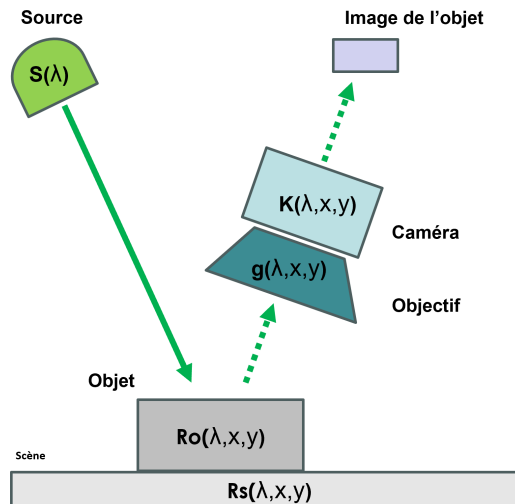


TD Vision Industrielle - Chaîne d'acquisition et convolution

Exercice 1 - Chaîne de vision artificielle



1. Quel est l'objectif principal d'une chaîne de traitement de vision industrielle ?
2. Rappelez les caractéristiques principales des différents éléments de cette chaîne et leur impact.
3. Comment sont mesurées ces différentes caractéristiques ?

Réponse

Question 1

La **vision industrielle** est une technologie qui permet à des machines d'**analyser automatiquement des scènes** pour **contrôler, guider ou inspecter des objets** sur des processus de production.

Elle a pour but de **prendre des décisions automatiques** (ou aider l'être humain dans sa prise de décision) vis-à-vis d'un (ou plusieurs) objet(s) dans une scène spécifique : détecter des défauts ou des irrégularités, compter ou trier..., en rejetant ou validant automatiquement des produits, tout en assurant une constance de la qualité et de la répétabilité des opérations.

Question 2

Source caractérisée par son **intensité**, sa **couleur** (ou spectre en longueur d'ondes), sa directivité (frontal, rasant, rétroéclairage, diffus) et son **uniformité**.

- Elle détermine le **contraste** entre l'objet et son environnement.
- Elle influence la **visibilité des défauts**, contours et textures.
- Un éclairage mal choisi peut créer des ombres parasites et/ou des reflets spéculaires.

Objet(s) / Scène caractérisés par leur réflectance (diffuse ou spéculaire), leur texture, leur brillance, leur couleur, leur orientation et leur position.

- Ils déterminent la **quantité et la nature de la lumière renvoyée** vers la caméra.
- Leur texture influence la détection des défauts.

- Une différence importante de texture ou des réflectances dans des zones spectrales différentes **facilite la discrimination** entre objet(s) et scène.

Objectif caractérisé par sa **distance focale**, son **ouverture** (f/N), son champ de vision, sa profondeur de champ, sa distance de travail, ses distorsions optiques (modification de la géométrie de l'image) et ses aberrations (dégradation de la netteté de l'image).

- Il détermine la **zone observée** et le **grossissement/grandissement**.
- Il influence la netteté de l'image. Une faible profondeur de champ peut rendre certaines zones floues.
- Les distorsions dégradent la précision des mesures géométriques.

Caméra caractérisé par sa **résolution spatiale** (nombre de pixels), sa **taille de capteur**, sa **sensibilité spectrale** (dépendant de la longueur d'ondes), sa profondeur binaire (nombre de bits pour codé chaque pixel), sa cadence d'acquisition, son **temps d'exposition**.

- Elle conditionne la **précision de mesure**. Une résolution insuffisante limite la détection des petits défauts.
- Un faible temps d'exposition nécessite davantage d'éclairage, mais augmente potentiellement la cadence d'acquisition.

Question 3

voir document *Ressources des TP de Vision Industrielle en Opto-Electronique*

Liste non exhaustive des méthodes.

Source .

Intensité Système de photodétection (photodiode par exemple) ou Luxmètre

Spectre Spectromètre

Directivité Système de photodétection monté sur un système permettant de contrôler l'angle

Uniformité Image d'un plan éclairé par la source (caméra par exemple et objectif)

Objet(s) / Source .

Réflectance Réflectomètre (mesure le coefficient de réflexion d'une surface) ou Spectrophotomètre (mesure la réflectance selon la longueur d'onde).

Spectre Spectrocolorimètre

Etat de surface / Texture Rugosimètre ou Profilomètre optique

Objectif .

Focale / Champ de vision Banc optique de mesure (collimateur et rails de déplacement) - voir TP S5/S6.

Spectre Spectrocolorimètre

Résolution optique / Distorsions Mires et système d'image.

Aberrations / Front d'onde Interféromètre (Fizeau par exemple).

Exercice 2 - Choix d'une caméra et d'un objectif

On cherche à détecter un **QR code** imprimé sur une affiche avec une taille de **5 cm de côté** (T_{QR}). On souhaite pouvoir détecter ce QR code à une distance de **1 m** (D).

Le QR code est dans une version 40, soit **177 x 177 motifs** (N_{QR}). On souhaite un facteur de sécurité de **5** (S).

On prendra une caméra dans les pixels font $T_p = 3.45 \mu\text{m}$ de côté.

1. Faites un schéma de principe du système étudié.
2. Quelle est la taille d'un élément du QR code ?
3. Quel est le nombre de pixels minimal pour détecter correctement ce QR code ?
4. Calculez le grandissement nécessaire pour cette application.
5. Déterminez la focale que devra avoir cet objectif.
6. Si on diminue la focale d'un facteur 2, à distance de travail égale, que devient le champ de vision ?

Réponse

Question 1

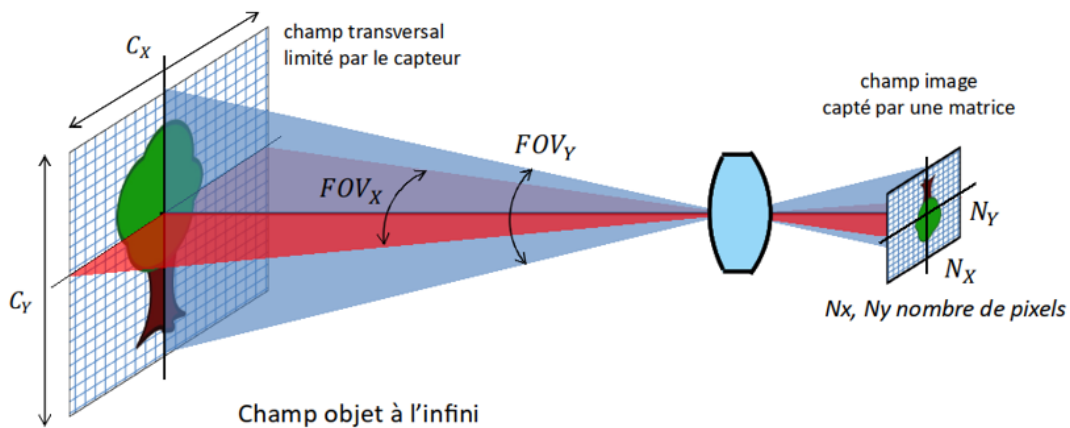
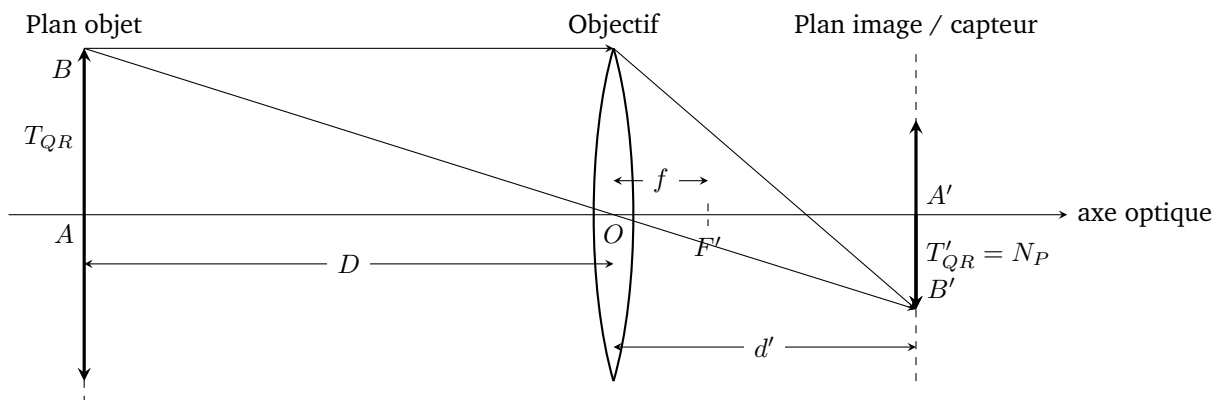


FIGURE 1 – Système optique et champ de vision d'une caméra numérique - illustration provenant du cours d'optique instrumentale de Sébastien de Rossi.



Question 2

La taille d'un élément est de $T_E = T_{QR}/N_{QR} = 282 \mu\text{m}$

Question 3

Le code faisant 177 motifs différents dans une direction, avec un facteur 5 de sécurité, il faut au minimum $N_P = S * N_{QR} = 885$ pixels

Question 4

Le grandissement est le rapport entre la taille de l'image et la taille de l'objet :

$$g = \frac{N_P * T_p}{T_{QR}} = \frac{885 * 3.45 \mu\text{m}}{5 \text{ cm}} = 0.061$$

Question 5

A partir du grandissement, on peut calculer la position de l'image par rapport à l'objectif à l'aide de la position de l'objet par rapport à l'objectif : $OA' = g * OA = 61 \text{ mm}$

A partir de la formule de conjugaison suivante, on peut alors calculer la focale de l'objectif.

$$\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'}$$

On trouve alors que

$$f' = 65 \text{ mm}$$

Question 6

A partir des formules de conjugaison et de grandissement :

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} \quad g = \frac{OA'}{OA}$$

on peut obtenir :

$$g = \frac{f'}{OA - f'}$$

Si on appelle $X = T_{QR}$ la taille de l'objet et L la largeur du capteur, on a $L = g \cdot X$.

Ainsi, on obtient :

$$X = L \cdot \left(\frac{OA}{f'} - 1 \right)$$

Si on note X_1 et X_2 la taille de l'objet pour des focales f_1 et $f_2 = f_1/2$, on a alors :

$$X_1 = L \cdot \left(\frac{OA}{f_1} - 1 \right)$$

$$X_2 = L \cdot \left(\frac{OA}{f_2} - 1 \right) = L \cdot \left(\frac{2 \cdot OA}{f_1} - 1 \right)$$

En faisant le rapport des deux, on obtient :

$$\frac{X_2}{X_1} = \frac{\frac{2 \cdot OA}{f_1} - 1}{\frac{OA}{f_1} - 1}$$

En supposant que la distance D est grande devant la focale f' , alors on trouve que $X_2 \approx 2 \cdot X_1$.

Exercice 3 - Convolution : flou gaussien, Sobel...

On s'intéresse à présent à certains traitements d'image basés sur le **principe de la convolution**.

On supposera pour l'ensemble de cet exercice que chaque pixel est codé sur 8 bits.

On cherche à comparer l'effet des **5 noyaux suivants** (qu'on pourra normaliser) :

$$A3 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad A5 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 1 & 4 & 1 \end{bmatrix}$$

$$C1 = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad C2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

On s'intéresse au **signal suivant** :

$$S1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 \end{bmatrix}$$

$$A3 > \begin{bmatrix} x & 0 & 0 & 0 & 100 & 200 & 300 & 300 & 300 & x \end{bmatrix}$$

$$A3 > \begin{bmatrix} x & 0 & 0 & 0 & 33 & 66 & 100 & 100 & 100 & x \end{bmatrix}$$

$$A5 > \begin{bmatrix} x & 0 & 20 & 40 & 60 & 80 & 100 & 100 & 100 & x \end{bmatrix}$$

$$B > \begin{bmatrix} x & 0 & 0 & 0 & 15 & 83 & 100 & 100 & 100 & x \end{bmatrix}$$

$$C1 > \begin{bmatrix} x & 0 & 0 & 0 & 100 & 100 & 0 & 0 & 0 & x \end{bmatrix}$$

$$C2 > \begin{bmatrix} x & 0 & 0 & 0 & -100 & -100 & 0 & 0 & 0 & x \end{bmatrix}$$

Conclure sur l'effet de ces noyaux.

On fera de même uniquement avec les noyaux A3, B et C1 avec les signaux suivants :

$$S2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 33 & 66 & 100 & 100 & 100 & 100 \end{bmatrix}$$

$$A3 > \begin{bmatrix} x & 0 & 0 & 11 & 33 & 66 & 88 & 100 & 100 & x \end{bmatrix}$$

$$B > \begin{bmatrix} x & 0 & 0 & 5 & 33 & 66 & 94 & 100 & 100 & x \end{bmatrix}$$

$$C1 > \begin{bmatrix} x & 0 & 0 & 33 & 66 & 66 & 33 & 0 & 0 & x \end{bmatrix}$$

$$S3 = \begin{bmatrix} 50 & 40 & 60 & 50 & 60 & 0 & 10 & 20 & 0 & 10 \end{bmatrix}$$

$$A3 > \begin{bmatrix} x & 50 & 50 & 56 & 36 & 23 & 10 & 10 & 10 & x \end{bmatrix}$$

$$B > \begin{bmatrix} x & 43 & 55 & 53 & 48 & 11 & 10 & 15 & 5 & x \end{bmatrix}$$

$$C1 > \begin{bmatrix} x & 10 & 10 & 0 & -50 & -50 & 20 & -10 & -10 & x \end{bmatrix}$$

$S4 =$

10	10	10	10	50	10	10	10	10	10
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

 $A3 >$

x	10	10	23	23	23	10	10	10	x
---	----	----	----	----	----	----	----	----	---

 $B >$

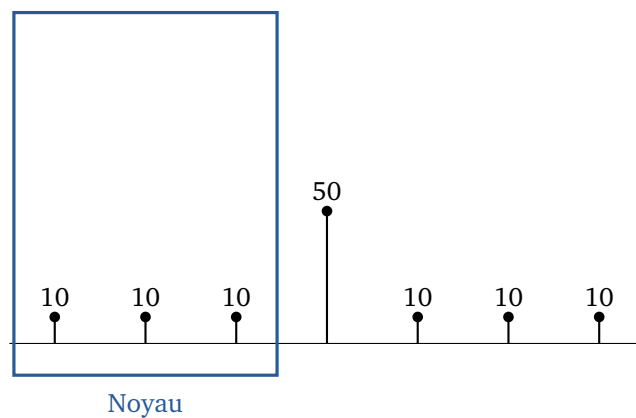
x	10	10	16	36	16	10	10	10	x
---	----	----	----	----	----	----	----	----	---

 $C1 >$

x	0	0	40	0	-40	0	0	0	x
---	---	---	----	---	-----	---	---	---	---

Réponse

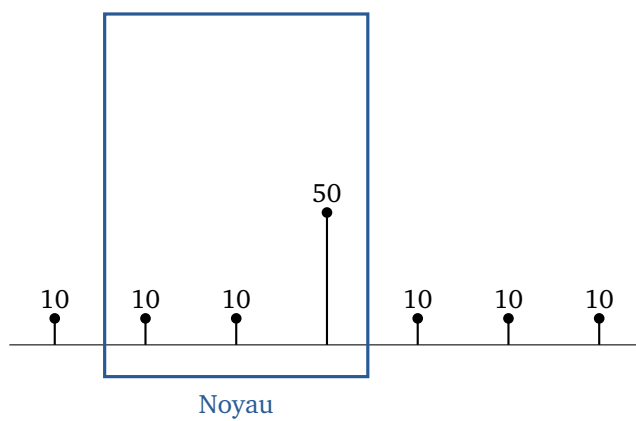
Principe Etape 1



x	?					x
---	---	--	--	--	--	---

x	30					x
---	----	--	--	--	--	---

Etape 2



x	30	?				x
---	----	---	--	--	--	---

x	30	70				x
---	----	----	--	--	--	---

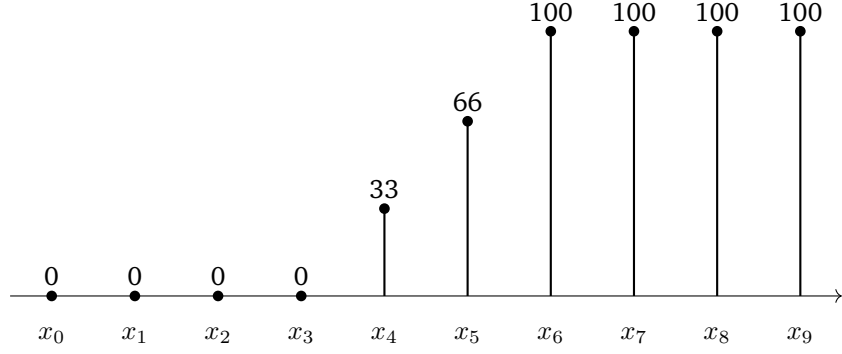
S1 avec A3

$$S1(A3) =$$

x	0	0	0	100	200	300	300	300	x
---	---	---	---	-----	-----	-----	-----	-----	---

$$S1(A3)_{norm} =$$

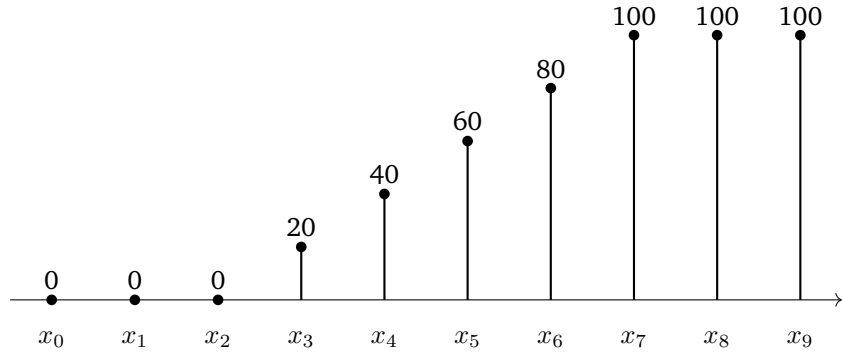
x	0	0	0	33	66	100	100	100	x
---	---	---	---	----	----	-----	-----	-----	---



S1 avec A5

$$S1(A5)_{norm} =$$

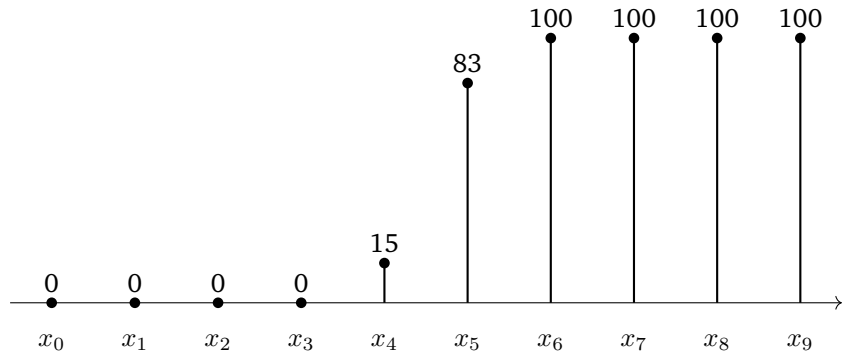
x	x	0	20	40	60	80	100	x	x
---	---	---	----	----	----	----	-----	---	---



S1 avec B

$$S1(B)_{norm} =$$

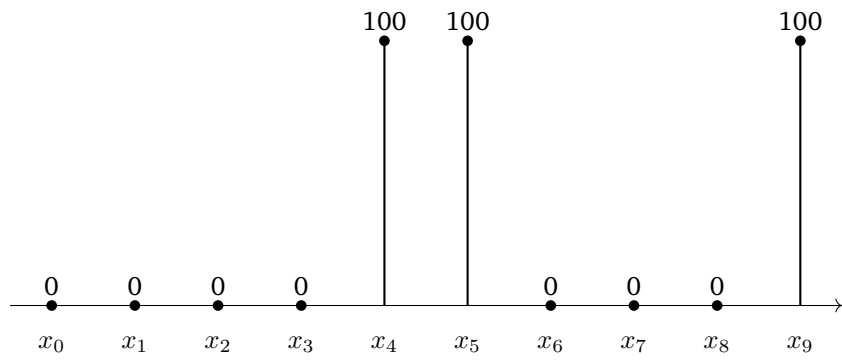
x	0	0	0	15	83	100	100	100	x
---	---	---	---	----	----	-----	-----	-----	---



S1 avec C1

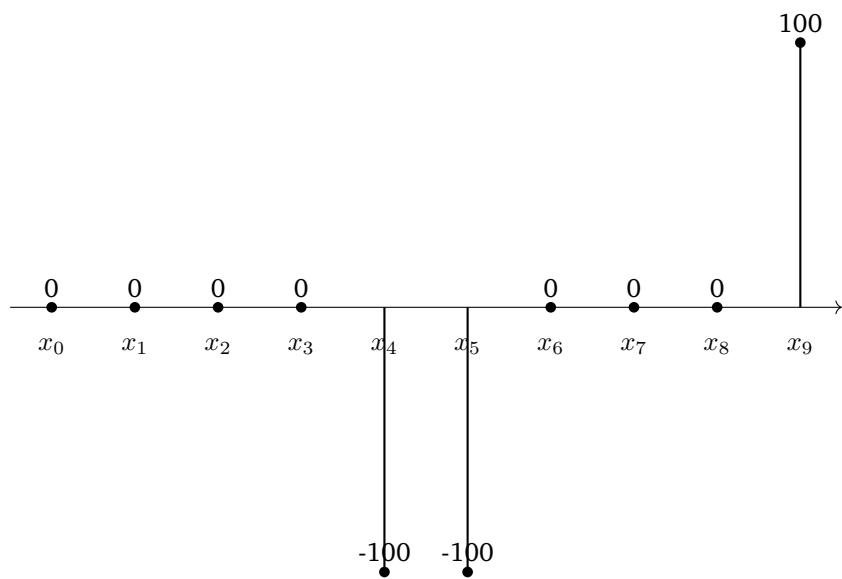
$$S1(C1)_{norm} =$$

x	0	0	0	100	100	0	0	0	x
---	---	---	---	-----	-----	---	---	---	---



S1 avec C2

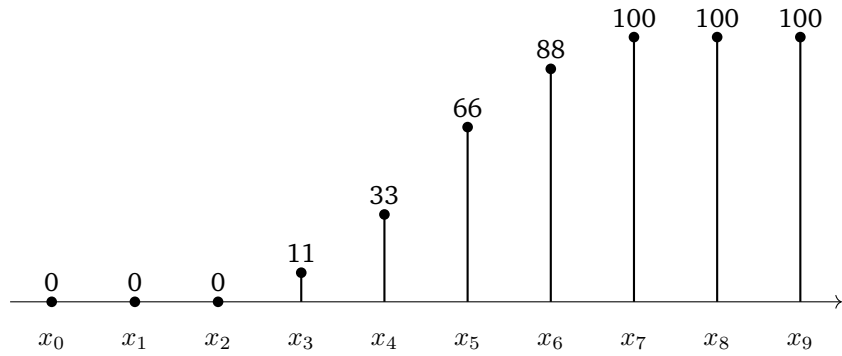
$$S1(C2)_{norm} = \begin{bmatrix} x & 0 & 0 & 0 & -100 & -100 & 0 & 0 & 0 & x \end{bmatrix}$$



Attention si l'image est stockée dans des entiers non signés, on perd l'information de signe... et le résultat est alors nul dans ce cas.

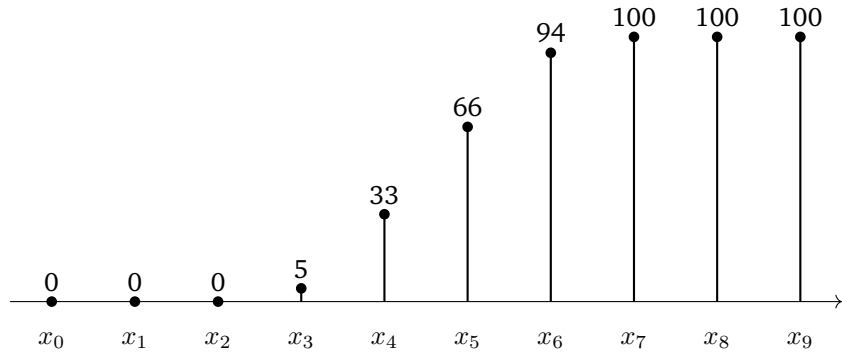
S2 avec A3

$$S2(A3)_{norm} = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline x & 0 & 0 & 11 & 33 & 66 & 88 & 100 & 100 & x \\ \hline \end{array}$$



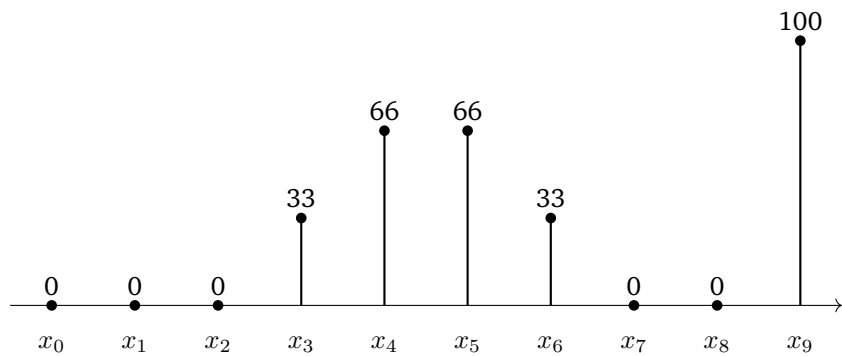
S2 avec B

$$S2(B)_{norm} = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline x & 0 & 0 & 5 & 33 & 66 & 94 & 100 & 100 & x \\ \hline \end{array}$$



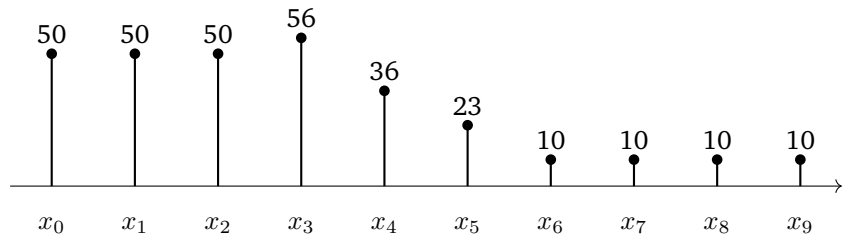
S2 avec C1

$$S2(C1)_{norm} = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline x & 0 & 0 & 33 & 66 & 66 & 33 & 0 & 0 & x \\ \hline \end{array}$$



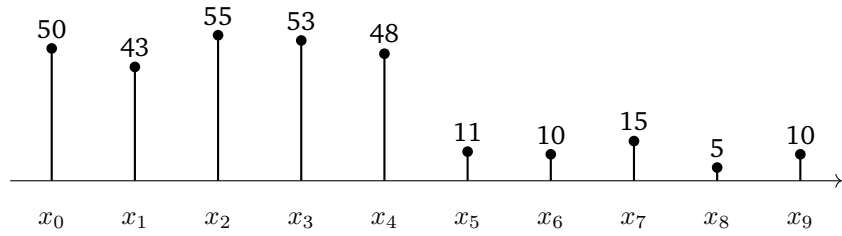
S3 avec A3

$$S3(A3)_{norm} = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline x & 50 & 50 & 56 & 36 & 23 & 10 & 10 & 10 & x \\ \hline \end{array}$$



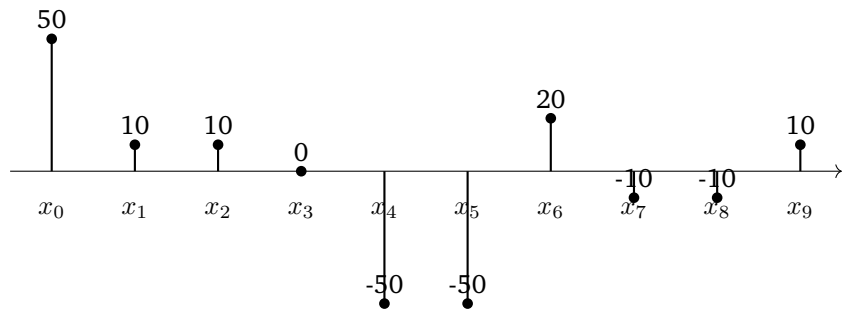
S3 avec B

$$S3(B)_{norm} = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline x & 43 & 55 & 53 & 48 & 11 & 10 & 15 & 5 & x \\ \hline \end{array}$$



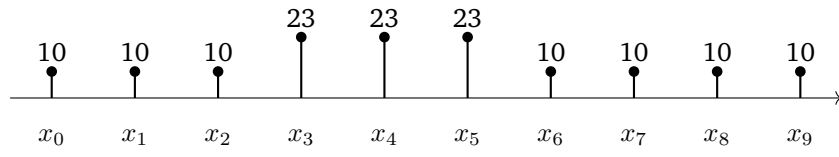
S3 avec C1

$$S3(C1)_{norm} = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline x & 10 & 10 & 0 & -50 & -50 & 20 & -10 & -10 & x \\ \hline \end{array}$$



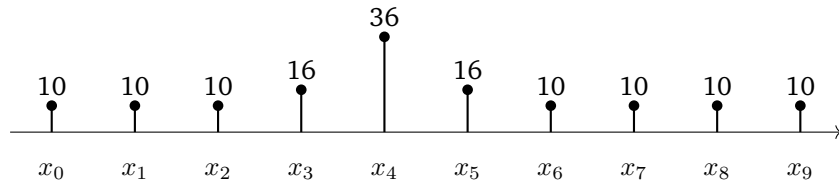
S4 avec A3

$$S4(A3)_{norm} = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline x & 10 & 10 & 23 & 23 & 23 & 10 & 10 & 10 & x \\ \hline \end{array}$$



S4 avec B

$$S4(B)_{norm} = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline x & 10 & 10 & 16 & 36 & 16 & 10 & 10 & 10 & x \\ \hline \end{array}$$



S4 avec C1

$$S4(C1)_{norm} = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline x & 0 & 0 & 40 & 0 & -40 & 0 & 0 & 0 & x \\ \hline \end{array}$$

