

L'acquisition des images numériques par le capteur CCD

Éléments de correction

I. La photodiode, un photorécepteur.

1. On veut montrer que lorsque la photodiode reçoit un rayonnement (si celui-ci transporte une énergie suffisante), un courant électrique est généré.

On peut pour cela utiliser un ampèremètre (il faut ouvrir le circuit pour l'insérer en série) ou un voltmètre aux bornes du résistor (comme $U = R \times I$, la mesure de U permet d'obtenir I).

On mesure alors l'intensité du courant électrique (ou on l'obtient à partir de la tension électrique) :

- lorsque la photodiode est soumise à un éclairage intense ;
- lorsque la photodiode est dans l'obscurité complète.

2. On constate que :

- lorsque la photodiode est soumise à un éclairage intense, elle génère un courant électrique non nul ;
- lorsque la photodiode est dans l'obscurité complète, elle ne génère aucun courant électrique.

La photodiode est donc bien le siège d'un effet photoélectrique.

3. Pour que ce dispositif devienne un capteur de lumière rouge, il suffit de placer sur la photodiode un filtre rouge.

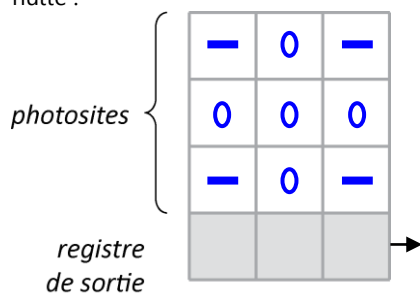
Remarque : on peut faire de même pour chacune des deux autres couleurs primaires de la synthèse additive que sont le vert et le bleu.

II. Le capteur CCD.

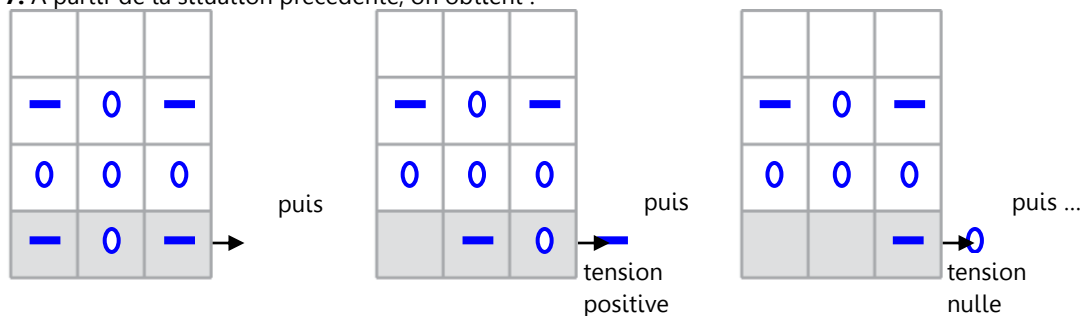
4. Les électrodes sont connectées à tour de rôle à la borne + du générateur pour attirer les électrons (négatifs) d'un photosite à l'autre (voir doc 2).

5. Le registre de sortie doit-il être placé dans l'obscurité pour qu'il soit vide et puisse ainsi recevoir les électrons des autres photosites (voir doc 3).

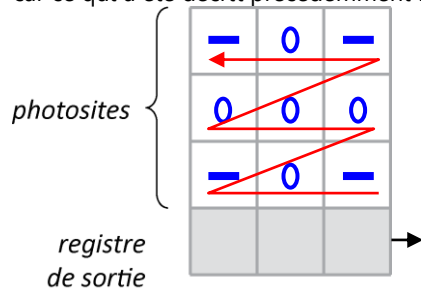
6. Les électrons apparaissent là où le capteur CCD a été éclairé. Les autres photosites conservent une charge nulle :



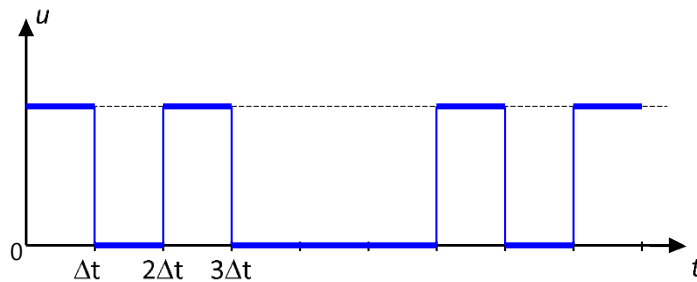
7. À partir de la situation précédente, on obtient :



À la sortie du registre de transfert, le système de conversion observe donc (dans l'ordre) les charges -0-000-0- car ce qui a été décrit précédemment revient à lire le contenu du capteur CCD dans l'ordre ci-dessous en rouge :

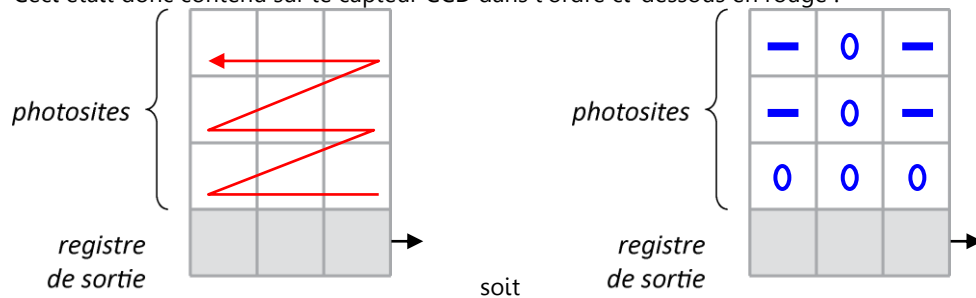


La tension observable est alors (dans l'ordre) positive, nulle, positive, nulle, nulle, nulle, positive, nulle, positive. L'évolution temporelle du signal acquis à la sortie du registre de transfert est alors de la forme :

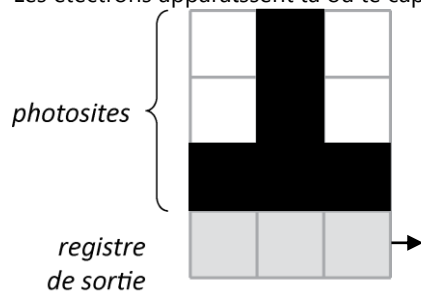


8. Vue l'allure du signal acquis, la tension observable est (dans l'ordre) nulle, nulle, nulle, positive, nulle, positive, positive, nulle, positive.

À la sortie du registre de transfert, le système de conversion observe donc (dans l'ordre) les charges 000-0--0-. Ceci était donc contenu sur le capteur CCD dans l'ordre ci-dessous en rouge :



Les électrons apparaissent là où le capteur CCD a été éclairé. L'image photographiée sur le capteur était donc:



9. Ce filtre permet d'enregistrer une image en couleur.

En effet, sans ce filtre, le capteur CCD réagit à la luminosité mais ne permet pas de différencier les couleurs. En ajoutant un filtre coloré sur chaque photosite, ces photosites réagissent différemment suivant les couleurs.

10. Le filtre de Bayer contient plus de cellules vertes que de cellules rouges ou bleues pour se rapprocher de la réponse de l'œil humain qui est plus sensible au vert qu'aux deux autres couleurs.

11. Avec un filtre de Bayer, la couleur d'un pixel est obtenue en faisant la "moyenne" des photosites qui lui sont proches mais il y a un pixel pour chaque photosite.

Un capteur CCD 250 Mégapixels (c'est-à-dire 250×10^6 pixels ou 250 millions de pixels) comporte donc 250×10^6 photosites.

12. Pour acquérir une photographie avec ce capteur, il faut donc réaliser 250×10^6 transferts de charge. Il y a donc 250×10^6 transferts de charge en une demi-seconde.

La durée de chaque transfert de charge vaut donc $\frac{\frac{1}{2} \text{ s}}{250 \times 10^6} = 2 \times 10^{-9} \text{ s}$