

## IGM\_M2-SIS Optimisation des temps de calcul et processeur Projet Vision sur carte SABRE Lite i.MX\_6

Rostom KACHOURI  
rostom.kachouri@esiee.fr  
Département IT (Informatique et TELECOMS) – ESIEE

## IGM\_M2-SIS Introduction

Rostom KACHOURI  
rostom.kachouri@esiee.fr  
Département IT (Informatique et TELECOMS) – ESIEE

### Contexte

- Implantation optimisée d'algorithmes :
  - Traitement des données en respectant des contraintes de l'application et des ressources disponibles
    - Latence
    - Cadence
    - Mémoire
  - Minimisation des composants logiciels et matériels
- Applications : sécurité, contrôle industriel, imagerie médicale, compression

R. Kachouri

3

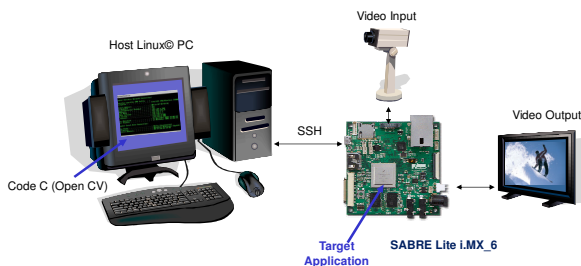
### Objectif

- L'objectif de ce projet est d'implanter et optimiser une chaîne de traitement d'image sur la carte SABRE Lite i.MX6 (ARM\_Cortex-A9) en mettant en œuvre différentes techniques d'optimisation :
  - optimisation algorithmique (algorithme de complexité inférieure au sens mathématique, des structures de données adaptées)
  - optimisation pour les processeurs RISC (F-D-E, déroulage de boucle, ...),
  - optimisation pour une utilisation efficace des ressources matérielles (accès aux données, gestion de la mémoire cache, multi-thread).

R. Kachouri

4

## Projet Vision sur carte SABRE Lite i.MX\_6



R. Kachouri

5

## Applications « Temps réel » Évaluation du coût

- A partir de l'algorithme :
  - coût en termes de nombres d'opérations (+, x, ...) à implanter
  - coût en terme de cycles d'accès aux données à traiter
  - coût en termes de taille (encombrement) : traitement mémoire
- A l'aide d'outils de profilage :
  - Outil Gprof par exemple

R. Kachouri

6

## Chaîne de traitement d'image à implanter

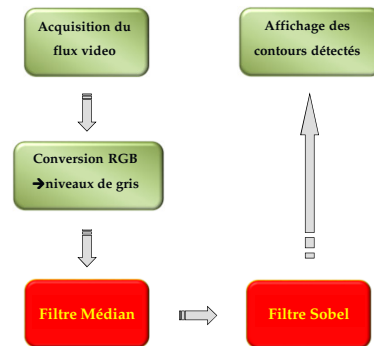
➤ La chaîne de traitement d'image à implanter est composée d'une suite d'opérateurs qui réalise l'application de détection de contours à partir d'un flux vidéo entrant. Ces opérateurs sont :

- • Acquisition du flux video (OpenCV),
- • Conversion RGB → niveaux de gris,
- • Filtrage non linéaire des images « Filtre médian »,
- • Détection de contours « Filtre de Sobel »,
- • Affichage des contours détectés (OpenCV).

R. Kachouri

7

## Présentation des opérateurs



R. Kachouri Filtrage non linéaire

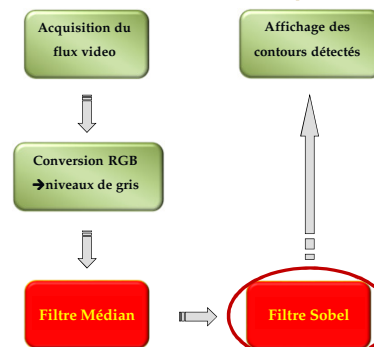
Détection de contours

8

## IGM\_M2-SIS Opérateurs à implanter

Rostom KACHOURI  
rostom.kachouri@esiee.fr  
Département IT (Informatique et TELECOMS) – ESIEE

## Présentation des opérateurs



R. Kachouri Filtrage non linéaire

Détection de contours

10

## Détection de contours « Filtre de Sobel »

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

Sobel  
vertical

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

Sobel  
horizontal

R. Kachouri

11

## Sobel x

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

Gx



R. Kachouri

12

## Sobel y

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \longrightarrow G_y$$

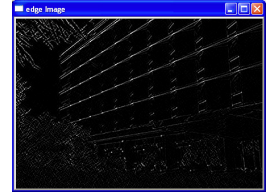
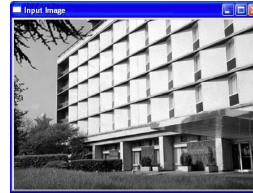


R. Kachouri

13

## Sobel

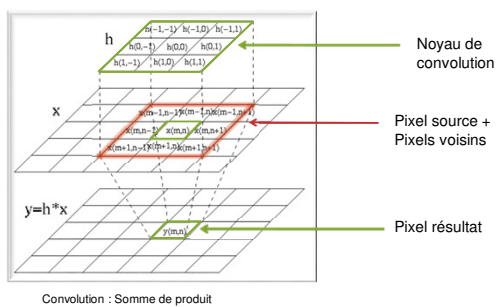
$$\begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \longrightarrow G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$



R. Kachouri

14

## Convolution

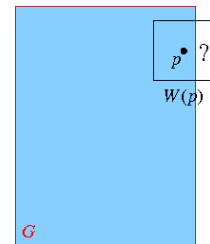


R. Kachouri

15

## Effet de bord

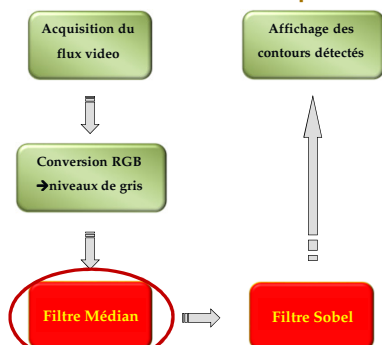
- Bord non traité (mis à zéro, recopie ou aucun traitement).
- Zero-padding : les valeurs du signal en dehors de l'image sont égales à zéro.
- Symétrie : les valeurs du signal en dehors de l'image sont obtenues par symétrie (effet miroir).



R. Kachouri

16

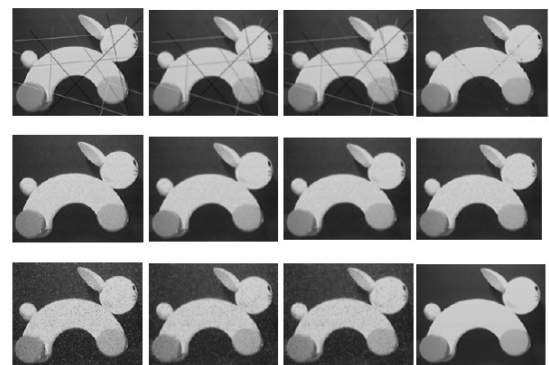
## Présentation des opérateurs



R. Kachouri Filtrage non linéaire

Détection de contours

17



Noisy Input

Average

Gaussian

Median

R. Kachouri

18

## Filtrage non linéaire: Filtre médian

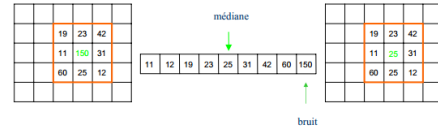


## Filtrage non linéaire: Filtre médian

Filtrage non linéaire: Filtre médian → Lissage robuste

- Préserve les contours.
- Principe : Remplacer la valeur du pixel central par la valeur médiane de la répartition (luminances triées dans l'ordre croissant) des niveaux de gris des pixels situés à l'intérieur de cette fenêtre.
- Utile pour contrer l'effet d'un bruit Poivre & Sel.

$$g(x, y) = \text{médian} \{f(n, m) \mid (n, m) \in S\}$$



R. Kachouri

20

IGM\_M2-SIS

## Optimisation algorithmique

Rostom KACHOURI  
rostom.kachouri@esiee.fr  
Département IT (Informatique et TELECOMS) – ESIEE

IGM\_M2-SIS

## Optimisation Sobel

Rostom KACHOURI  
rostom.kachouri@esiee.fr  
Département IT (Informatique et TELECOMS) – ESIEE

## Convolution linéaire (Sobel)

Convolution avec noyau classique  
(Taille images en pixels)<sup>2</sup> x (Taille noyau)<sup>2</sup>

$$\begin{bmatrix} +1 & 0 & -1 \\ +2 & 0 & -2 \\ +1 & 0 & -1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} +1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

Convolution séparée

$$\begin{bmatrix} +1 & +2 & +1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} +1 \\ 0 \\ -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Convolution avec noyau séparée  
(Taille images en pixels)<sup>2</sup> x 2 (Taille noyau)

R. Kachouri

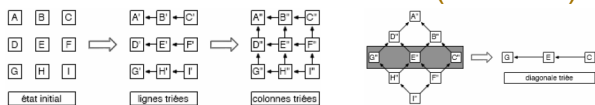
23

IGM\_M2-SIS

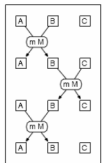
## Optimisation Médian

Rostom KACHOURI  
rostom.kachouri@esiee.fr  
Département IT (Informatique et TELECOMS) – ESIEE

## Convolution non linéaire (Médian)



Tri à bulles



$$mM(a, b) = (\min(a, b), \max(a, b))$$

$$mM(a, b) = \begin{cases} (b, a) & \text{si } b < a \\ (a, b) & \text{sinon} \end{cases}$$

R. Kachouri

25

IGM\_M2-SIS

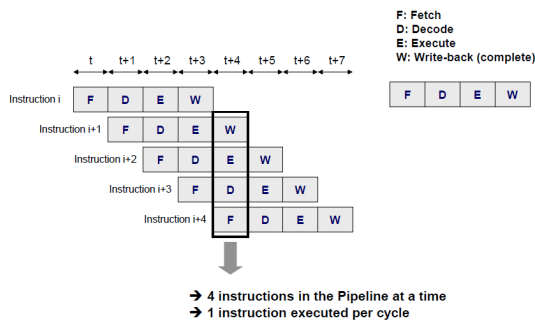
## Optimisation RISC (déroutage de boucle)

Rostom KACHOURI

rostom.kachouri@esiee.fr

Département IT (Informatique et TELECOMS) – ESIEE

## Pipeline



IGM\_M2-SIS

## Optimisation ressources matérielles

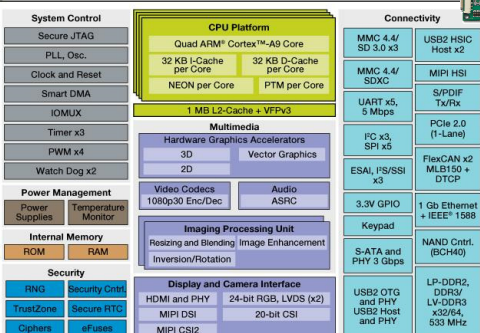
Rostom KACHOURI

rostom.kachouri@esiee.fr

Département IT (Informatique et TELECOMS) – ESIEE

<https://www.element14.com/community/community/designcenter/single-board-computers/sabrelite>

### i.MX 6Quad Applications Processor Block Diagram



<http://www.nxp.com/products/automotive-products/microcontrollers-and-processors/arm-mcus-and-mpus/i.mx-application-processors/i.mx-6-processors/i.mx-6Quad-processors-high-performance-3d-graphics-hd-video-arm-cortex-a9-core-i.MX6Q>

IGM\_M2-SIS

## Optimisation ...

Rostom KACHOURI

rostom.kachouri@esiee.fr

Département IT (Informatique et TELECOMS) – ESIEE

## IGM\_M2-SIS Evaluation

Rostom KACHOURI  
rostom.kachouri@esiee.fr  
Département IT (Informatique et TELECOMS) – ESIEE

## Organisation et évaluation

➤ Le travail est à réaliser par équipe de **2 personnes**.

1- **L'implantation** sera validée par les enseignants lors de la **dernière séance de projet**.

2- Rédigez un **rapport** qui va présenter :

- • L'architecture des systèmes utilisés,
- • Les algorithmes et les implantations réalisées,
- • Les explications et justifications des choix algorithmiques et d'implantation,
- • Les résultats obtenus pendant toutes les étapes du développement du projet (images, copie écran, ...),
- • Les graphes, courbes et tableaux montrant les résultats de profilage et les gains de temps d'exécutions en % pour chaque opérateur et l'ensemble de l'application,
- • Le code des opérateurs avec les commentaires.

R. Kachouri

32