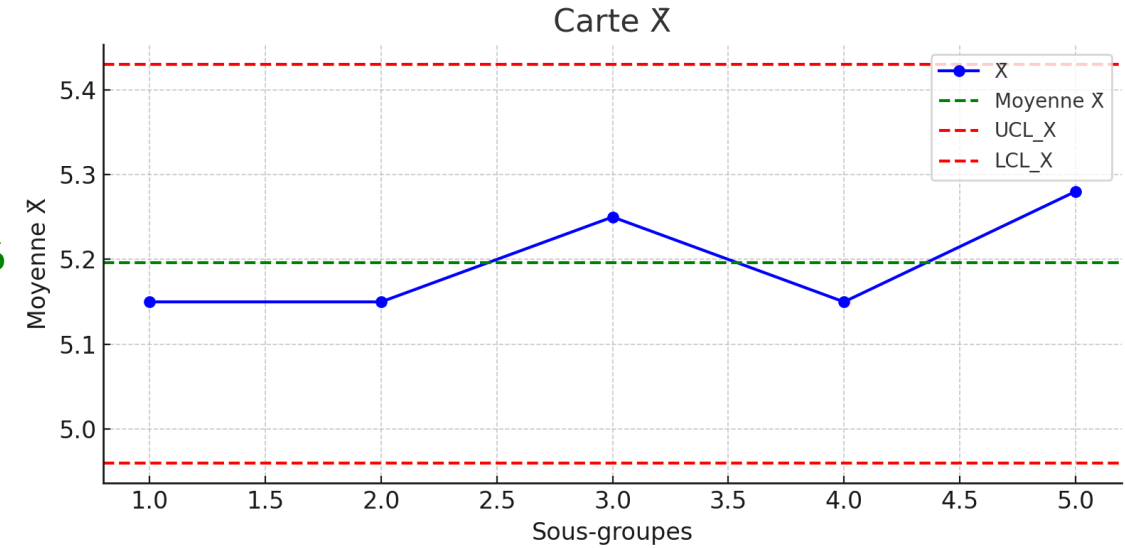
Données récapitulatives :

Sous-groupe	$\bar{X}_i$	R_i
1	5.15	0.3
2	5.15	0.3
3	5.25	0.3
4	5.15	0.3
5	5.28	0.4

5.43

5.196

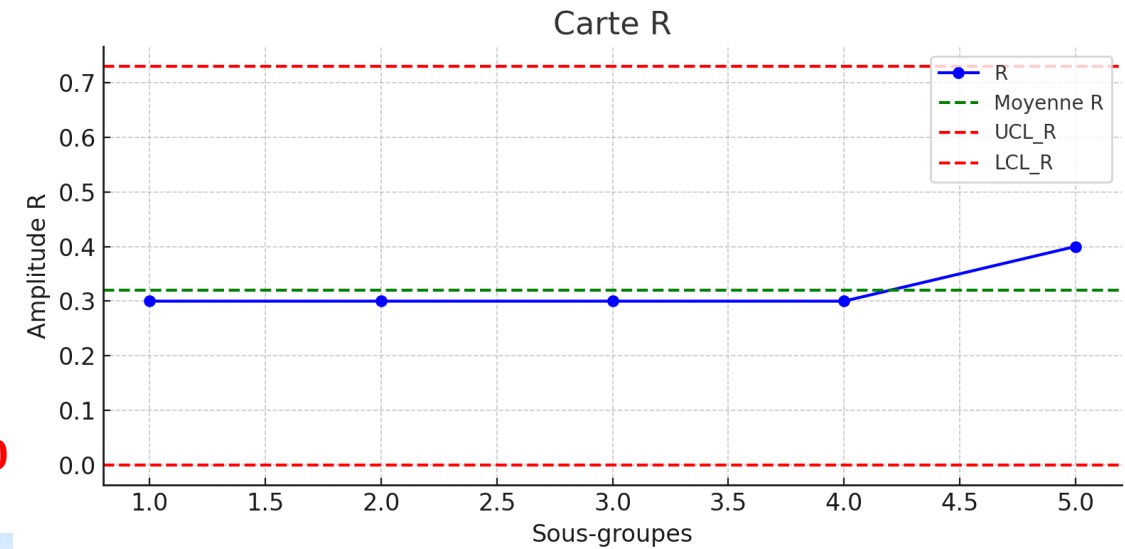
4.96



0.73

0.32

0



d) Interprétation de la carte $\bar{X}$ -bar R:

1. Analyse de la carte $\bar{X}$ -bar (moyenne des échantillons) :

- ✓ **Processus stable**
 - Tous les points $\bar{X}_i$ sont compris entre $LCL_{\bar{X}}$ et $UCL_{\bar{X}}$, ce qui indique que la moyenne du processus ne présente pas de variation anormale.
 - Il n'y a pas de tendance montante ou descendante significative, ni de points hors contrôle.
- **Conclusion** : La moyenne du processus semble sous contrôle.

2. Analyse de la carte R (amplitude des échantillons) :

- ✓ **Processus stable en termes de variation**
 - Tous les points R_i sont bien en dessous de UCL_R et au-dessus de LCL_R .
 - Cela signifie que la dispersion des valeurs à l'intérieur de chaque sous-groupe est stable et qu'il n'y a pas de variation excessive d'un sous-groupe à l'autre.
- **Conclusion** : La variabilité du processus est maîtrisée.

4. Cartes de contrôle pour les attributs

4. 1. Introduction:

- Les cartes de contrôle pour les attributs sont utilisées lorsque les données du processus **sont qualitatives** (**non mesurables directement**) et concernent **des défauts** ou des **conformités**.
- Contrairement aux cartes de contrôle pour les variables (comme X-bar-R), qui nécessitent des mesures continues, les cartes pour les attributs s'appuient sur le **comptage d'éléments défectueux** ou **de défauts** dans un échantillon.
- Ces cartes permettent de surveiller **la qualité d'un processus** en identifiant les tendances, les anomalies et les variations inhabituelles.
- Les cartes de contrôle pour les attributs sont classées en deux grandes catégories
 - *Cartes basées sur le comptage d'unités défectueuses: **Carte p**, **Carte np***
 - *Cartes basées sur le comptage de défauts: **Carte c**, **Carte u***

Carte	Lettre	Signification
<i>p</i>	p roportion	Proportion d'unités défectueuses
<i>np</i>	n ombre p roportionnel	Nombre total d'unités défectueuses
<i>c</i>	c ompte (c ount en anglais)	Nombre total de défauts (indépendamment des unités)
<i>u</i>	u nité	Nombre moyen de défauts par unité

4.2. Carte de contrôle p (Proportion de pièces défectueuses)

- Proportion d'unités défectueuses dans un échantillon donné (p_i)

$$p_i = \frac{d_i}{n_i}$$

- p_i = proportion d'unités défectueuses dans l'échantillon i ,
- d_i = nombre d'unités défectueuses dans l'échantillon i ,
- n_i = taille de l'échantillon i (nombre total d'unités inspectées).

- Proportion moyenne de non-conformes ($\bar{p}$)

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^k d_i}{\sum_{i=1}^k n_i} = \frac{\sum_{i=1}^k (p_i \cdot n_i)}{\sum_{i=1}^k n_i}$$

k représente le nombre total de sous-groupes d'échantillons prélevés pour l'analyse statistique du processus. Chaque sous-groupe i (où $i=1,2,\dots,k$) est composé de n_i unités observées.

■ Limites de contrôle :

- Si la taille des échantillons est constante ($n_i = n$) :

$$UCL_p = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}}$$
$$LCL_p = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}}$$

(Si LCL_p est négatif, on le fixe à 0).

- Si la taille des échantillons varie (n_i) :

$$UCL_{p_i} = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n_i}}$$
$$LCL_{p_i} = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n_i}}$$

Les limites changent pour chaque échantillon

Exemple d'application:

1. Calcul de la proportion moyenne de non-conformité:

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^k d_i}{\sum_{i=1}^k n_i} = \frac{6 + 10 + 7 + 8 + 5}{100 + 120 + 90 + 110 + 95} = 0.07$$

2. Limites de contrôle :

Les valeurs sont calculées pour chaque n_i

Jour	Taille de l'échantillon n_i	Nombre de pièces défectueuses d_i
1	100	6
2	120	10
3	90	7
4	110	8
5	95	5

4.3. Carte de contrôle np (Proportion de pièces défectueuses)

- La **carte de contrôle np** est utilisée pour surveiller **le nombre de non-conformes** dans un processus de production lorsque la taille de l'échantillon est **constante**.
- **Hypothèses et conditions d'utilisation :**
 - Les unités sont classées comme **conformes ou non conformes** (pas de mesure quantitative).
 - La **taille de l'échantillon n** est constante d'un sous-groupe à l'autre.
 - Les non-conformes suivent une **loi binomiale**

- Calcul de la moyenne ($\overline{np}$) :

$$\overline{np} = n \cdot \bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^k d_i}{k}$$

d_i : nombre d'unités défectueuses dans l'échantillon i ,

n : est la taille constante des échantillons.

$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^k p_i}{k}$: proportion moyenne de non-conformes

- Limites de contrôle :

$$UCL_{np} = \overline{np} + 3\sqrt{\overline{np}(1 - \bar{p})} = \overline{np} + 3\sqrt{\overline{np}\left(1 - \frac{\overline{np}}{n}\right)}$$

$$LCL_{np} = \overline{np} - 3\sqrt{\overline{np}(1 - \bar{p})} = \overline{np} - 3\sqrt{\overline{np}\left(1 - \frac{\overline{np}}{n}\right)}$$

Exemple d'application:

1. Calcul du nombre moyen de non-conformes:

$$\bar{np} = \frac{\sum_{i=1}^k d_i}{k} = \frac{7 + 9 + 8 + 5 + 6}{5} = 7$$

2. Limites de contrôle :

$$UCL_{np} \approx \bar{np} + 3\sqrt{\bar{np}} = 7 + 3 \times \sqrt{7} \approx 15$$

$$LCL_{np} = \bar{np} - 3\sqrt{\bar{np}} = 7 - 3 \times \sqrt{7} = -0.94 \Rightarrow 0$$

Jour	Taille de l'échantillon <i>n</i>	Nombre de pièces défectueuses <i>d_i</i>
1	100	7
2	100	9
3	100	8
4	100	5
5	100	6

4.4. Carte de Contrôle c : Suivi du Nombre de Non-Conformités

- La carte de **contrôle c** est utilisée pour surveiller le **nombre total de non-conformités** dans un échantillon lorsque la **taille de l'échantillon est constante**.
- Elle est adaptée aux situations où un produit ou un lot peut contenir plusieurs défauts et où on veut suivre le **nombre total de défauts**, et **non la proportion**.
- Analyse du nombre total de non-conformités, et non du pourcentage
- Utilisé dans les cas où un produit peut présenter plusieurs défauts (ex. : contrôle qualité de pièces mécaniques, circuits imprimés, etc.)

- Nombre moyen de non-conformités par échantillon ($\bar{c}$) :

$$\bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^k c_i}{k}$$

- c_i : Nombre de non-conformités dans l'échantillon i
- k : Nombre total d'échantillons collectés

- Limite de contrôle supérieure

$$UCL_c = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$$

$$LCL_c = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$$

Si LCL_c est négatif, on prend **0** comme limite inférieure.

■ Exemple d'application:

1. Calcul du nombre moyen de non-conformes:

$$\bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^k c_i}{k} = \frac{12 + 18 + 15 + 10 + 14}{5} = 13.8$$

2. Limites de contrôle :

$$UCL_c = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} = 13.8 + 3 \times \sqrt{13.8} = 26.85$$

$$LCL_c = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} = 13.8 - 3 \times \sqrt{13.8} = 0.75$$

Jour	Taille de l'échantillon n	Nombre total de défauts c_i
1	100	12
2	100	18
3	100	15
4	100	10
5	100	14

4.5. Carte de Contrôle u : Suivi du Nombre Moyen de Non-Conformités par Unité

- La carte de **contrôle u** est utilisée pour surveiller le **nombre moyen de non-conformités** par unité d'échantillon **lorsque la taille des échantillons n'est pas constante**.
- Elle est une extension de la carte c et permet d'adapter les limites de contrôle en fonction de la taille variable des échantillons.
- Analyse du nombre moyen de non-conformités par unité d'échantillon
- Utilisé dans les cas où un produit peut présenter plusieurs défauts avec des tailles de lots différentes
- Permet **d'adapter** les limites de contrôle **en fonction de la taille** de l'échantillon

- Nombre moyen de non-conformités par unité pour l'échantillon i (u_i)

$$u_i = \frac{c_i}{n_i}$$

- c_i : Nombre de non-conformités dans l'échantillon i
- n_i : Taille de l'échantillon i

- Nombre moyen global de non-conformités par unité ($\bar{u}$)

$$\bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^k c_i}{\sum_{i=1}^k n_i} = \frac{\sum_{i=1}^k (u_i \cdot n_i)}{\sum_{i=1}^k n_i}$$

- k : Nombre total d'échantillons collectés

- Limites de contrôle :

$$UCL_u = \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$$

$$LCL_u = \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$$

Si LCL_u est négatif, on prend **0** comme limite inférieure.

Exemple d'application:

1. Calcul du taux moyen de défauts par unité:

$$u_i = \frac{c_i}{n_i} \quad u_1 = \frac{10}{80} = 0.125 \quad u_2 = \frac{15}{100} = 0.15$$

$$u_3 = \frac{12}{120} = 0.1 \quad u_4 = \frac{9}{90} = 0.1 \quad u_5 = \frac{14}{110} = 0.127$$

2. Calcul de $\bar{u}$:

$$\bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^5 c_i}{\sum_{i=1}^5 n_i} = \frac{10 + 15 + 12 + 9 + 14}{80 + 100 + 120 + 90 + 110} = 0.12$$

3. Limites de contrôle :

Les valeurs sont calculées pour chaque n_i

Jour	Taille de l'échantillon n_i	Nombre total de défauts c_i
1	80	10
2	100	15
3	120	12
4	90	9
5	110	14

5. Outils logiciels pour le contrôle qualité

1. Logiciels spécialisés en SPC (Statistical Process Control) et cartes de contrôle (*Recommandés pour un usage professionnel et industriel*)

- **Minitab** –Référence pour l'analyse des cartes de contrôle et le SPC. Intuitif et puissant.
- **SPC for Excel** – Add-on Excel spécialisé en SPC, simple et efficace.
- **QI Macros** – Outil Excel avec des modèles de cartes de contrôle prêts à l'emploi.
- **WinSPC** – Logiciel dédié au contrôle en temps réel des processus industriels.
- **InfinityQS** – Solution avancée pour les grandes entreprises et l'optimisation des



2. Logiciels statistiques généralistes avec SPC (*Pour les analystes et chercheurs*)

- **R (package qcc)** – Gratuit et puissant pour l'analyse des cartes de contrôle.
- **Python (avec pandas, scipy, statsmodels)** – Flexible, idéal pour personnaliser les cartes de contrôle.
- **SAS JMP** – Très puissant pour les analyses avancées et la modélisation des données industrielles



3. Outils bureautiques avec fonctions SPC (*Faciles d'accès et adaptés aux débutants*)

- **Microsoft Excel** – Utilisable avec formules ou macros, mais limité sans extensions.
- **Google Sheets** – Similaire à Excel, mais avec moins de flexibilité pour les cartes de contrôle.

6. Application en R: Carte X-bar et Carte R

6.1. Description du Contexte

Nous surveillons un **processus de fabrication** de pièces métalliques où le diamètre doit être **autour de 50 mm** avec des **tolérances faibles**. Les mesures sont effectuées toutes les heures sur **5 pièces aléatoires**.

- **Diamètre cible : 50 mm**
- **Écart-type du processus : 0.1 mm**
- **Nombre d'échantillons : 10**
- **Taille de chaque échantillon : 5**

6.2. Jeu de Données:

Échantillon	Mesure 1	Mesure 2	Mesure 3	Mesure 4	Mesure 5
1	50.12	49.98	50.03	50.07	50.11
2	49.92	50.05	49.99	50.04	50.08
3	50.15	50.10	50.06	49.97	50.02
4	50.00	50.07	49.98	50.01	50.03
5	50.02	49.96	50.04	49.99	50.01
6	50.10	50.14	50.05	49.94	50.00
7	49.95	50.06	49.98	50.02	50.04
8	50.08	51.02	49.99	50.07	49.96
9	50.03	50.09	50.00	49.97	50.11
10	49.99	50.02	50.06	50.03	49.00

6.3. Environnements de Développement (IDE) pour R

- **RStudio (Recommandé):** Le plus populaire et le plus complet
- **Visual Studio Code (VS Code)**
- **Jupyter Notebook**
- On peut également utiliser des **notebooks interactifs** en ligne (tout et dans le cloud) pour exécuter le code Python en utilisant **Google Colab** : <https://colab.research.google.com/>
- C'est cette dernière option que nous allons utiliser pour exécuter le code Python relatif à la régression linéaire. **Il faut disposer d'un compte Gmail.**
- **Packages** Essentiels pour R: **qcc** : Cartes de contrôle et analyses SPC (Statistical Process Control)



6.4. Tracer la Carte X-bar R avec R

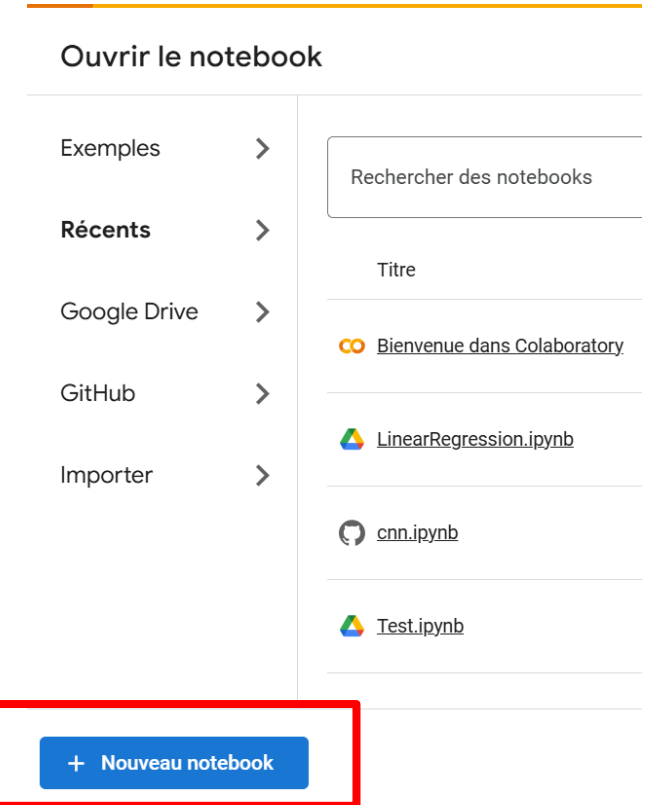
1 Ouvrir Google Colab et créer un Nouveau Notebook:

Voir comment utiliser Google Colab:

<https://www.youtube.com/watch?v=SRPCqXcuxKo>



Cliquer sur Nouveau notebook

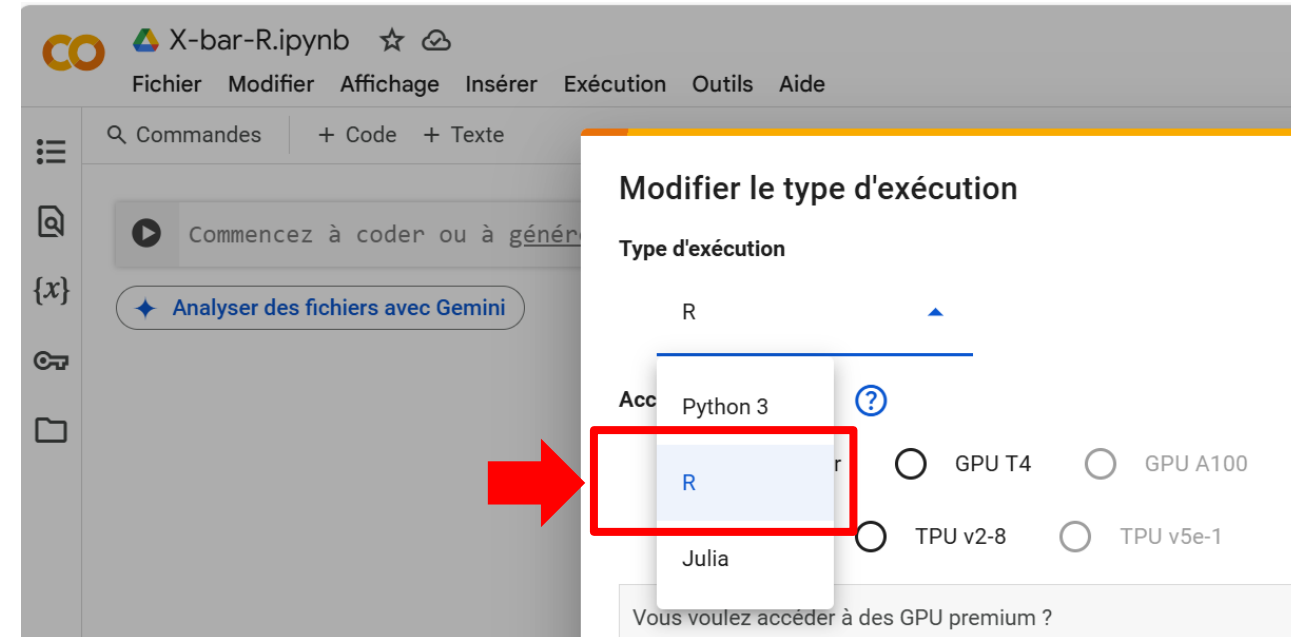


2 Renommer le Notebook: X-bar-R.ipynb

3 Changer l'Environnement du Notebook en R

Google Colab utilise **Python** par défaut, mais vous pouvez exécuter du **R** en suivant ces étapes :

1. Dans le menu, cliquez sur Runtime (**Exécution**) > Change runtime type (**Modifier le type d'exécution**).
2. Choisissez "**R**" dans la liste.
3. Cliquez sur "Save" (**Enregistrer**).



4 Code R 1/4

```
# Installer et charger le package qcc  
install.packages("qcc")  
library(qcc)
```



Installing package into ‘/usr/local/lib/R/site-library’
(as ‘lib’ is unspecified)

Package ‘qcc’ version 2.7

Type ‘citation("qcc")’ for citing this R package in publications.

QCC: Quality Control Charts:
"Cartes de contrôle de la
qualité".

4 Code R 2/4

```
# Données : Chaque ligne représente un échantillon
data <- matrix(c(
  50.12, 49.98, 50.03, 50.07, 50.11,
  49.92, 50.05, 49.99, 50.04, 50.08,
  50.15, 50.10, 50.06, 49.97, 50.02,
  50.00, 50.07, 49.98, 50.01, 50.03,
  50.02, 49.96, 50.04, 49.99, 50.01,
  50.10, 50.14, 50.05, 49.94, 50.00,
  49.95, 50.06, 49.98, 50.02, 50.04,
  50.08, 51.02, 49.99, 50.07, 49.96,
  50.03, 50.09, 50.00, 49.97, 50.11,
  49.99, 50.02, 50.06, 50.03, 49.00
), ncol=5, byrow=TRUE)
```

En R, l'opérateur **<-** est utilisé pour **affecter** une valeur à une variable. Il est équivalent à **=**.

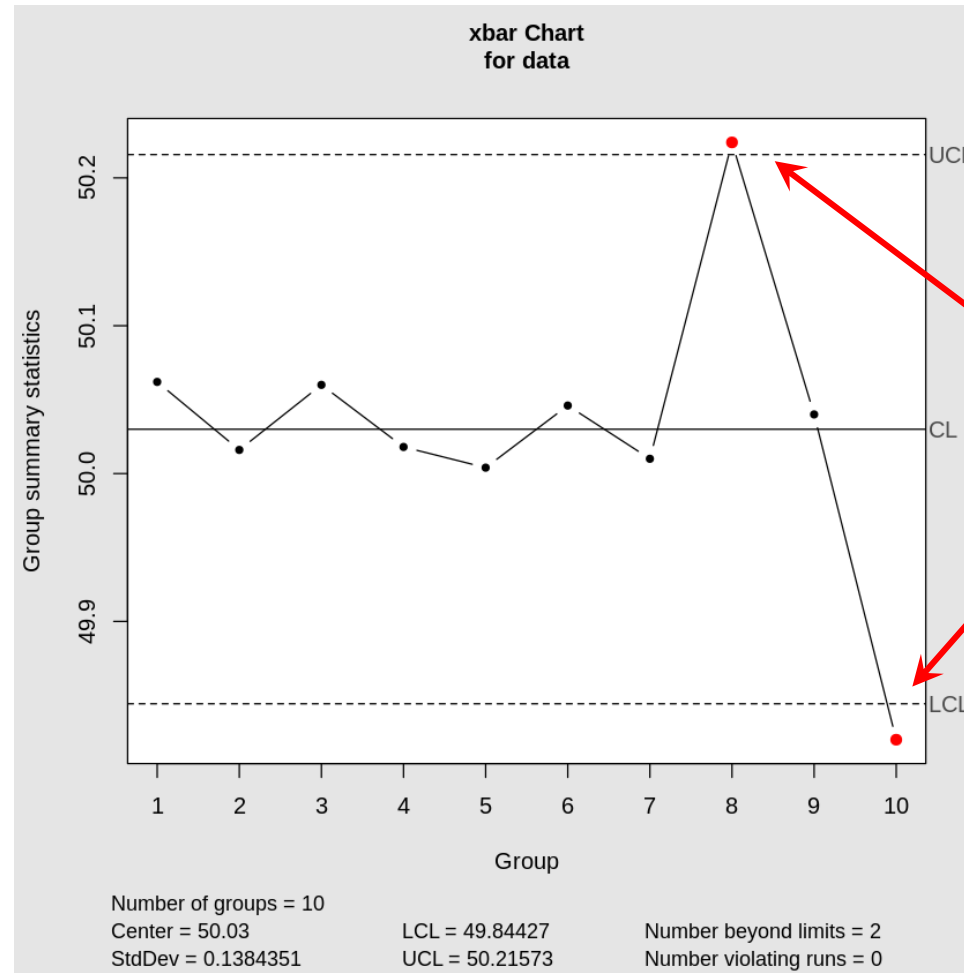
La fonction **matrix(c(...), ncol=5, byrow=TRUE)** en R sert à créer une **matrice**

- **c(...)** : Contient les valeurs à remplir dans la matrice.
- **ncol=5** : Indique que la matrice aura **5 colonnes**.
- **byrow=TRUE** : Remplit la matrice **ligne par ligne** (au lieu de colonne par colonne).

4 Code R 3/4

```
# Créer la carte X-bar  
qcc(data, type="xbar")
```

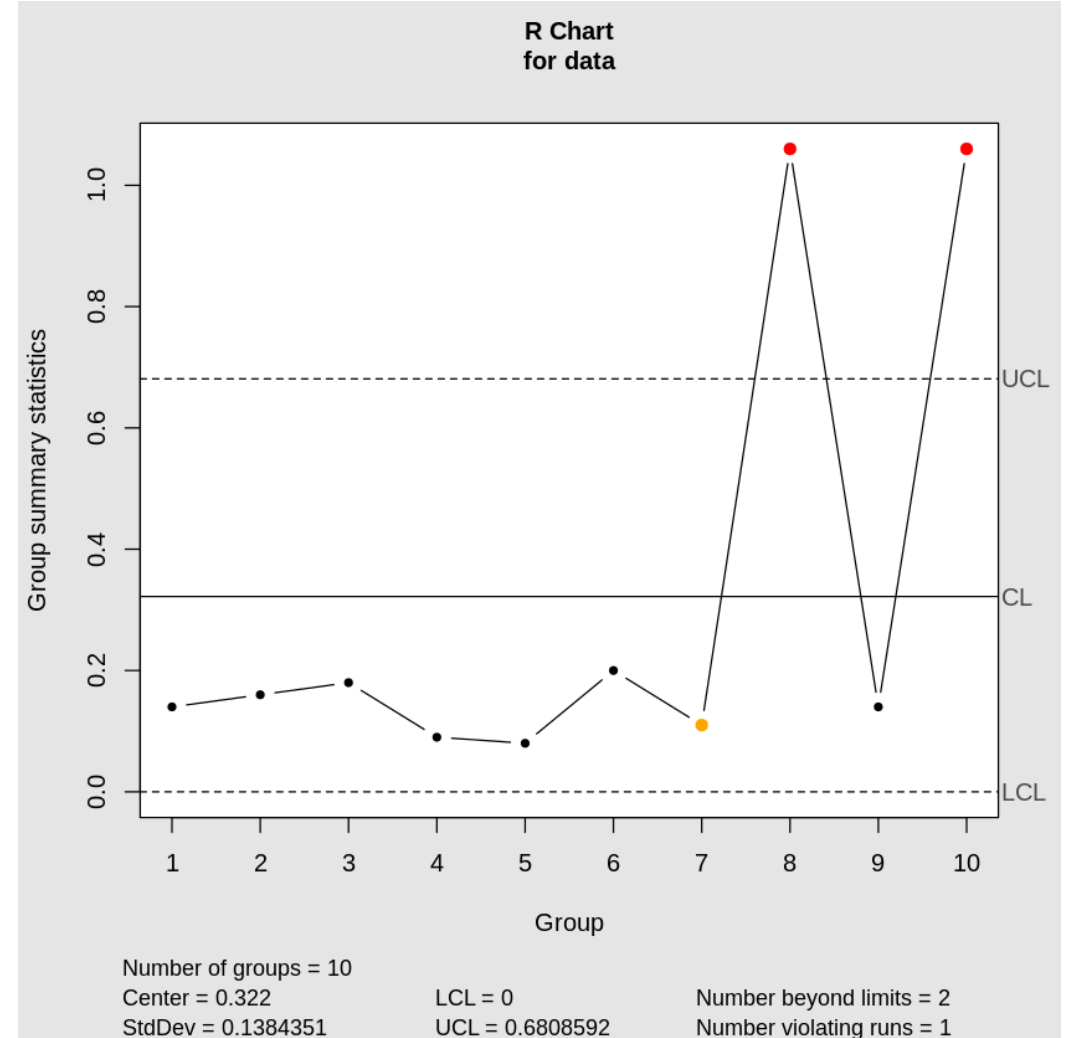
```
➔ List of 11  
 $ call      : language qcc(data = data, type = "xbar")  
 $ type      : chr "xbar"  
 $ data.name : chr "data"  
 $ data      : num [1:10, 1:5] 50.1 49.9 50.1 50 50 ...  
 ..- attr(*, "dimnames")=List of 2  
 $ statistics: Named num [1:10] 50.1 50 50.1 50 50 ...  
 ..- attr(*, "names")= chr [1:10] "1" "2" "3" "4" ...  
 $ sizes     : int [1:10] 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5  
 $ center    : num 50  
 $ std.dev   : num 0.138  
 $ nsigmas   : num 3  
 $ limits    : num [1, 1:2] 49.8 50.2  
 ..- attr(*, "dimnames")=List of 2  
 $ violations:List of 2  
 - attr(*, "class")= chr "qcc"
```



4 Code R 4/4

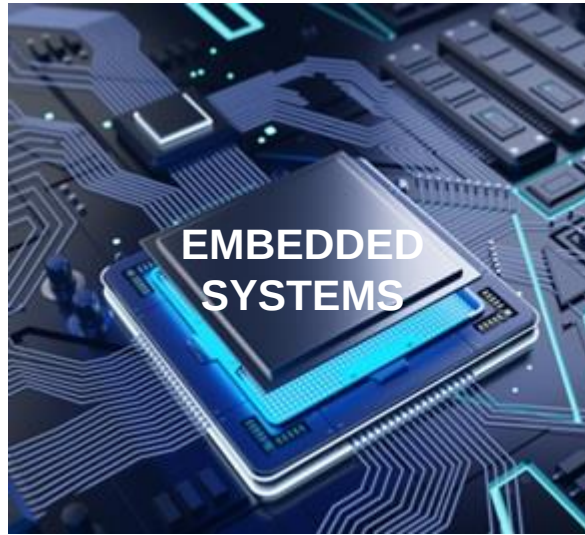
```
# Créer la carte R  
qcc(data, type="R")
```

```
⇒ List of 11  
 $ call      : language qcc(data = data, type = "R")  
 $ type      : chr "R"  
 $ data.name : chr "data"  
 $ data      : num [1:10, 1:5] 50.1 49.9 50.1 50 50 ...  
 ..- attr(*, "dimnames")=List of 2  
 $ statistics: Named num [1:10] 0.14 0.16 0.18 0.09 0.08 ...  
 ..- attr(*, "names")= chr [1:10] "1" "2" "3" "4" ...  
 $ sizes     : int [1:10] 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5  
 $ center    : num 0.322  
 $ std.dev   : num 0.138  
 $ nsigmas   : num 3  
 $ limits    : num [1, 1:2] 0 0.681  
 ..- attr(*, "dimnames")=List of 2  
 $ violations:List of 2  
 - attr(*, "class")= chr "qcc"
```



Voici les principaux types de cartes que vous pouvez utiliser avec la fonction **qcc()**.
En R, Taper: **help(qcc)**

Type de carte	Description
"xbar"	Carte de contrôle des moyennes pour des sous-groupes
"R"	Carte des étendues (Range) pour des sous-groupes
"S"	Carte des écarts-types (Standard Deviation) pour des sous-groupes
"xbar.one"	Carte de contrôle des valeurs individuelles (pas de sous-groupes)
"p"	Carte de proportions (données binaires, ex. : taux de défauts)
"np"	Carte pour le nombre d'éléments défectueux
"c"	Carte de comptage de défauts (nombre total de défauts par unité)
"u"	Carte de défauts par unité



FIN !
Questions ?