

Nom, Prénom	Alexis Juteau Isabelle Handfield	CIP	juta1101 hani1401
--------------------	-------------------------------------	------------	----------------------

	GEL662
Total	/60
Vérifier si les mesures expérimentales permettent d'atteindre la précision voulue	/5
Effectuer une analyse descriptive de votre échantillon et de la population	
Analyse descriptive et vérification de la normalité des distributions et commentaires	/15
Vérification de la cohérence des données de échantillon avec la population par le biais de tests d'hypothèses	/15
Vérifier si les caractéristiques h_{fe} et V_{be} sont corrélées	/8
Évaluer combien de mesures seraient nécessaires pour identifier deux transistors appariés dans un lot	/13
Conclusion	/4



UNIVERSITÉ DE
SHERBROOKE

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Faculté de génie

Département de génie électrique et génie informatique

APP 3 : Éléments de Statistiques

GEL662

Présenté à

Abdelaziz Ramzi

Présenté par

Alexis Juteau

Isabelle Handfield

Sherbrooke - 14 juin 2024

Table des matières

1	Analyse du Circuit et du Protocole Expérimental.....	1
1.1	Évaluation de la Précision des Appareils	1
2	Analyse Descriptive de l'Échantillon et de la Population	2
2.1	Vérification de la Normalité des Distributions.....	2
2.1.1	Commentaires la Normalité des Distributions	4
2.2	Vérification de la Cohérence des Données.....	5
3	Vérification de la Corrélacion entre h_{fe} et V_{be}.....	6
4	Estimation du Nombre de Piges et Mesures Nécessaires	7
4.1	À la valeur moyenne de la population.....	7
4.2	À la valeur moyenne + l'écart-type de la population.....	8
5	Conclusion	8

1 Analyse du Circuit et du Protocole Expérimental

1.1 Évaluation de la Précision des Appareils

D'une part pour obtenir les valeurs de $\Delta\beta$, il suffit de suivre l'équation suivante :

$$\Delta\beta(\%) = \frac{\text{Moyenne des } \pm \frac{A}{A}}{\text{Moyenne des } \frac{A}{A}}$$

Ainsi, il est possible d'obtenir les valeurs de ΔV_{be} de cette manière :

$$\Delta V_{be}(V) = I.\dot{E}.(V) + I.Z.(V)$$

$$\Delta V_{be}(V) = V(\text{mesuré}) * I.\dot{E}.rel + I.Z.rel. * Gamme$$

Ensuite à partir des valeurs obtenues pour les 13 échantillons, il est possible d'obtenir une estimation valide pour $\Delta\beta$ et ΔV_{be} .

Vérification des incertitudes ECH54	
Incertitude Vbe	Incertitude β(hfe)
3.3179000E-04 V	1.19660%
3.3240400E-04 V	1.11690%
3.3198800E-04 V	1.18477%
3.3224680E-04 V	1.21724%
3.3213660E-04 V	1.23651%
3.3177600E-04 V	1.22247%
3.3186200E-04 V	1.23546%
3.3199800E-04 V	1.15289%
3.3212400E-04 V	1.18993%
3.3384200E-04 V	1.20227%
3.3206300E-04 V	1.22275%
3.3218900E-04 V	1.18443%
3.3232900E-04 V	1.12849%
Moyenne Obtenue	
3.3221142E-04 V	1.1916%

FIGURE 1 – Moyenne $\Delta\beta$ et ΔV_{be}

D'après les calculs basés sur les mesures expérimentales, la valeur de ΔV_{be} de 200 μV spécifiée n'est pas atteinte, car nous obtenons 332 μV , ce qui dépasse les limites fixées. En revanche, les spécifications pour $\Delta\beta$ de moins de 2 % sont respectées, avec un résultat de 1,1916 %. Cette différence pour ΔV_{be} pourrait être attribuée à un problème d'étalonnage de l'instrument PM2525, potentiellement dû à un étalonnage non effectué dans les délais ou incorrectement réalisé, ce qui aurait pu affecter les données.

2 Analyse Descriptive de l'Échantillon et de la Population

2.1 Vérification de la Normalité des Distributions

D'une part, il est possible d'effectuer une analyse descriptive de l'échantillon et de la population en utilisant l'outil de statistiques descriptives pour obtenir les deux tableaux suivants :

Échantillon 54	
Moyenne	229.589188
Erreur-type	2.08607965
Médiane	230.200493
Mode	#N/A
Écart-type	7.52146715
Variance de l'échantillon	56.572468
Kurtosis (Coefficient d'aplatissement)	-0.08495562
Coefficient d'asymétrie	-0.79409655
Plage	23.9298226
Minimum	215.16188
Maximum	239.091703
Somme	2984.65944
Nombre d'échantillons	13

(a) Tableau 1

Population 3	
Moyenne	230.978557
Erreur-type	0.9333587
Médiane	230.534263
Mode	225.786048
Écart-type	15.0499568
Variance de l'échantillon	226.501201
Kurtosis (Coefficient d'aplatissement)	5.7109321
Coefficient d'asymétrie	1.76595184
Plage	98.9762931
Minimum	203.047265
Maximum	302.023558
Somme	60054.4249
Nombre d'échantillons	260

(b) Tableau 2

FIGURE 2 – Analyse descriptive de l'échantillon et de la population

Il n'est pas réellement possible, avec les tableaux d'analyse descriptive statistiques, de déduire si la distribution des données suit la loi normale. Avec un tableau par rang et la

fonction de statistique =LOI.NORMALE.STANDARD.INVERSE(proportion), ainsi que les données de β , il est possible de générer deux graphiques quantile-quantile pour voir graphiquement la distribution des données.

Rang	Données trié	Proportion	Quantiles normalisé
1	203.0472647	0.003831418	-2.666575676
2	204.9625913	0.007662835	-2.424590321
3	207.1281324	0.011494253	-2.273625619
4	207.6837639	0.01532567	-2.161569934
5	207.9377114	0.019157088	-2.071477701
6	208.725538	0.022988506	-1.995604297
7	210.38142	0.026819923	-1.929733663
8	210.6573736	0.030651341	-1.871305981
9	210.721367	0.034482759	-1.818645593
10	210.7325309	0.038314176	-1.770593327
11	210.9016911	0.042145594	-1.726312611
12	211.2729387	0.045977011	-1.685179096
13	211.7649099	0.049808429	-1.646713937

FIGURE 3 – Exemple du tableau pour la génération du graphique

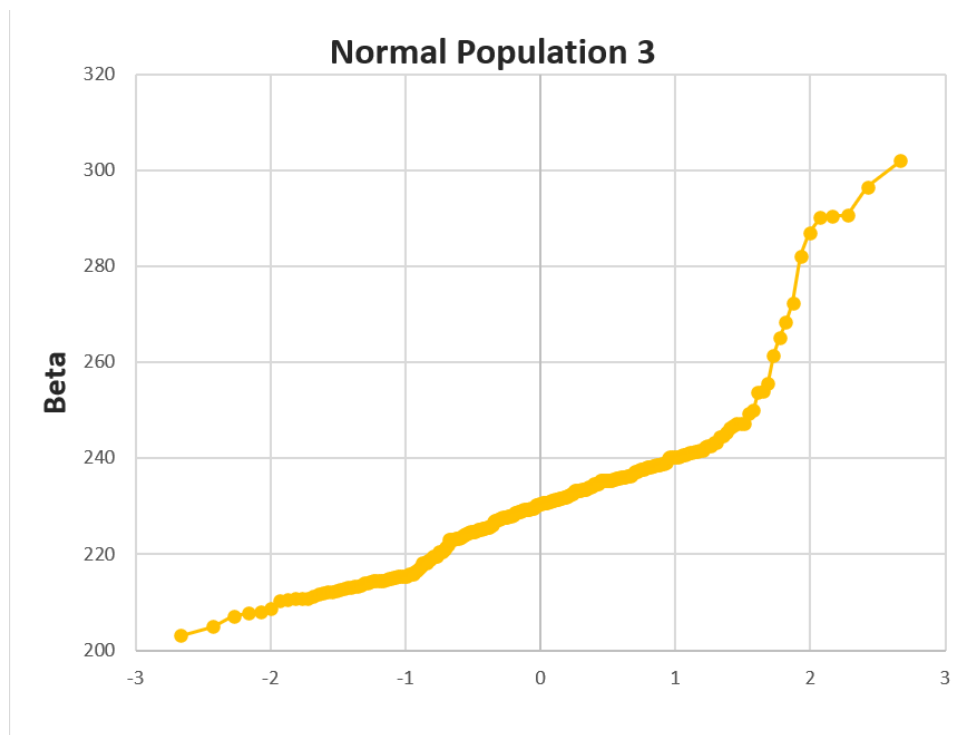


FIGURE 4 – Quantile-Quantile pour la population 3

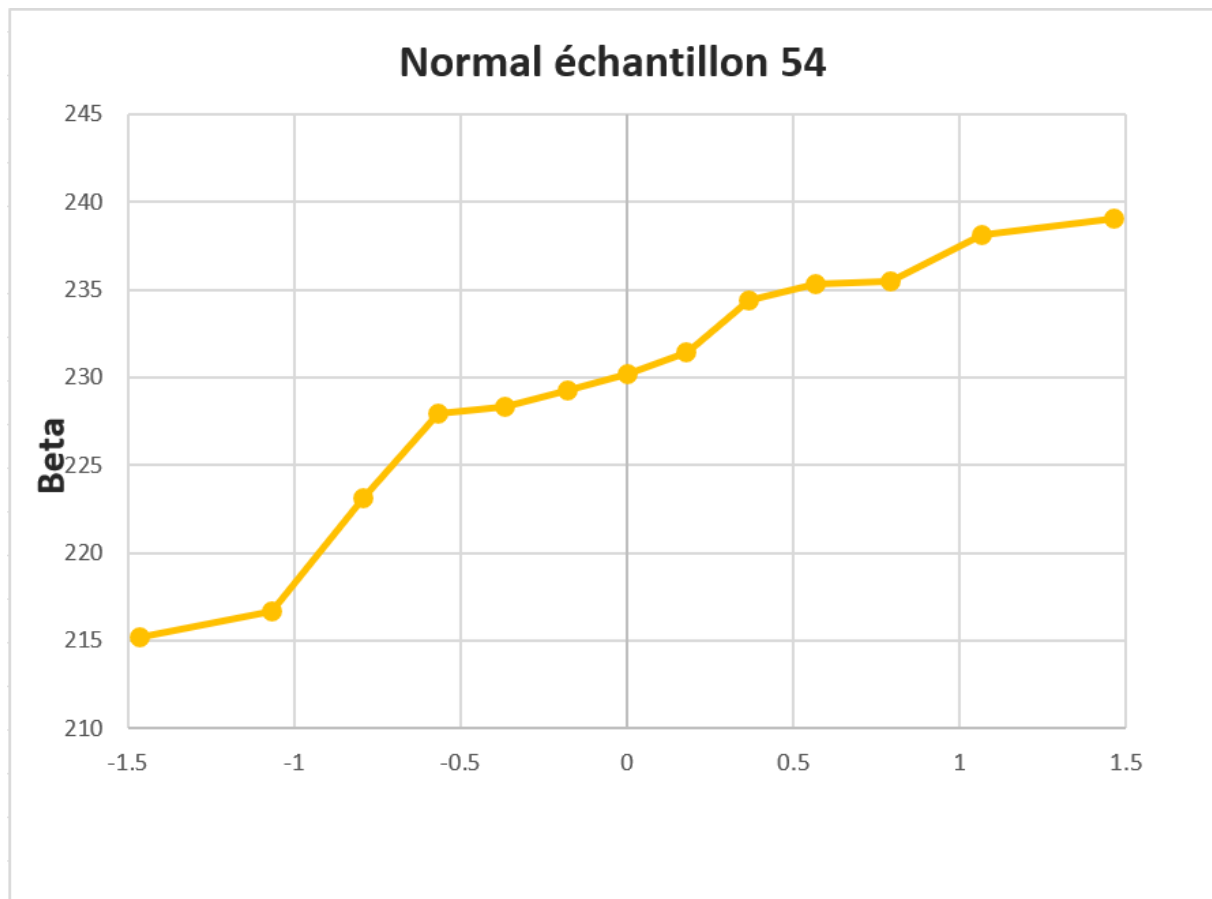


FIGURE 5 – Quantile-Quantile pour l'échantillon 54

2.1.1 Commentaires la Normalité des Distributions

Pour le graphique de la population, on observe une tendance plutôt linéaire, sauf pour la partie droite où il ya moins de linéarité, ce qui peut être dû à des données aberrantes. Pour l'échantillon 54, la courbe est moins linéaire dans son ensemble, probablement parce qu'il n'y a pas assez de données pour former une droite claire. En résumé, le graphique de la population semble suivre davantage la loi normale, car il est plus linéaire au centre du graphique.

2.2 Vérification de la Cohérence des Données

Formulation des hypothèses :

$$\text{Hypothèse nulle}(H_0) : \mu_{\text{échantillon}} = \mu_{\text{population}}$$

$$\text{Hypothèse alternative}(H_1) : \mu_{\text{échantillon}} \neq \mu_{\text{population}}$$

On obtient les moyennes avec l'analyse statistique descriptive :

$$\mu_{\text{échantillon}} = 229.589$$

$$\mu_{\text{population}} = 230.978$$

$$\sigma = 15.0499$$

On doit trouver Z (loi normale centrée et réduite) :

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma\sqrt{n}} = \frac{229.589 - 230.978}{15.0499\sqrt{13}} = \frac{-1.389}{15.0499 \times 3.60555} \approx \frac{-1.389}{54.278} \approx -0.0256$$

Pour une spécification de $\alpha = 5\%$ on doit trouver Z_{α} pour la comparaison avec Z dans la table de la loi normale centrée réduite :

$$\text{Valeur dans le tableau} = 0.5 - 0.5 * \frac{\alpha}{2}$$

$$\text{Valeur dans le tableau} = 0.4750$$

$$Z_{\alpha=1.96}$$

Règle pour le test d'hypothèse bilatéral :

$$\begin{cases} Z \geq Z_{\alpha} & H_1 \text{ accepté} \\ Z < Z_{\alpha} & H_0 \text{ accepté} \end{cases}$$

Puisque $Z < Z_{\alpha}$ H_0 est accepté.

3 Vérification de la Corrélation entre h_{fe} et V_{be}

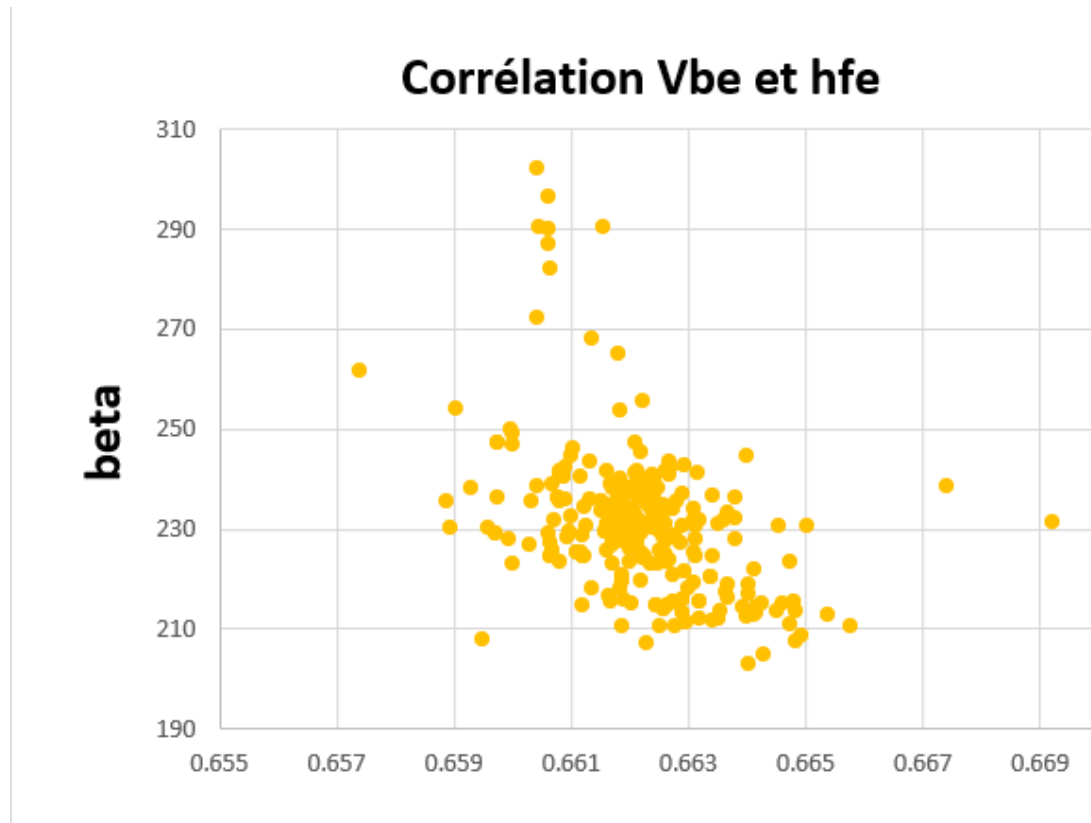


FIGURE 6 – Corrélation V_{be} et h_{fe}

Pour la corrélation entre h_{FE} et V_{BE} , lorsqu'on trace les données point par point sur un graphique (figure 6), on n'observe pas réellement de tendance entre β et V_{BE} . Ce que l'on voit, c'est un nuage de points sans réelle linéarité ni relation apparente. Il est possible de dire que, puisque V_{BE} est une caractéristique intrinsèque du semi-conducteur et que β varie en fonction des courants I_C et I_B , on ne peut pas observer de corrélation sur la figure 6.

4 Estimation du Nombre de Piges et Mesures Nécessaires

4.1 À la valeur moyenne de la population

D'une part, il faut définir la moyenne de la population p trouvé à partir de la spécification de 2% :

$$\mu_{population} = 230.978$$

$$gamme\mu_{population} = 230.978 \pm 230.978 * 2\%$$

$$226.358 < p < 235.597$$

loi binomial($x =$ à fixer selon guide) :

$$P(X = x) = \binom{n}{p} p^x (1 - p)^{n-x}$$

$$P(X = x) = \frac{n!}{x!(n-x)!} p^x (1 - p)^{n-x}$$

Avec $x = 0$ et le taux de confiance de 9 fois sur 10 :

$$1 - P(x = 0)$$

$$1 - 0.9 = \binom{n}{p} p^x (1 - p)^{n-x}$$

$$0.1 = \frac{n!}{0!(n-0)!} p^0 (1 - p)^{n-0}$$

$$0.1 = \frac{n!}{0!n!} p^0 (1 - p)^n$$

$$0.1 = (1 - p)^n$$

Pour trouver p avec Excel et loi normal centrée et réduite :

$$\log_{(1-0.0984)} 0.1 = n$$

$$n = 22.22 \simeq 23 \text{ piges}$$

4.2 À la valeur moyenne + l'écart-type de la population

Calcul idem pour la population + sigma :

$$\log_{(1-0.0984)} 0.1 = n$$

$$n = 34.98 \simeq 35 \text{ piges}$$

5 Conclusion

Pour conclure, nous avons complété les calculs nécessaires pour le fichier Excel, analysé le protocole expérimental et constaté que la précision des instruments utilisés n'était pas suffisante pour atteindre les tolérances spécifiées pour le Vbe. Une caractérisation statistique descriptive de l'échantillon et de la population de 260 transistors a été effectuée, et nous avons vérifié la normalité de ces distributions. Enfin, nous avons estimé le nombre minimum de prélèvements nécessaires, avec un niveau de confiance de 90 %, pour identifier au moins un transistor correspondant aux valeurs moyennes et à $\mu + \sigma$ de la population.

Qui plus est, plusieurs facteurs interviennent dans la comparaison des mesures expérimentales. Les fluctuations statistiques peuvent affecter les résultats puisqu'il peut y avoir un écart important entre les valeurs mesurées et les valeurs théoriques. L'incertitude systématique est liée aux limitations et aux imprécisions des instruments de mesure, tels que le Fluke 8846A et le Manuel PM2525, dans notre problématique. L'évaluation de la conformité d'un échantillon à une population nécessite beaucoup d'attention puisqu'un échantillon peut être biaisé par rapport aux résultats obtenus du reste de la population, ce qui peut nuire à l'analyse statistique finale de la population.

Références

- [1] Les statistiques : un outil décisionnel, *GUIDE ÉTUDIANT S6e – APP3*, Été 2024.