

Projet DEPhI - Vision industrielle
Rapport d'expérience : Linéarité du capteur CMOS
Justine Gabriel

Table des matières

1	Objectif de l'expérience	2
2	Matériel et méthode	2
2.1	Matériel	2
2.2	Méthodologie	2
3	Résultats expérimentaux	3
3.1	Zone sélectionnée petite (zone du cube)	3
3.2	Vérification du facteur de proportionnalité	3
4	Analyse et discussion	4
5	Conclusion	4

19 février 2026

1 Objectif de l'expérience

L'objectif de cette manipulation est de vérifier la linéarité d'un capteur CMOS en fonction du temps d'intégration.

Pour cela, nous avons mesuré le niveau de gris exprimé en ADU (Analog Digital Unit) pour quatre cubes de couleurs différentes (bleu, rouge, vert, jaune), éclairés successivement par trois LED (rouge, bleue et verte).

Le seul paramètre variable est le temps d'intégration, fixé à :

- $1000\mu s$
- $2000\mu s$

La linéarité est vérifiée si, pour un éclairage donné, le signal double lorsque le temps d'intégration double.

2 Matériel et méthode

2.1 Matériel

- Capteur CMOS
- Trois LED monochromatiques : rouge, bleue, verte
- Quatre cubes colorés : bleu, rouge, vert, jaune
- Logiciel d'acquisition permettant la mesure du niveau moyen en ADU

2.2 Méthodologie

Deux types de zones d'analyse ont été utilisés :

- Grande zone : région autour du cube (supérieurs à la taille du cube)
- Petite zone : région restreinte plus petite que le cube

Le protocole expérimental s'est déroulé en plusieurs étapes successives :

1. Dans un premier temps, les mesures ont été réalisées avec une grande zone de sélection : acquisition à $1000\mu s$ pour l'ensemble des cubes et pour les trois LED puis acquisition à $2000\mu s$ pour l'ensemble des cubes et pour les trois LED.
2. Dans un second temps, la taille de la fenêtre de mesure a été réduite afin de ne sélectionner que la surface du cube (petite zone) : Les acquisitions ont de nouveau été réalisées à $1000\mu s$ pour tous les cubes et toutes les LED, puis à $2000\mu s$ pour tous les cubes et toutes les LED.

Cette seconde série de mesures permet d'obtenir des valeurs moyennes plus représentatives de la réflexion propre à chaque cube. En effet, la réduction de la zone d'analyse limite l'influence du fond et des réflexions parasites, qui contribuaient au signal mesuré lors de la sélection d'une grande zone. Les valeurs obtenues sont ainsi moins biaisées et l'écart-type reflète davantage le bruit intrinsèque du capteur et les variations locales de réflexion du cube.

3 Résultats expérimentaux

3.1 Zone sélectionnée petite (zone du cube)

Les valeurs sont exprimées en moyenne (écart-type).

Temps d'intégration : $1000\mu s$

Cube	LED Rouge	LED Bleue	LED Verte
Bleu	87 (8)	205 (8)	184 (11)
Rouge	625 (15)	37 (3)	67 (5)
Vert	140 (9)	76 (4)	500 (12)
Jaune	789 (14)	72 (4)	695 (13)

Temps d'intégration : $2000\mu s$

Cube	LED Rouge	LED Bleue	LED Verte
Bleu	174 (15)	412 (16)	369 (22)
Rouge	1255 (33)	77 (5)	136 (10)
Vert	286 (17)	159 (8)	1018 (22)
Jaune	1580 (27)	143 (6)	1398 (23)

3.2 Vérification du facteur de proportionnalité

On compare les valeurs obtenues à $2000\mu s$ avec celles à $1000\mu s$.

$$\begin{aligned}
 \text{Cube bleu} - \text{LED rouge} &: \frac{174}{87} = 2.00 \\
 \text{Cube rouge} - \text{LED rouge} &: \frac{1255}{625} \approx 2.01 \\
 \text{Cube vert} - \text{LED verte} &: \frac{1018}{500} \approx 2.04 \\
 \text{Cube jaune} - \text{LED verte} &: \frac{1398}{695} \approx 2.01
 \end{aligned}$$

Les rapports sont très proches de 2 pour l'ensemble des mesures.

4 Analyse et discussion

Les résultats montrent que :

- Le signal double lorsque le temps d'intégration double.
- La proportionnalité est respectée pour toutes les couleurs et toutes les LED.
- Les écarts-types augmentent légèrement avec le signal, ce qui est cohérent avec un bruit proportionnel au niveau lumineux (bruit photonique).
- Aucun phénomène de saturation n'est observé aux niveaux mesurés.

Cela confirme que, dans la plage testée, le capteur fonctionne dans son régime linéaire.

5 Conclusion

L'expérience avait pour objectif de vérifier la linéarité du capteur CMOS en fonction du temps d'intégration.

Les mesures effectuées à $1000\mu s$ et $2000\mu s$ montrent que :

$$\text{Signal} \propto \text{Temps d'intégration}$$

Le doublement du temps d'intégration entraîne un doublement du signal en ADU pour toutes les configurations testées.

Nous pouvons donc conclure que la linéarité du capteur CMOS est vérifiée dans la plage de fonctionnement étudiée.

Cette vérification de la linéarité était indispensable afin de pouvoir modéliser simplement la chaîne d'acquisition de la caméra, en supposant une relation proportionnelle entre le signal mesuré et le temps d'intégration, dans le cadre d'un programme que nous développerons par la suite sous Python.