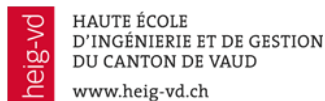


Exercices (partiel), yc. corrigés

Pour la partie

4. Chapitres choisis

Jean-Daniel Dessimoz



4.1.1 Automatisation d'un poste de production

010.12.07 , 011.12.13, 012.12.14

Citer trois types courants de solutions en automatisation

4.1.1 Automatisation poste

010.12.07 , 011.12.13 **Corr** , 012.12.14

- **Remettre en cause la conception des éléments**
- **Acheter les solutions standard**
- **S'accommoder des incertitudes de positionnement**
- **Choisir la technologie suivant la complexité de la tâche**
- **Tirer le maximum des ressources engagées**
- **Soigner la flexibilité**
- **Définir les positions de façon simple et naturelle**
- **Optimiser le critère crucial**
- **Analyser l'effet des changements d'échelle**
- **Préférer les procédés "parallèles" de fabrication**

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 07.12.2010

3

4.1.1 Automatisation poste

005.11.04, 006.11.24, 008.12.09, 009.11.30, 010.12.07

- Quelles méthodes a-t-on vu au cours pour stimuler la créativité (ex. cas du nom de robot mobile 2006) ?

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

4

4.1.1 Automatisation poste

005.11.04, 006.11.24 , 008.12.09 **corr 1 de 2**

- Cf. Méthode IBM; étape 2: élaborer une solution de principe.
 - Pour élaborer une nouvelle solution, les connaissances-métier sont naturellement utiles: cf. éléments de solutions pour l'assemblage, propriétés techniques d'un robot ou encore liste de propriétés d'un préhenseur.
 - mais ici la question a une portée plus générale.

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

5

4.1.1 Automatisation poste

005.11.04, 006.11.24 , 008.12.09, 009.11.30 **corr 2 de 2**

Notamment, pour stimuler la créativité:

- Phase 1: Brain storming (démarche intuitive laissant une grande place au hasard)
- Phase 2: Structurer les éléments résultants de la phase précédente en formant des groupes, listes, tables, etc. ; compléter (démarche rationnelle)
- Autres approches, d'importance moindre:
Mindmaps (intégration des phases 1 et 2, en créant une sorte d'arbre), TRIZ (identification des problèmes physiques critiques sous-jacents et des principes éprouvés pour leur solution)

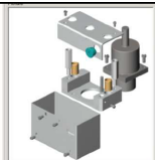
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

6

4.1.2 Automatisation d'une tâche

005.11.08, 006.11.24, 008.12.09, 011.12.13, 013.12.09, 014.12.05

- Quels sont les buts principaux de l'étape 4 de la méthode LaRA-IBM-Plus pour automatiser une opération de production, « Vérification en laboratoire » (étude prototype) ?



4.1.2 Automatisation d'une tâche

005.11.08, 006.11.24, 008.12.09, 011.12.13, 013.12.09, 014.12.05

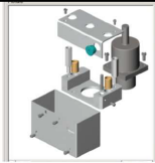
- Quels sont les buts principaux de l'étape 4 de la méthode LaRA-IBM-Plus pour automatiser une opération de production, « Vérification en laboratoire » (étude prototype) ?

A Etudier de faisabilité de l'application

B Améliorer la qualité et la rentabilité

C Vérifier la pertinence du plan, spécialement dans ses aspects douteux, ainsi qu'obtenir un feedback de l'utilisateur final

D Décrire l'application dans son état actuel et le cahier des charges



N29.1

4.1.2 Automatisation d'une tâche

005.11.08, 006.11.24, 008.12.09, 011.12.13, 013.12.09, 014.12.05

Corr

- Quels sont les buts principaux de l'étape 4 de la méthode LaRA-IBM-Plus pour automatiser une opération de production, « Vérification en laboratoire » (étude prototype) ?

A Etudier de faisabilité de l'application

B Améliorer la qualité et la rentabilité

C Vérifier la pertinence du plan, spécialement dans ses aspects douteux, ainsi qu'obtenir un feedback de l'utilisateur final

D Décrire l'application dans son état actuel et le cahier des charges

HESSO.HEIG-VD, Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 1er octobre 2015

9

4.1.2 Automatisation d'une tâche

005.11.08, 006.11.24, , 008.12.09 **corrigé** , 011.12.13 , 013.12.09, 014.12.05

- Valider/étudier les éléments les moins évidents (douteux, risqués, mal connus)
- Eventuellement obtenir un feedback de l'utilisateur (ce qui est utile au client, démos, etc...)?

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

10

4.1.... Automatisation d'une tâche

007.12.17

- Dans la méthode vue au cours, inspirée d'IBM, visant à faciliter l'automatisation d'une opération de production, quelle est la dernière étape?

Pouvez-vous la décrire en quelques mots et justifier son utilité

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

11

4.1.... Automatisation d'une tâche

007.12.17, **corrigé**

« Gérer la fin de vie du produit,
éventuellement recycler »

Il est judicieux de prendre en compte dès la conception d'un nouveau système l'impact qu'il aurait/ qu'il aura après usage.

Plus que par le passé, c'est l'entier de la durée de vie prévue d'une solution, y compris sa destruction dans la logique du développement durable qui doit être bien géré.

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

12

Exo 4.2. Fréquence et dynamique

005.11.18, 006.12.04, 007.12.18, **008.12.09**, **009.12.01**, 010.12.13, 011.12.15, ,
012.12.14, , **013.12.09**, 014.12.05

- Le cahier des charges d'un robot fait apparaître la nécessité d'une accélération de 2 m/s^2 ; par ailleurs un dépassement de 0.1 mm est toléré. Quelle doit être sa fréquence propre?

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

13

Exo 4.2. Mécanique

005.11.18, 006.12.04, 007.12.18, **008.12.09**, **009.12.01**, 010.12.13, 011.12.15, 014.12.05

corr.

Globalement pour le robot:
$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{a}{d}}$$

dès lors:
$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2}{0.0001}} \Rightarrow f \approx 22.5 \text{ Hz}$$

Si 3 axes dans un même plan, chaque axe (ex.SCARA):

$$f = \sqrt{3} \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2}{0.0001}} \Rightarrow f = 39 \text{ Hz}$$

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

14

Exo 4.2.1 Fréquence et dynamique

006.12.04-08 ,010.12.13

- Soit un bras de robot caractérisé par une fréquence propre de 10 Hz. Que vaut le dépassement si le déplacement à effectuer est de 1,5 m, et que l'accélération maximale est de 5 m/s² ?

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

15

Exo 4.2.1

006.12.08 ,010.12.13 **corrigé**

- $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{a}{d}}$ dès lors

$$10 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{5}{d}} \Rightarrow d = \frac{5}{100 * 4 * \pi^2} = 1.25 mm$$

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

16

Exo 4.2.2 Raideur d'un moteur

006.12.04-08, 007.12.18, **008.12.09**, **009.12.01**, 010.12.13, 011.12.15, 014.12.05

- Un codeur à 150 impulsions par tour est monté sur l'axe d'un moteur à courant continu. Le couple maximum de ce dernier est de 10 N cm. Que peut-on dire de la raideur de cet actionneur?

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

17

Exo 4.2.2

006.12.08, 007.12.18, **008.12.09**, **009.12.01**, 010.12.13 **corrigé**,
011.12.15, 012.12.14, 014.12.05

$$K_{\alpha} = \frac{C}{\alpha} = \frac{0.1 \cdot 150}{2\pi} \cong 2.50 [Nm/rad]$$

$$= 2.39 [Nm/rad]$$

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

18

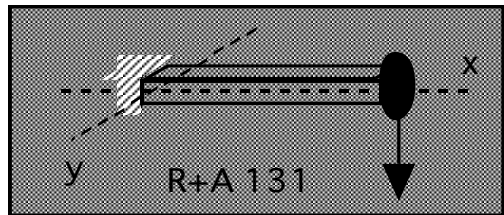
Exo 4.2.3 Raideurs linéaire et angulaire

N30

006.12.04-08 , 007.12.18 , , 008.12.09, 009.12.01 ,010.12.13, 011.12.15 , , 013.12.09

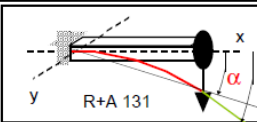
- Soit une poutre encastrée en acier de 50 cm de long et de 50 mm x 50 mm de section. Quelle est la raideur linéaire selon l'axe de symétrie du barreau (axe x)? Et la raideur angulaire par rapport à l'axe y?

$E_{\text{acier}} = 2.1 \cdot 10^{11}$
Pascal (N/m²)



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

19



Exo 4.2.3 Raideurs linéaire et angulaire

N30.1

006.12.04-08 , 007.12.18 , , 008.12.09, 009.12.01 ,010.12.13, 011.12.15 , , 013.12.09

- Soit une poutre encastrée en acier de 50 cm de long et de 50 mm x 50 mm de section. Quelle est la raideur linéaire selon l'axe de symétrie du barreau (axe x)? Et la raideur angulaire par rapport à l'axe y?

A $K = 10.2 \cdot 10^9 \text{ N/m}$
 $K_a = 66 \cdot 10^5 \text{ Nm/rad}$

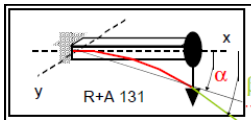
B $K = 1.02 \cdot 10^9 \text{ N/m}$
 $K_a = 6.6 \cdot 10^5 \text{ Nm/rad}$

C $K = 10.2 \cdot 10^8 \text{ N/m}$
 $K_a = 66 \cdot 10^4 \text{ Nm/rad}$

D $K = 1.02 \cdot 10^8 \text{ N/m}$
 $K_a = 6.6 \cdot 10^4 \text{ Nm/rad}$

HESSO.HEIG-VD, Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 1er octobre 2015

20



Exo 4.2.3 Raideurs linéaire et angulaire

N30.1

006.12.04-08 , 007.12.18 , , 008.12.09, 009.12.01 ,010.12.13, 011.12.15 , , 013.12.09

Corr

- Soit une poutre encastrée en acier de 50 cm de long et de 50 mm x 50 mm de section. Quelle est la raideur linéaire selon l'axe de symétrie du barreau (axe x)? Et la raideur angulaire par rapport à l'axe y?

A $K=10.2 \cdot 10^9 \text{ N/m}$
 $K_a=66 \cdot 10^5 \text{ Nm/rad}$

B $K=1.02 \cdot 10^9 \text{ N/m}$
 $K_a=6.6 \cdot 10^5 \text{ Nm/rad}$

C $K=10.2 \cdot 10^8 \text{ N/m}$
 $K_a=66 \cdot 10^4 \text{ Nm/rad}$

D $K=1.02 \cdot 10^8 \text{ N/m}$
 $K_a=6.6 \cdot 10^4 \text{ Nm/rad}$

HESSO.HEIG-VD, Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 1er octobre 2015

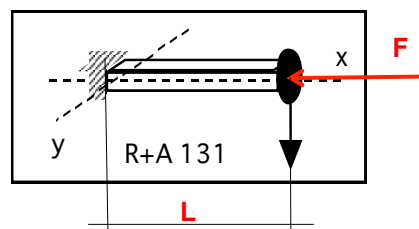
21

Exo 4.2.3

006.12.04-08, 007.12.18, 008.12.12 , 009.12.01 ,010.12.13, 011.12.15 , , 012.12.14

corrigé (1 de 2)

$$K = \frac{F}{x} = \frac{\sigma \cdot S}{\varepsilon \cdot L} = E \frac{S}{L} = 2.1 \cdot 10^{11} \frac{0.0025}{0.5} = 1.02 \cdot 10^9 [\text{N/m}]$$



- avec $L=0.5\text{m}$, b et $h=0.05 \text{ m}$

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

22

Exo 4.2.3 006.12.04-08, 007.12.18, 008.12.12, 009.12.01 corrigé (2 de 2), 011.12.16

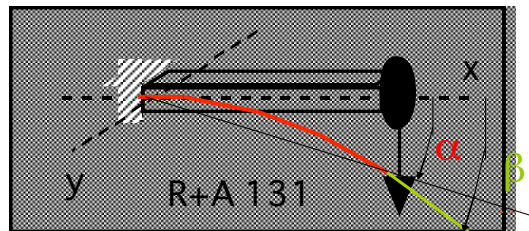
$$\bullet K_{\alpha} = \frac{C}{\alpha} = \frac{C}{\frac{\text{flèche}}{L}} = \frac{F \cdot L}{\frac{F \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot I}} = \frac{3 \cdot E \cdot I}{L}$$

$$\text{où } \text{flèche} = \frac{F \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot I}, \quad I = \frac{b \cdot h^3}{12},$$

avec $L=0.5\text{m}$, b et $h=0.05\text{ m}$

• Résultat:

$$K_{\alpha} = 6.6 \cdot 10^5 \text{ Nm/rad}$$



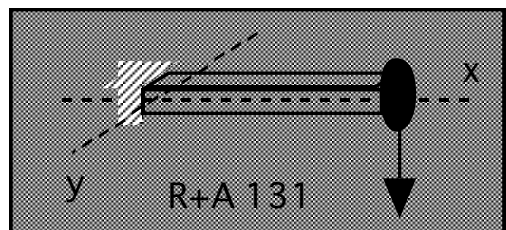
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

23

Exo 4.2.4 Fréquence propre

006.12.08, 007.12.18, 008.12.12, 011.12.16

- Si une charge (axes terminaux, main) de 5 kg est montée à l'extrémité du barreau ci-dessous, identique à celui de l'exercice précédent, que vaut la fréquence propre...
- 1. le long de l'axe x?
- 2. autour de y?

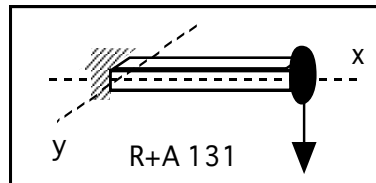


Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

24

Exo 4.2.4 corrigé 006.12.08 , 007.12.18, , 008.12.12

- Rép. Cas1 : $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}}$ =2.3 kHz
- Cas 2: $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K_\alpha}{J}}$ =115 Hz
- où $J = M \cdot L^2 = 5 \cdot 0.25 = 1.25 [kgm^2]$



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

25

Exo 4.2.4 Fréquence propre,

010.12.07, 011.12.16, 014.12.05

- Si trois articulations ont individuellement une fréquence propre, f , de 1000Hz, quelle fréquence propre peut-on attendre pour le système d'ensemble, si elles sont montées séquentiellement dans un plan commun de vibrations?

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 14.12.2010

26

Exo 4.2.4 Fréquence propre,

Corr 010.12.07, 011.12.16, 014.12.05

$$f_{\text{résultat}} = \frac{f}{\sqrt{3}} = \frac{1000}{1.7} = 577 \quad \text{Hz}$$

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 14.12.2010

27

Exo 4.2.4 Fréquence propre,

010.12.07, 013.12.09, 014.12.05

- Si trois articulations ont respectivement une fréquence propre de $f_1=1000\text{Hz}$, $f_2=1000\text{Hz}$ et $f_3=10\text{Hz}$, quelle fréquence propre peut-on attendre pour le système dans son ensemble, si elles sont montées séquentiellement dans un plan commun de vibrations?

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 14.12.2010

28

Exo 4.2.4 Fréquence propre.

Corr , 013.12.09, 014.12.05

Lorsque les fréquences propres sont si différentes, c' est la fréquence la plus défavorable qui s' impose, de plus encore quelque peu dégradée:

$$f_{\text{résultat}} < 10 \quad \text{Hz}$$

Pour un calcul plus précis, il faut reprendre l' analyse au niveau des éléments tels que raideurs, masses et inerties

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 14.12.2010

29

Exo 4.2.4 Fréquence propre.

Corr 0

Exemple :

- cas linéaire (ressorts-masses suspendus)
- $M1=M2=M3=1\text{kg}$,

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}} \Rightarrow K1=K2=3.9 \cdot 10^7 ; K3=3.9 \cdot 10^3$$

En prenant la raideur équivalente et une même charge utile de 1 kg, cela donne 9.99 Hz de fréquence propre résultante.
(cf. fichier Excel avec divers exemples)

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 14.12.2010

30

Exo 4.2.4 Fréquence propre.

Corr 0

Une autre interprétation consiste à additionner les composantes d'erreurs des n articulations oscillant dans le même plan. L'usage étant d'additionner les puissances, considérant l'indépendance des erreurs, cela conduit à augmenter de racine(n) l'erreur résultante attendue et en conséquence de compenser de la même valeur la fréquence propre visée pour chaque articulation

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 14.12.2010

31

Exo 4.2.4bis Lois de similitude

007.12.18 , 008.12.12

Comment évoluent les caractéristiques de raideurs, d'inertie et de fréquence propre en fonction du rapport dimensionnel (lois de similitude)?

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

32

Exo 4.2.4bis corrigé 007.12.18, 008.12.12

cf. cours p. 14

$$K = \frac{F}{x} = \frac{\sigma \cdot S}{\varepsilon \cdot L} = E \frac{S}{L} ; \quad K^* = \frac{L^{*2}}{L^*} = L^*$$

$$K_\alpha = \frac{C}{\alpha} = \frac{3 \cdot E \cdot I}{L} \Rightarrow \frac{L^{*4}}{L^*} = L^{*3} \quad I = \frac{b \cdot h^3}{12} \Rightarrow L^{*4}$$

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}} \quad f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K_\alpha}{J}} \quad J = M \cdot L^2 [kgm^2]$$

$$K^* = L^*; \quad K_\alpha = L^{*3}; \quad M^* = L^{*3}; \quad J^* = L^{*5}; \text{ et } f^* = L^{*-1}$$

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

33

Exo 4.2.5 Facteur de qualité

006.12.08, 008.12.12, 009.12.01, 010.12.13, 011.12.16, 012.12.14, 013.12.09, 014.12.05

Comment évolue le facteur de qualité en fonction du rapport dimensionnel (lois de similitude)?

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

34

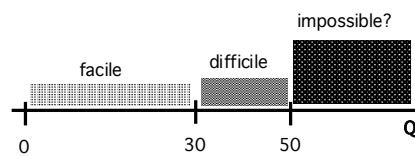
Exo 4.2.5 corrigé 006.12.08, 008.12.12, 011.12.16, 014.12.05

Le facteur de qualité, Q , est constant ; il ne varie pas avec un changement d'échelle. Ceci est d'ailleurs l'une de ses caractéristiques essentielles (voir cours).

$$Q = f \cdot L$$

$$Q^* = f^* \cdot L^*$$

$$Q^* = \frac{1}{L^*} \cdot L^* = 1$$



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

35

N31

Exo 4.2.5 Facteur de qualité ,

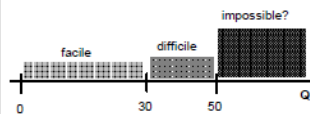
010.12.13

On se propose de faire un robot dont la précision est de 0.1 mm, des accélérations de 10 m/s² et une portée de 3 m.

Est-ce possible?

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

36

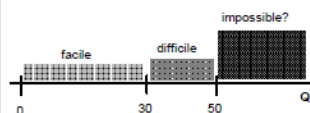


Exo 4.2.5 Facteur de qualité ,

010.12.13

- On se propose de faire un robot dont la précision est de 0.1 mm, des accélérations de 10 m/s² et une portée de 3 m.
- Est-ce possible?

- A** ... impossible, car le facteur de qualité serait trop petit!
- B** ... possible, mais difficile à réaliser
- C** ... possible, et facile à faire
- D** ... impossible, car le facteur de qualité serait trop grand!



Exo 4.2.5 Facteur de qualité ,

010.12.13

Corr

- On se propose de faire un robot dont la précision est de 0.1 mm, des accélérations de 10 m/s² et une portée de 3 m.
- Est-ce possible?

- A** ... impossible, car le facteur de qualité serait trop petit!
- B** ... possible, mais difficile à réaliser
- C** ... possible, et facile à faire
- D** ... impossible, car le facteur de qualité serait trop grand!

Exo 4.2.5 ,010.12.13 **Corr**

On se propose de faire un robot dont la précision est de 0.1 mm, des accélération de 10 m/s² et une portée de 3 m.

Est-ce possible? Théorie: $Q = f \cdot L \leq 50$

$$L = 3m \quad f = \frac{1}{2 \cdot \pi} \sqrt{\frac{a}{d}} = \frac{1}{2 \cdot \pi} \sqrt{\frac{10}{0.0001}} \approx 50.3$$

$$Q_{visé} = 50.3 \cdot 3 = 151 \quad \dots \text{impossible!}$$

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

39

N32

Exo 4.4... Acquisition d'images

008.12.16, 009.12.08, 010.12.20, 011.04.14, 011.12.22, 013.12.12

Donner quelques exemples (ou simplement un exemple) d'applications possibles, avec pour chacun d'eux:

- 1. les dimensions physiques les plus pertinentes?**
- 2. Comment les mettre en évidence visuellement**

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

40



Exo 4.4... Acquisition d'images

N32.1

008.12.16, 009.12.08, 010.12.20, 011.04.14, 011.12.22,
013.12.12

Donner quelques exemples (ou simplement un exemple)
d'applications possibles, avec pour chacun d'eux:

1. les dimensions physiques les plus pertinentes?
2. Comment les mettre en évidence visuellement?

Mais d'abord, quel est le domaine d'applications envisageables?

A Limitation à des
phénomènes optiques,
dans le visible

B Limitation à des
phénomènes optiques, mais
avec IR et UV

C Tous phénomènes
électro-magnétiques

D Tous phénomènes
physiques, sans aucune
restriction de nature

HESSO.HEIG-VD, Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 1er octobre 2015

41



Exo 4.4... Acquisition d'images

N32.1

008.12.16, 009.12.08, 010.12.20, 011.04.14, 011.12.22,
013.12.12

Corr

Donner quelques exemples (ou simplement un exemple)
d'applications possibles, avec pour chacun d'eux:

1. les dimensions physiques les plus pertinentes?
2. Comment les mettre en évidence visuellement?

Mais d'abord, quel est le domaine d'applications envisageables?

A Limitation à des
phénomènes optiques,
dans le visible

B Limitation à des
phénomènes optiques, mais
avec IR et UV

C Tous phénomènes
électro-magnétiques

D Tous phénomènes
physiques, sans aucune
restriction de nature

HESSO.HEIG-VD, Exercices de Robotique et automatisation, JDZ, 1er octobre 2015

42

Exo 4.4... Acquisition d'images

Corr. .008.12.16, 009.12.08, 010.12.20 , 011.04.14, 013.12.16 1 de 2,

Ordi sur table (B01a, C37):

Distance (hauteur)

Couleur

Géométrie (grandeur secondaire).

mouvement (à moyen terme: de l'ordre de l'heure)

Détection de personne

température

Détection de numéros frappés sur crayon

profondeur, orientation des surface (spécularité)

Détection de liquide

capillarité (orientation de l'interface liquide-air qui reflète la lumière vers la caméra)

Carte d'identité (vraie ou fausse?): aux UV: lignes ondulées visibles

Différence de pH et réactif coloré

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

43

Exo 4.4... Acquisition d'images

Corr. .008.12.16, 009.12.08, 010.12.20 , 011.04.14 1 de 2 , 013.12.16

Différence entre rupture ductile et rupture fragile: état de surface de la zone de rupture: mat (ductile) ou brillant (fragile)

Rugosité de la matière: éclairage frontal d'où différence d'intensité (cf. réflectance)

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

44

Exo 4.4... Capteur d'images

008.04.15, 010.12.20 , 011.04.14, 013.12.16, 014.12.15 yc QCM:

Les capteurs d'images courants sont à semiconducteur (silicium).

Dans leur état naturel, quelle en est la sensibilité typique dans l'infrarouge et dans le visible (en termes relatifs)?

Exo 4.4... Capteur d'images

008.04.15, 010.12.20 , 011.04.14, 013.12.16, 014.12.15 yc QCM:

Les capteurs d'images courants sont à semiconducteur (silicium).

Dans leur état naturel, quelle en est la sensibilité typique dans l'infrarouge et dans le visible (en termes relatifs)?

Visible, IR proches, IR lointains

A	90%	5%	5%
B	33%	33%	33%
C	50%	50%	0%
D	50%	25%	25%

Exo 4.4... Capteur d'images

008.04.15, 010.12.20, 011.04.14, 013.12.16, 014.12.15 yc QCM:

Corr

Les capteurs d'images courants sont à semiconducteur (silicium).

Dans leur état naturel, quelle en est la sensibilité typique dans l'infrarouge et dans le visible (en termes relatifs)?

Visible, IR proches, IR lointains

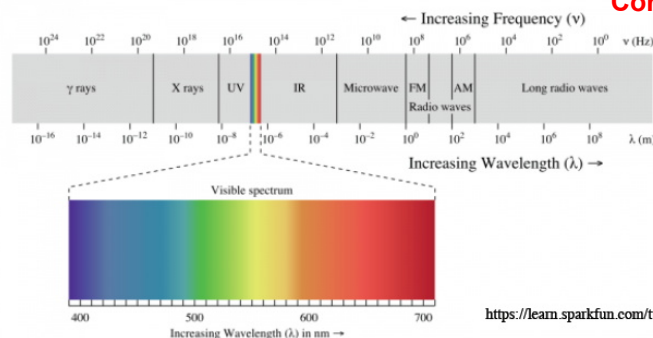
A	90%	5%	5%
B	33%	33%	33%
C	50%	50%	0%
D	50%	25%	25%

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

47

Corr

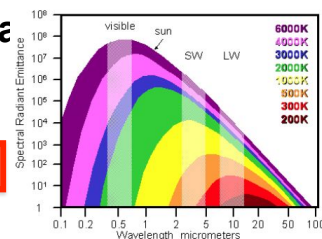
N33.1



The full spectrum of electromagnetic radiation. Visible light is a very small part! Image created by Philip Ronan.

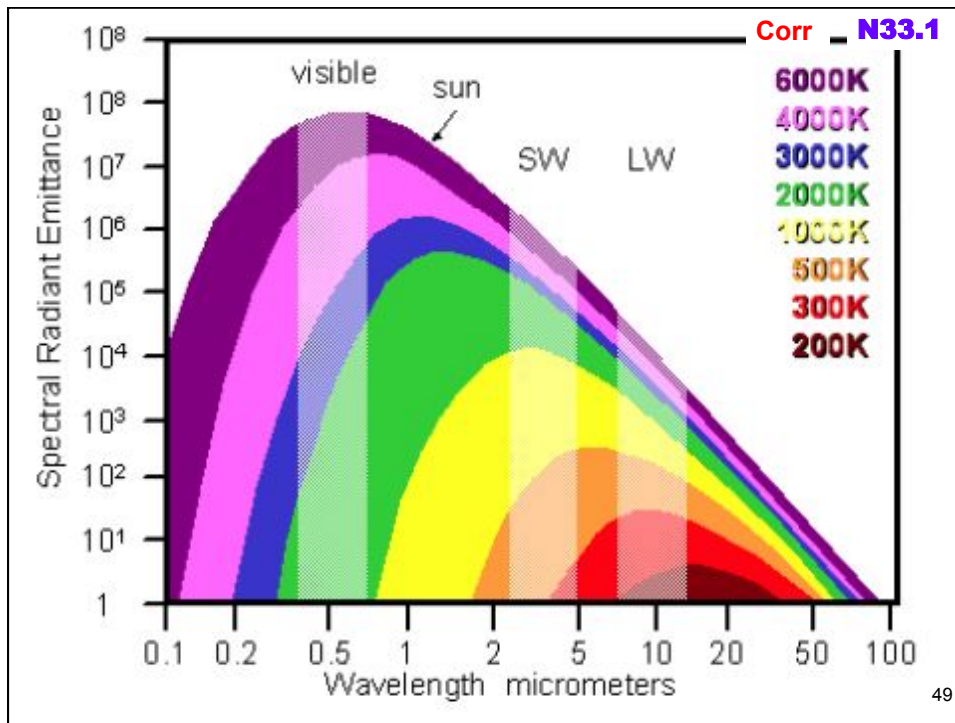
Visible, IR proches, IR lointains

A	90%	5%	5%
B	33%	33%	33%
C	50%	50%	0%
D	50%	25%	25%



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

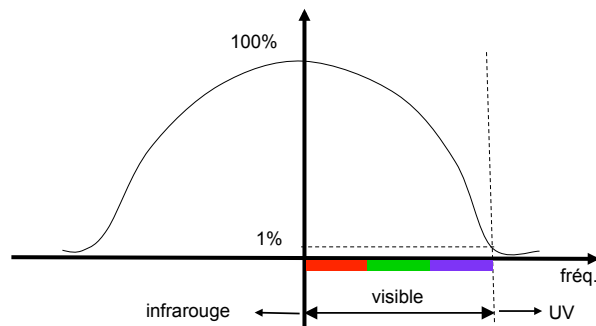
48



Exo 4.4... Capteur d'images

008.04.15 , 010.12.20 Corr 1 de 2 , 011.04.14 , 014.12.15

Représentation schématique de la sensibilité typique des capteurs à semiconducteur (silicium) dans l'infrarouge et dans le visible (v.a.polycop. P. 18):



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

50

Exo 4.4... Capteur d'images

008.04.15 **Corr 2 de 2**, 011.04.14, 014.12.15

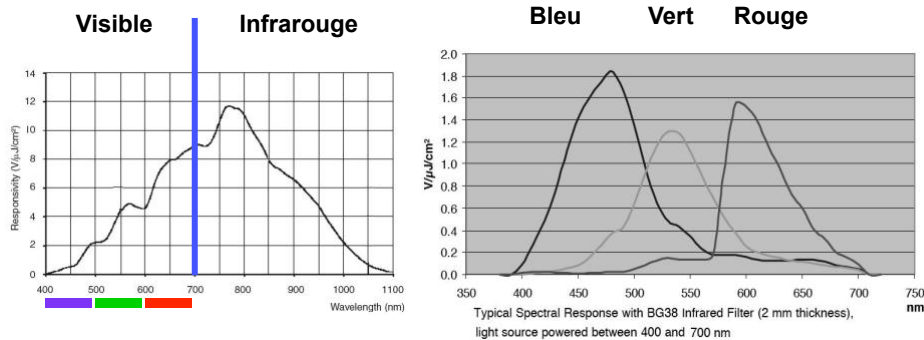


Fig.2,2b Fonctions de transfert typiques pour caméras à semiconducteurs (docs Atmel). A gauche, le capteur est brut, plus sensible dans l'infrarouge que dans le visible. A droite des mesures permettent de gérer les couleurs : filtres RVB intégrés à la caméra et filtre bloquant les infrarouges en supplément

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

51

Exo 4.4.1 Couleurs

N33b.1

005.11.25, 006.12.08, 007.05.15, 008.04.15, 009.12.08, 010.12.20, 011.04.14, 011.12.20, 012.12.21, 013.12.16, 014.12.15

Comment faire du rouge avec des crayons de couleurs (ou couleurs de base en synthèse soustractive, notamment: imprimerie) ?

Astuce: esquisser le spectre des couleurs primaires.

- | | | | |
|----------|--------------------------|----------------|--------------|
| A | Jaune | Rose | |
| B | Magenta | Vert | Blanc |
| C | Jaune | Magenta | |
| D | Vert | Violet | |
| E | autre combinaison | | |

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

52

Exo 4.4.1 Couleurs

005.11.25, 006.12.08, 007.05.15, 008.04.15, 009.12.08, 010.12.20, 011.04.14,
011.12.20, 012.12.21, 013.12.16, 014.12.15

Corr

Comment faire du rouge avec des crayons de couleurs (ou couleurs de base en synthèse soustractive, notamment: imprimerie) ?

Astuce: esquisser le spectre des couleurs primaires.

A	Jaune	Rose	
B	Magenta	Vert	Blanc
C	Jaune	Magenta	
D	Vert	Violet	
E	autre combinaison		

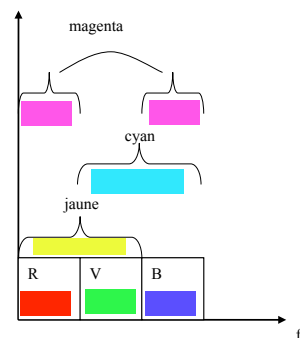
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

53

Exo 4.4.1 Couleurs

corrigé 005.11.25, 006.12.08, 008.04.15, 009.05.07, 009.12.08, 010.12.20,
011.04.14, 011.12.20, 013.12.16, 014.12.15

Il faut un crayon magenta (pourpre) et un crayon jaune, car le magenta bloque le vert et le jaune bloque le bleu => il reste le rouge.



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

54

Exo 4.4.1 Couleurs

008.01.07, 009.01.06, , 009.05.07, 011.01.17

Comment faire du vert avec les (crayons de) couleurs de base en synthèse soustractive (notamment: imprimerie) ?

Tuyau: esquisser le spectre des couleurs primaires.

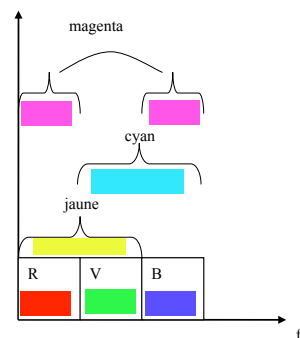
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

55

Exo 4.4.1b Couleurs

corrigé 008.01.07, , 009.01.06 , 009.05.07 , 011.01.17

Il faut un crayon cyan (turquoise) et un crayon jaune, car le cyan bloque le rouge et le jaune bloque le bleu => il reste le vert.



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

56

Exo 4.4.2 Sensibilité des capteurs

Quelle est typiquement la sensibilité d'une caméra à semi-conducteur dans la bande rouge (% de la puissance reçue dans cette bande spectrale par rapport au total perçu dans le cas d'un signal uniforme).

Exo 4.4.2 Sensibilité des capteurs

Corr

Environ 25% (50% pour le visible; et le rouge y est la part prépondérante)

Exo 4.4.3 *Chaîne d'acquisition*

Quels sont les éléments majeurs de la chaîne d'acquisition d'images (éléments physiques et traitements) ?

Exo 4.4.3 *Chaîne d'acquisition.*

Corr

cf. cours : source d'énergie, objet, milieu de transmission, filtres, objectif (y c. diaphragme, lentilles, bagues), prismes, capteur, échantillonnage, quantification, codage compressif.

Exo 4.4.4 *Chaîne d'acquisition.*

, 014.12.15

On souhaite contrôler visuellement la qualité de fabrication d'un tube. Il s'agit de voir si une couche d'impression bleue a été déposée sur la moitié de sa surface ou si le support est resté complètement blanc. Comment faire l'acquisition d'image?

- A filtre bleu
- B filtre cyan
- C filtre jaune
- D filtre rouge
- E autre filtre

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

61

Exo 4.4.4 *Chaîne d'acquisition.*

, 014.12.15

Corr

On souhaite contrôler visuellement la qualité de fabrication d'un tube. Il s'agit de voir si une couche d'impression bleue a été déposée sur la moitié de sa surface ou si le support est resté complètement blanc. Comment faire l'acquisition d'image?

- A filtre bleu
- B filtre cyan
- C filtre jaune**
- D filtre rouge
- E autre filtre

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

62

Exo 4.4.⁴ Chaîne d'acquisition ^{N33c.1}

Corr , 014.12.15

Utiliser un filtre jaune pour accentuer le contraste (jaune-noir, au lieu de blanc-bleu)

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

63

Exo 4.4.⁵ Chaîne d'acquisition

Soit un objet perçu par une caméra, et dont l'image est représentée sur la figure ci-dessus. Expliquer comment la scène s'est vraisemblablement organisée (direction d'éclairage, taille de l'objet et du champ de vue, objectif, caméra, fond, précision requise pour l'application...).



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

64

Exo 4.4.⁵ Chaîne d'acquisition

corr.

Comme les trucages au cinéma le prouvent : on ne peut pas être sûr de la scène originale. Voici une réponse plausible. Eclairage diascopique. Objet microtechnique, de diamètre 5-10 mm. Champ de vue un peu plus grand ; disons 10mm de côté. Objectif à focale de 30mm, avec bagues de rallonge de 1 cm. Caméra à semi-conducteur monochrome. Fond lumineux. Précision de l'ordre du mm



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

65

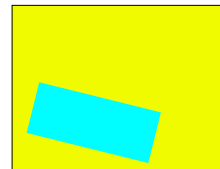
N34

Exo 4.4.6b Acquisition d'images

(005.11.29, 006.12.15, 007.05.15), 008.01.07, 008.04.15, 009.01.09, 009.05.07, 009.12.08, 010.12.20, 011.04.14, 011.12.20, 012.12.21, 013.12.16, 014.05.12, 014.12.15

Proposer une solution pour acquérir une bonne image numérique de la scène ci-dessous. L'objet est cyan, mat, mesure environ 6 cm de long. Le fond est jaune, brillant. On s'intéresse aux grandeurs géométriques de la scène. La précision requise est de l'ordre du millimètre. Spécifier les divers maillons de la chaîne d'acquisition (éclairage, taille du champ de vue, objectif, filtres éventuels, caméra, nombre de lignes, de colonnes, nombre de couleurs, de niveaux de gris, etc.).

Faire si nécessaire les hypothèses appropriées concernant les autres circonstances considérées, notamment concernant les aspects physiques.



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

66

"brillant"

mat

N34.01

Exo 4.4.6b Acquisition d'images

014.12.15

filtres éventuels, type de caméra, nombre de couleurs, de niveaux de gris, etc.).

A	polarisant	couleur	24 bit
B	jaune	N/B	1 bit
C	rouge	N/B	1 bit
D	cyan	couleur ou N/B	8 bit
E	néant	couleur	24 bit

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 11.12.2014

67

"brillant"

mat

N34.01

Exo 4.4.6b Acquisition d'images

014.12.15

Corr

filtres éventuels, type de caméra, nombre de couleurs, de niveaux de gris, etc.).

A	polarisant	couleur	24 bit
B	jaune	N/B	1 bit
C	rouge	N/B	1 bit
D	cyan	couleur ou N/B	8 bit
E	néant	couleur	24 bit

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 11.12.2014

68

Exo 4.4.6b Acquisition d'images

(005.11.29, 006.12.15, 007.05.15) , modif. 008.01.07b, 008.04.15, 009.01.09 , 009.05.07,
009.12.09 , 014.05.12, 014.12.15 **Corr 1 de 3**

- **La première chose à faire est de mettre en évidence les caractéristiques physiques discriminantes: hauteur, vitesse, température, transparence, etc.? Ici on nous signale deux choses: les couleurs opaques, cyan et jaune; mat et brillante.**
- **Pour un maximum de contraste, il s'agit d'utiliser un filtre**
- **Sachant que l'éclairage est plus facile du côté jaune du spectre, et que de même les capteurs à semi-conducteurs sont plutôt bons dans les basses fréquences, il est envisageable d'utiliser un filtre jaune, qui n'affaiblira pas l'intensité des régions jaunes et au contraire réduira à 50% l'intensité dans les régions cyan (suppression du vert). Voir un filtre rouge, qui réduira à 50% l'intensité dans les régions jaune (perte du vert) mais supprimera totalement le cyan.**
- **Le choix de favoriser l'intensité lumineuse dans les régions jaunes par rapport aux régions cyan étant fait, il faut s'y tenir de façon cohérente pour chaque facteur**

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

69



N34.02

Exo 4.4.6b Acquisition d'images

014.12.15

Éclairage ? :

- | | |
|---|-------------|
| A | diascopique |
| B | épiscopique |
| C | rasant |
| D | axial |
| E | autre |

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 11.12.2014

70

N34.02



Exo 4.4.6b Acquisition d'images

014.12.15

Corr

Éclairage ? :

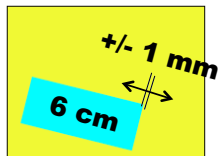
- A diascopique
- ☒ B épiscopique
- C rasant
- ☒ D axial
- E autre

- Il n'y a pas d'éclairage «derrière» l'objet donc pas diascopique
 - Axial car le jaune est brillant et cyan est mat; ici axial est parallèle à la direction caméra-objet, en épiscopique

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 11.12.2014

71

N34.03



Exo 4.4.6b Acquisition d'images

014.12.15

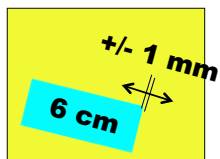
taille du champ de vue, nombre de colonnes?

- A 10 cm, 100 colonnes
- B 10 cm, 200 colonnes
- C 20 cm, 200 colonnes
- D 20 cm, 40 colonnes
- E 15 cm, 1000 colonnes

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 11.12.2014

72

N34.03



Exo 4.4.6b Acquisition d'images

014.12.15

Corr

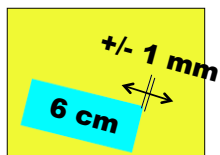
taille du champ de vue, nombre de colonnes?

- | | |
|---|--------------------------------|
| A | 10 cm, 100 colonnes |
| B | 10 cm, 200 colonnes |
| C | 20 cm, 200 colonnes |
| D | 20 cm, 40 colonnes |
| E | 15 cm, 1000 colonnes |

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 11.12.2014

73

N34.04



Exo 4.4.6b Acquisition d'images

014.12.15

Objectif (focale), bagues, taille capteur :

- | | | | |
|---|-------|----------|--------|
| A | 4 mm | 0 bagues | 1/3" |
| B | 50 mm | 0 bagues | 43 mm |
| C | 4 mm | 46 mm | 1/3" |
| D | 50 mm | 4 mm | 1/3 mm |
| E | autre | | |

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 11.12.2014

74

Exo 4.4.6b Acquisition d'images

014.12.15, Corr

Objectif (focale), bagues, taille capteur :

Cf. photo 24x36 mm

A	4 mm	0 bagues	1/3"
B	50 mm	0 bagues	43 mm
C	4 mm	46 mm	1/3"
D	50 mm	4 mm	1/3 mm
E	autre		

Vue normale : offre le même champ de vision que l'oeil humain=45° . $f \approx L$ (cf. taille capteur)

Autres cas: téléobjectif, grand angle, macro, œil de poisson, télécentrique, etc.

Si objectif à monture "C": ajouter bague 5mm pour caméra "CX"

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 17.12.2016

75

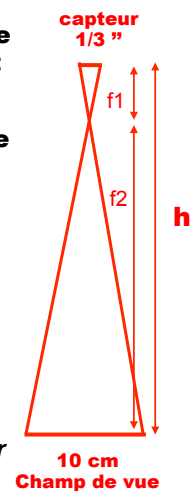
Exo 4.4.6 Acquisition d'images

(005.11.29, 006.12.15, 007.05.15), modif. 008.01.07b, 008.04.15, 009.05.07

014.12.15, Corr 2 de 3

Considérons les points de l'exercice un par un.

- **éclairage** : en principe normal à la surface, avec une source plutôt diffuse, de lumière « blanche », plutôt à filament. Mais si la surface cyan est brillante, et l'autre matte, la direction de l'éclairage doit être adaptée en conséquence: dans ce cas l'éclairage ne devrait pas être perpendiculaire, et plutôt tendre vers l'horizontal.
- **taille du champ de vue** : environ 10 cm / 10 cm
- **objectif** : ordinaire (compromis distorsion de perspective si trop près et problème d'encombrement et de puissance d'éclairage si trop loin). La figure indique comment taille de capteur, taille de champ de vue, focale et distance caméra-champ de vue, h , sont liées.
- **angle d'ouverture** = $2 \times \arctan(0,5 L / f)$ (où L est la longueur d'un bord d'image ou de sa diagonale, et f la focale de l'objectif)



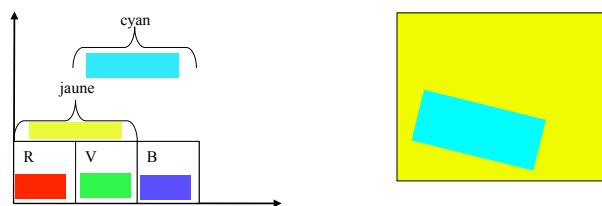
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

76

Exo 4.4.6 Acquisition d'images

005.11.29, 006.12.15, 007.05.15, 008.01.07, 008.04.15, 009.01.09, 009.05.07, 014.12.15, **Corr 3 de 3**

- **filtre, de préférence rouge; le jaune est alors atténué de 50 % (perte du vert), mais le cyan est « totalement éliminé ».**
- **caméra : standard**
- **nb.de ligne /col : 100 lignes X 100 colonnes**
(en fonction de champ de vue et de la résolution)
- **nb.de couleurs : pas de couleurs / 2 niveaux de gris; seuil à 50% de l'intensité**



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

77

Exercice RVOa 14

Piaget – généralités (cf. guide manip. 30)

- 14. Faut-il filtrer une image avant ré-échantillonnage plus grossier (dans le contexte de Piaget, on travaille typiquement à résolution faible, typiquement 80x60)?**

Exercice RVOa 14 (éléments de corrigé) 1 de 1

Piaget – généralités (cf. guide manip. 30)

14. Faut-il filtrer une image avant ré-échantillonnage plus grossier (dans le contexte de Piaget, on travaille typiquement à résolution faible, typiquement 80x60)?

- En principe oui
- En théorie, si l'image de départ est nette (par ex. 320x240), il faut la filtrer pour éviter l'aliasing ("recouvrement"); par ex. avec un moyennage de 8x8 pixels dans cet exemple.
- En pratique, il suffit de flouter l'image optiquement de façon équivalente (cf. réglage de mise au point par rotation de bague sur l'objectif)

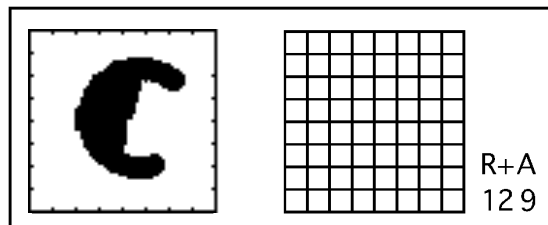
HESSO.HEIG-VD, iAi-LaRA - Robotique et automatisation, RVO, JDZ, 15.03.2016

79

Exo 4.4.7 Acquisition d'images

008.01.08, 009.01.09, 012.12.21, 013.01.11, 014.12.15

Numérisation d'images. Tirer de l'image continue de gauche une image numérisée à deux niveaux (image binaire).



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

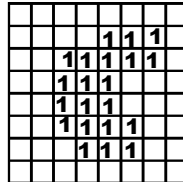
80

Exo 4.4.7 Acquisition d'images

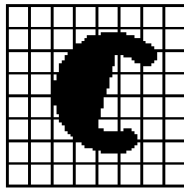
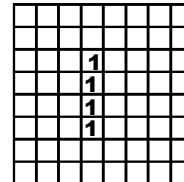
008.01.08, 009.01.09, 012.12.21, 013.01.11, 014.12.15



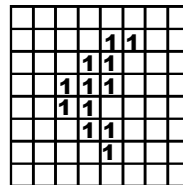
A



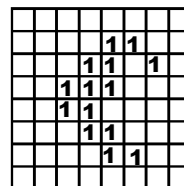
B



C



D



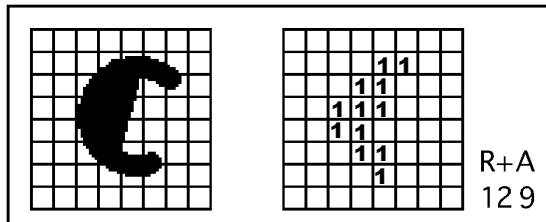
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 12.12.2014

81

Exo 4.4.7 Acquisition d'images

008.01.08, 014.12.15, **Corr 1 de 2**

Numérisation d'images. Tirer de l'image continue de gauche une image numérisée à deux niveaux (image binaire). Critère: >50% (d'intensité, de surface...)



R+A
129

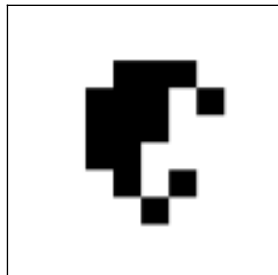
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

82

Exo 4.4.7 Acquisition d'images

008.01.08, **Corr 2 de 2**

Numérisation d'images. Tirer de l'image continue de gauche une image numérisée à deux niveaux (image binaire).



```
00000000
00001110
00011101
00011100
00011000
00011000
00001010
00000100
00000000
```

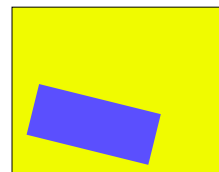
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

83

Exo 4.4... Acquisition d'images

00.

Proposer une solution pour acquérir une bonne image numérique de la scène ci-dessous. L'objet est bleu mat, mesure environ 6 cm de long. Le fond est jaune brillant (réflexion spéculaire). On s'intéresse aux grandeurs géométriques de la scène. La précision requise est de l'ordre du millimètre. Spécifier les divers maillons de la chaîne d'acquisition (éclairage, taille du champ de vue, objectif, filtres éventuels, caméra, nombre de lignes, de colonnes, nombre de couleurs, de niveaux de gris, etc.).



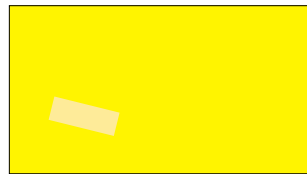
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

84

Exo 4.4.... Acquisition d'images

006.12.15

Proposer une solution pour acquérir une bonne image numérique de la scène ci-dessous, caractérisée par un frottoir en bois naturel d'environ 20 cm de long et 6cm de haut, posé sur une table de cours (jaune, 1x0.5m). On s'intéresse aux grandeurs géométriques de la scène. La précision requise est de l'ordre du centimètre. Spécifier les divers maillons de la chaîne d'acquisition (éclairage, taille du champ de vue, objectif, filtres éventuels, caméra, nombre de lignes, de colonnes, nombre de couleurs, de niveaux de gris, etc.).

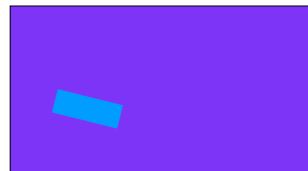


Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

85

Exo 4.4.... Acquisition d'images

Proposer une solution pour acquérir une bonne image numérique de la scène ci-dessous, caractérisée par un objet bleu-turquoise d'environ 20 cm de long, posé sur une table (bleu-violet, 1x0.5m). On s'intéresse aux grandeurs géométriques de la scène. La précision requise est de l'ordre du centimètre. Spécifier les divers maillons de la chaîne d'acquisition (éclairage, taille du champ de vue, objectif, filtres éventuels, caméra, nombre de lignes, de colonnes, nombre de couleurs, de niveaux de gris, etc.).



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

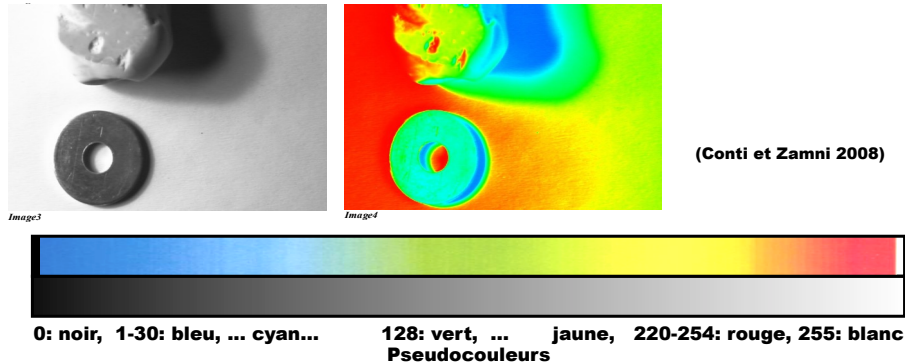
86

Exo 4.4.... Traitement 2D

N35

009.01.06 , 009.05.07, 009.12.14, 010.12.21, 013.01.11, 014.01.06,
014.12.15

Donner les fonctions de transfert pour les canaux R, G, B dans le cas des pseudo-couleurs utilisées dans la manipulation 9 (acquisition d'images):

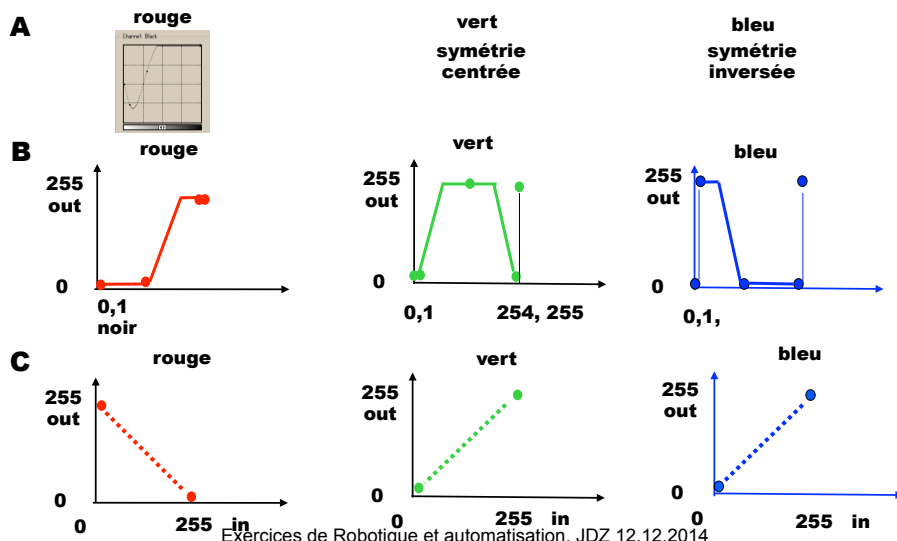


Exo 4.4.... Traitement 2D

N35.01

014.12.15

0: noir, 1-30: bleu, ... cyan... 128: vert, ... jaune, 220-254: rouge, 255: blanc



88

Exo 4.4.... Traitement 2D

N35.01

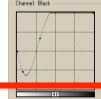
014.12.15

Corr

0: noir, 1-30: bleu, ... cyan... 128: vert, ... jaune, 220-254: rouge, 255: blanc

A

rouge

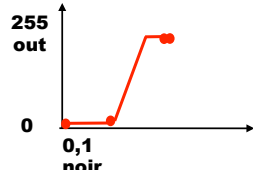


vert
symétrie
centrée

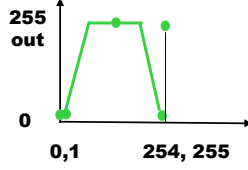
bleu
symétrie
inversée

B

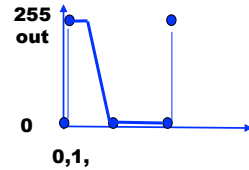
rouge



vert

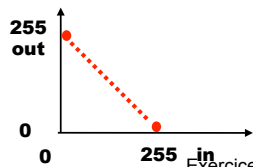


bleu

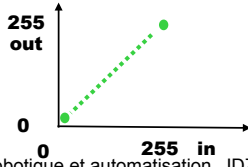


C

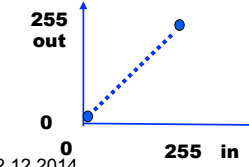
rouge



vert



bleu



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 12.12.2014

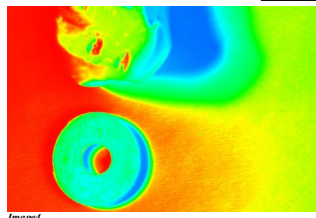
89

Exo 4.4.... Traitement 2D

Corr 1 de 4 009.01.06 , 009.05.07, 009.12.14, 010.12.21, 014.01.06, 014.12.15

Donner les fonctions de transfert pour les canaux R, G, B dans le cas des pseudo-couleurs utilisées dans la manipulation 9 (acquisition d'images):

Image d'entrée (2D) Image(s) de sortie (2D)



R G B

(Conti et Zamni 2008)



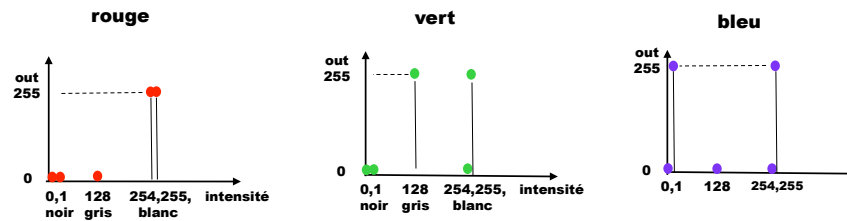
0: noir, 1-30: bleu, ... cyan... 128: vert, ... jaune, 220-254: rouge, 255: blanc
Pseudocouleurs

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 04.01.2016

90

Exo 4.4.... Traitement 2D

Corr 2 de 4 009.01.06 , 009.05.07, 009.12.14, 010.12.21,
014.01.06, 014.12.15

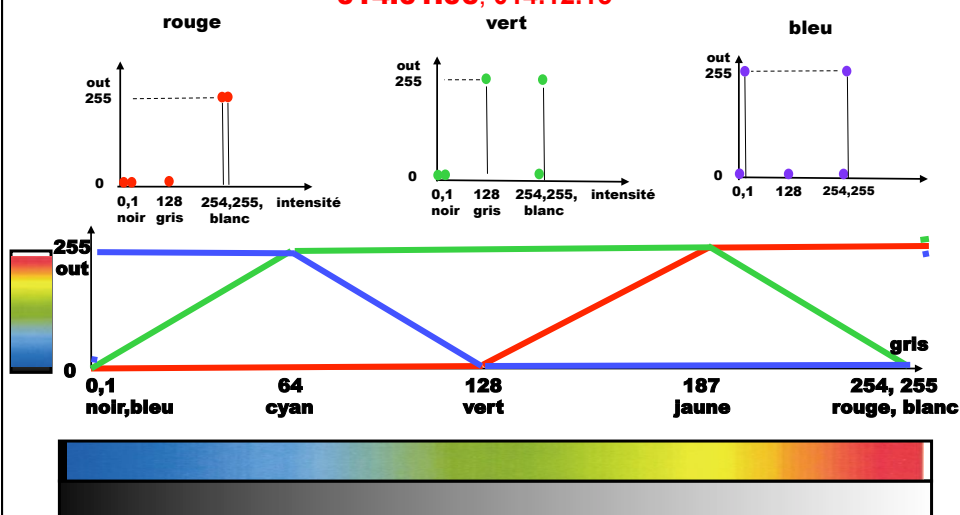


Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

91

Exo 4.4.... Traitement 2D

Corr 3 de 4 009.01.06 , 009.05.07, 009.12.14, 010.12.21,
014.01.06, 014.12.15

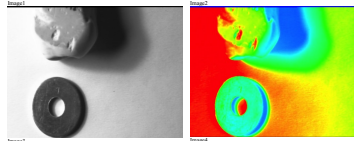
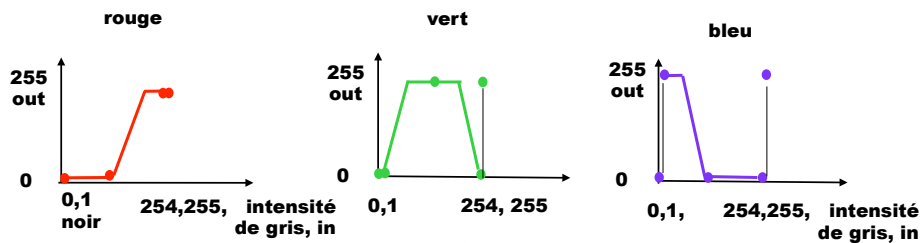


Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

92

Exo 4.4.... Traitement 2D

Corr 4 de 4 009.01.06, 009.05.07, 009.12.14 , 010.12.21 ,
014.01.06 , 014.12.15



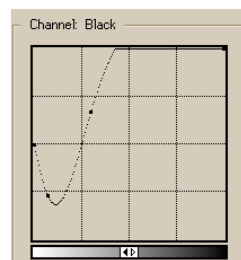
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

93

Exo 4.4.... Traitement 2D

Corr, 014.12.15

A



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 12.12.2014

94

Exo 4.4.... Traitement 2D

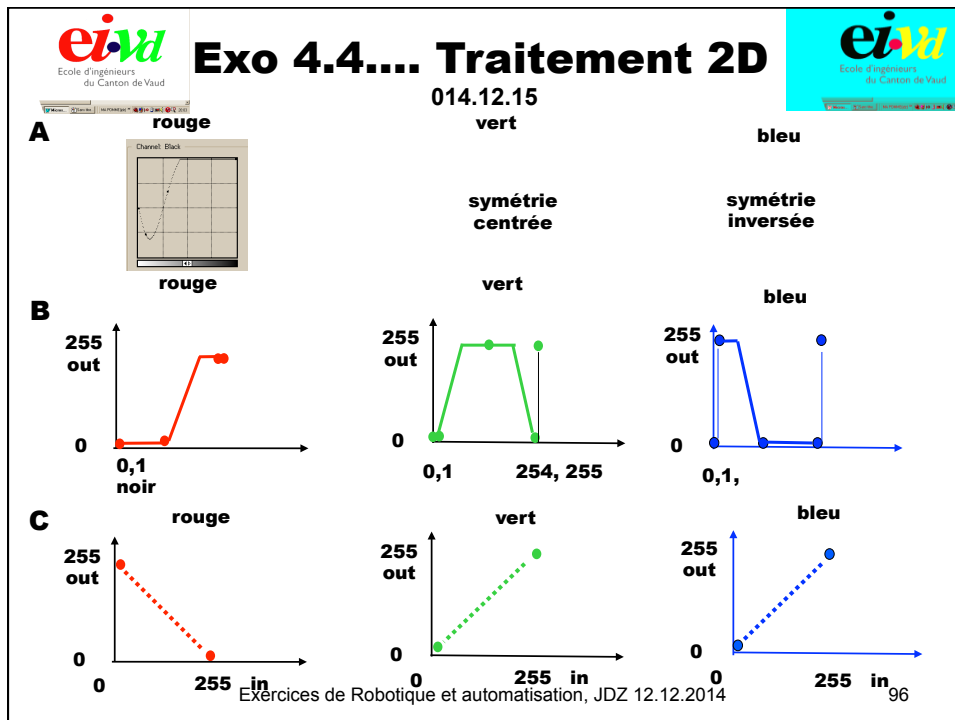
008.04.22, 011.12.22, 013.01.07, 014.05.12, 014.12.15

Donner les fonctions de transfert pour les canaux R, G, B dans le cas ci-dessous (l'entrée c'est le logo de gauche, et la sortie, le logo de droite):



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

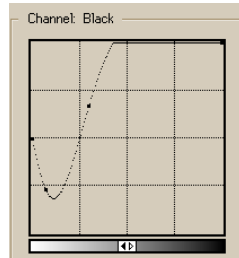
95



Exo 4.4.... Traitement 2D

Corr, 014.12.15

A est faux:



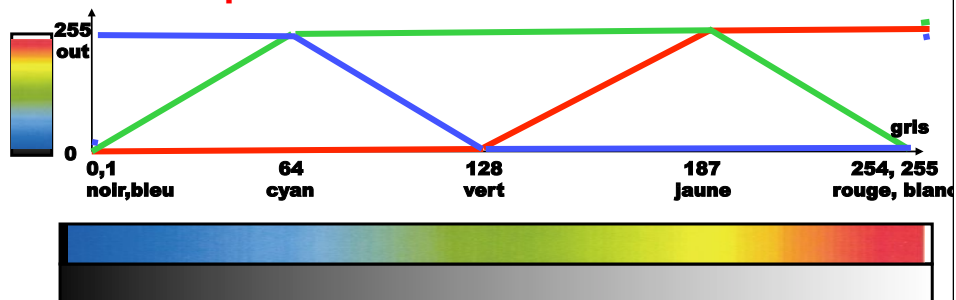
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 12.12.2014

97

Exo 4.4.... Traitement 2D

Corr, 014.12.15

B est faux: cf. pseudocouleurs



...

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 12.12.2014

98

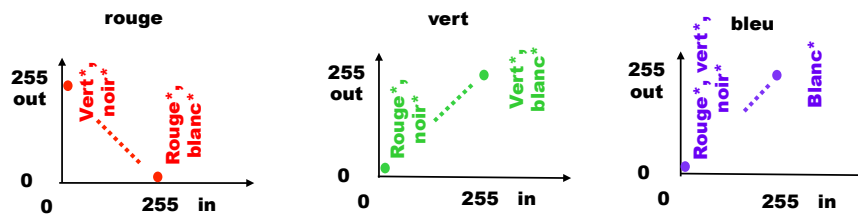
Exo 4.4.... Traitement 2D

Corr 008.04.22, 011.12.22 , 014.12.15

C est
correct:



Nous avons 3 canaux, donc 3 fonctions de transfert



* Type de pixel d'entrée pris pour l'analyse

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 14.01.2014

99

Exo 4.4.... Traitement 2D

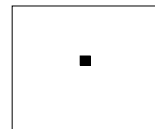
N36

007.05.22, 008.04.29, 009.01.09, 009.12.14 , 010.12.21, 011.05.05, 012.01.10, 013.01.11, 014.01.06, 014.05.12, 015.01.05.

Soit l'opérateur suivant:

1	0	-1
---	---	----

Quel en est l'effet sur une image à un seul pixel actif:



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

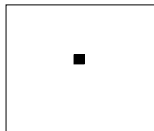
100

Exo 4.4.... Traitement 2D

N36.01

015.01.05.

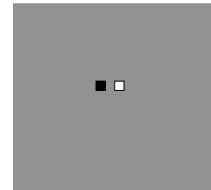
1	0	-1
---	---	----



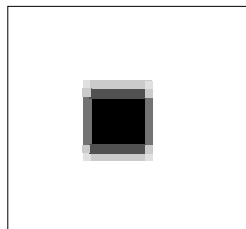
A

0...
1 0 -1

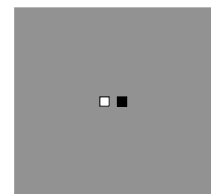
C



B



D



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 12.12.2014

101

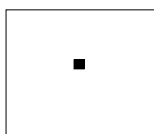
Exo 4.4.... Traitement 2D

N36.01

015.01.05.

Corr

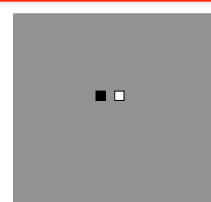
1	0	-1
---	---	----



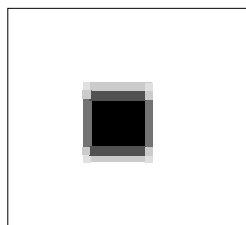
A

0...
1 0 -1

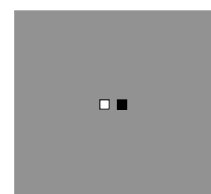
C



B



D

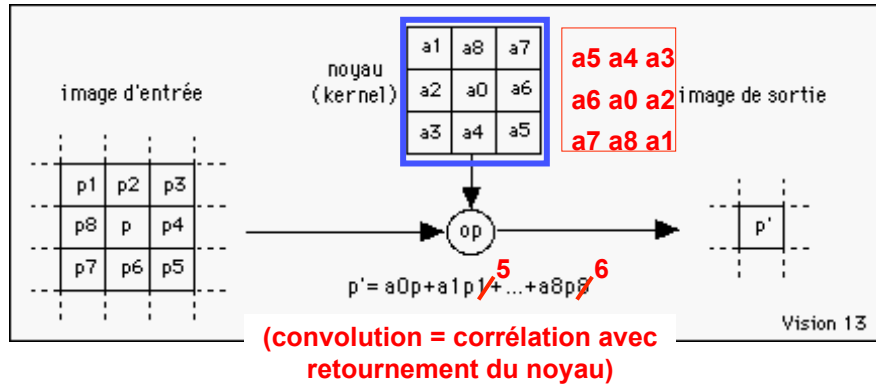


Exercices de Robotique et automatisation – partie 4, JDZ 05.01.2016

102

3.2.1 Filtres linéaires – principe (rappel)

Corr



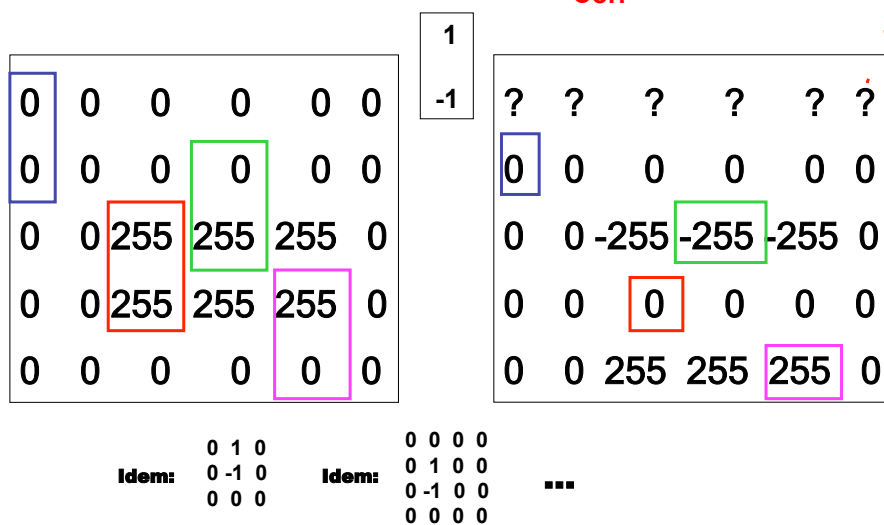
$$I'(l,c) = \sum_{i=-n/2}^{n/2} \sum_{j=-m/2}^{m/2} k(i,j) * I(l-i, c-j)$$

Robotique et automatisation, JDZ/JDD 20.04.2011

103

3.2.1 Filtres linéaires – exemple détaillé (rappel)

Corr



Robotique et automatisation, JDZ/JDD 30.11.2016

Exo 4.4.... Traitement 2D

corr. 1 de 2 007.05.22, , 008.04.29 , 009.12.14 , 010.12.21 , 012.01.10, 014.01.06 ,
014.05.12 , 015.01.05.

Soit l'opérateur suivant:

1	0	-1
---	---	----

Quel en est l'effet sur une image à un seul

pixel actif:

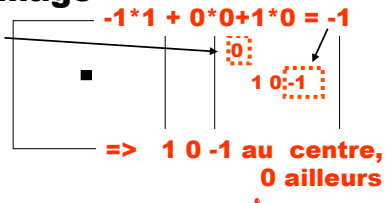
$$-1*0 + 0*0 + 1*0 = 0$$

$$-1*1 + 0*0 + 1*0 = -1$$

1: convolution =>

transposer le noyau

$$\Rightarrow -1 \ 0 \ 1$$



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

105

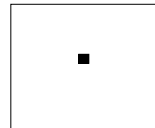
Exo 4.4.... Traitement 2D

corr. 2 de 2 007.05.22, , 008.04.29 , 009.12.14 , 010.12.21 , 012.01.10, 014.01.06 ,
014.05.12, 015.01.05.

Soit l'opérateur suivant:

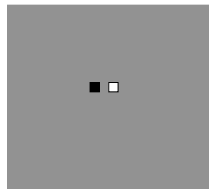
1	0	-1
---	---	----

Quel en est l'effet sur une image à un seul pixel actif:



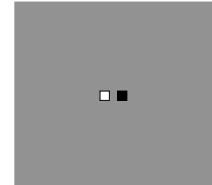
?

(Corrélation)



- Offset éventuel, pour éviter le signe négatif;
- et facteur approprié pour éviter un débordement

Convolution, filtrage



Exercices de Robotique et automatisation – partie 4, JDZ 05.01.2016

106

Exo 4.4.... Traitement 2D

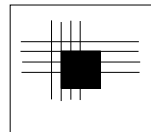
N36.02

007.05.22, 008.04.29, 009.01.09, 009.12.14 , 010.12.21,011.05.05, 012.01.10, 013.01.11, 014.01.06, 014.05.12 , 015.01.05.

Soit l'opérateur suivant:

1	0	-1
---	---	----

Quel en est l'effet sur l'image d'un carré (les lignes ne sont pas sur l'image mais symbolisent les lignes et les colonnes de numérisation):



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

107

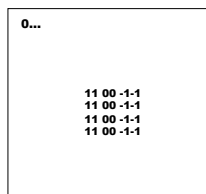
Exo 4.4.... Traitement 2D

N36.02

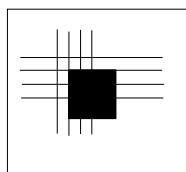
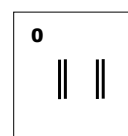
015.01.05.

1	0	-1
---	---	----

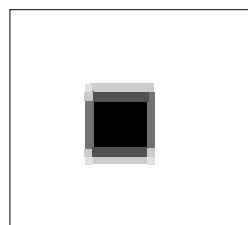
A



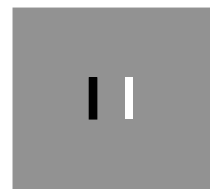
C



B



D



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 12.12.2014

108

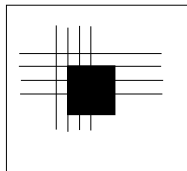
Exo 4.4.... Traitement 2D

N36.02

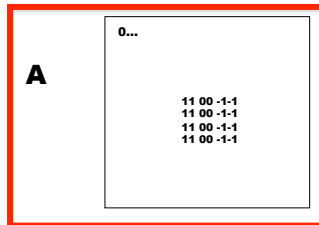
015.01.05, 016.01.05

Corr

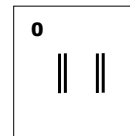
1	0	-1
---	---	----



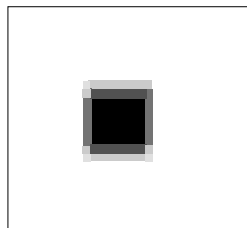
A



C



B



D



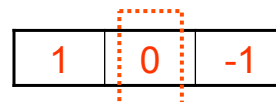
Exercices de Robotique et automatisation – partie 4, JDZ 05.01.2016

109

Exo 4.4.... Traitement 2D

corr. 1 de 2 007.05.22, , 008.04.29 , 009.12.14 , 010.12.21 , 012.01.10, 014.01.06 , 014.05.12 , 015.01.05.

Soit l'opérateur suivant:



Quel en est l'effet sur l'image d'un carré:

En haut : $-1*0 + 0*0 + 1*0 = 0$

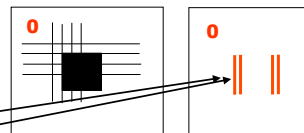
En bas : $-1*0 + 0*0 + 1*0 = 0$

A l'intérieur du bloc: $-1*1 + 0*1 + 1*1 = 0$

A cheval sur bords verticaux:

$-1*0 + 0*0 + 1*1 = -1$

et $-1*0 + 0*1 + 1*1 = 1 \Rightarrow$ 2 doubles bords verticaux
(ici en valeur absolue)



Exercices de Robotique et automatisation – partie 4, JDZ 05.01.2016

110

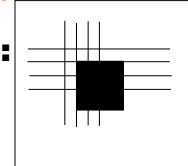
Exo 4.4.... Traitement 2D

corr. 2 de 2 007.05.22, , 008.04.29 , 009.12.14 , 010.12.21 , 012.01.10, 014.01.06 ,
014.05.12, 015.01.05.

Soit l'opérateur suivant:

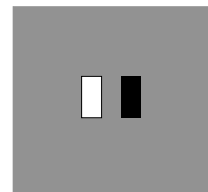
1	0	-1
---	---	----

Quel en est l'effet sur l'image d'un carré:



Offset éventuel, pour éviter le signe négatif;

et facteur de $\frac{1}{2}$ pour éviter un débordement



Exercices de Robotique et automatisation – partie 4, JDZ 05.01.2016

111

Exo 4.4.... Traitement 2D

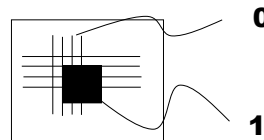
(N36b)

007.05.29, 008.04.29, 009.01.06, 010.01.04, 012.01.10, 013.01.11, 014.01.06, 015.01.05.

Soit l'opérateur suivant:
(moyenneur)

1 1		0 1 1
1 1	Idem:	0 1 1
1 1		0 1 1

Quel en est l'effet sur l'image d'un carré
(réponses numérique et en texte):



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

112

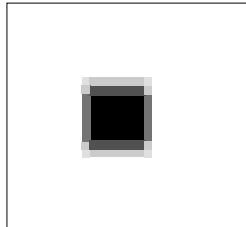
Exo 4.4.... Traitement 2D

(N36b.01)

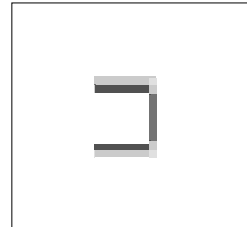
015.01.05.

0 1 1
0 1 1
0 1 1

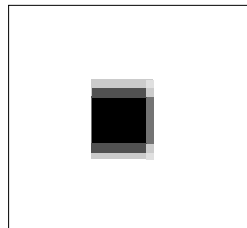
A



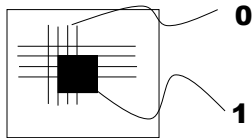
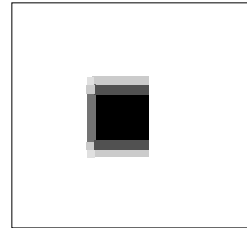
B



C



D



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 12.12.2014

113

Exo 4.4.... Traitement 2D

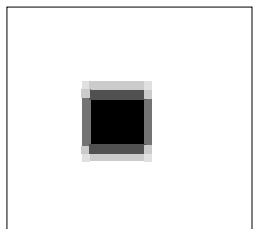
N36b.01

015.01.05.

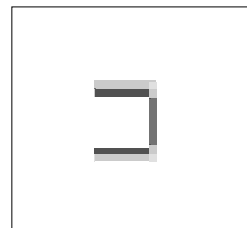
Corr

0 1 1
0 1 1
0 1 1

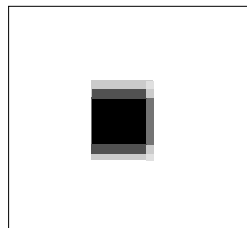
A



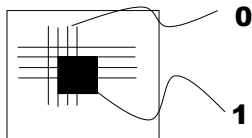
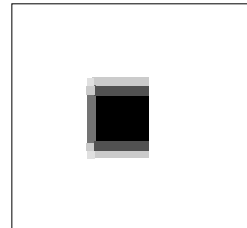
B



C



D



Exercices de Robotique et automatisation – partie 4, JDZ 05.01.2016

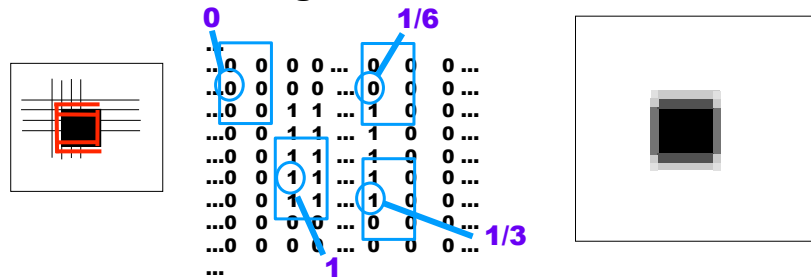
114

Exo 4.4.... Traitement 2D

Corr 1 de 2, 007.05.29 008.04.29, 009.01.06 , 012.01.10, 015.01.05.

Soit l'opérateur suivant: $\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$ (et normalisation)

L'effet sur l'image d'un carré est le suivant:



En général, l'opérateur est normalisé. Ici tout est divisé par 6

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 07.12.2010

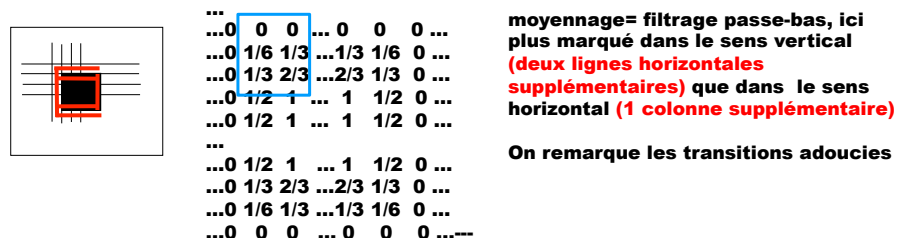
115

Exo 4.4.... Traitement 2D

Corr 2 de 2, 007.05.29 008.04.29, 009.01.06 , 012.01.10, 015.01.05.

Soit l'opérateur suivant: $\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$ (et normalisation)

L'effet sur l'image d'un carré est le suivant:



En général, l'opérateur est normalisé. Ici tout est divisé par 6

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

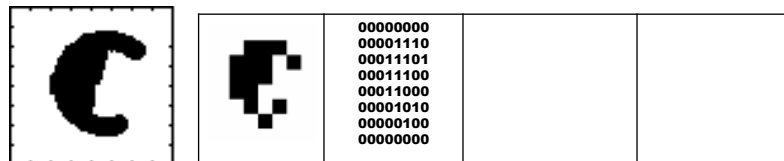
116

(N36c)

Exo 4.4. 10. Extraction de bord

007.05.29, 008.04.29, 011.05.12, 015.01.05.

Considérons l'image ci-dessous.
Qu'obtient-on avec l'opérateur de
Roberts? Calculer l'image résultante



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

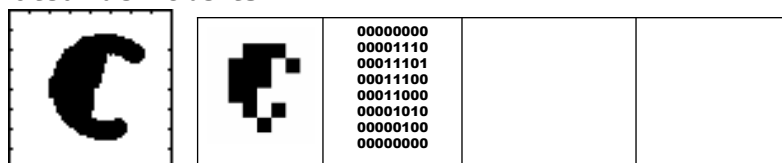
117

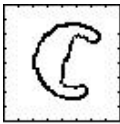
(N36c.01)

Exo 4.4. 10. Extraction de bord

Opérateur de Roberts

015.01.05.



A	<pre>00000000 00001110 00011101 00011100 00011000 00001010 00000100 00000000</pre>	B	<pre>0001221 0011010 0020021 0020110 0011211 0001001 0000110</pre>
C	<pre>00000000 00001110 00010101 00010100 00011000 00001010 00000100 00000000</pre>	D	

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 12.12.2014



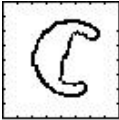
118

Exo 4.4. 10. Extraction de bord

Opérateur de Roberts

015.01.05.

Corr

		<pre> 00000000 00001110 00011101 00011100 00011000 00001010 00000100 00000000 </pre>			
A	<pre> 00000000 00001110 00011101 00011100 00011000 00001010 00000100 00000000 </pre>	B	<pre> 0001221 0011010 0020021 0020110 0011211 0001001 0000110 </pre>		
C	<pre> 00000000 00001110 00010101 00010100 00011000 00001010 00000100 00000000 </pre>	D			

Exercices de Robotique et automatisation – partie 4, JDZ 05.01.2016

119

Exo 4.4. 10. Extraction de bord

007.05.29 Corr. (1 de 2) 008.04.29, 015.01.05.



Rx retourné: -1 0
0 1

Je choisis « en haut, à gauche » le point
sans décalage (l=0, c=0)

Ry retourné: 0 1
-1 0

$Z = |f(Rx)| + |f(Ry)|$

$\begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$

		<pre> 00000000 00001110 00011101 00011100 00011000 00001010 00000100 00000000 </pre>		
---	---	--	--	--


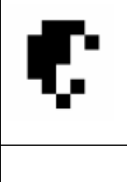
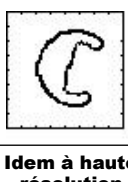
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

120

Exo 4.4. ^{10.} Extraction de bord

corr. (2 de 2) 008.04.29, 015.01.05.

Considérons l'image ci-dessous.
Qu'obtient-on avec l'opérateur de
Roberts? Calculer l'image résultante

		<pre> 00000000 00001110 00011101 00011100 00011000 00010100 00001010 00000100 00000000 </pre>	<pre> 0001221. 0011010. 0020021. 0020110. 0011211. 0001001. 0000110. </pre>	
		<p>Roberts=> extraction de bords Bords=abs(f(Rx)) +abs(f(Ry))</p>	Idem à haute résolution	

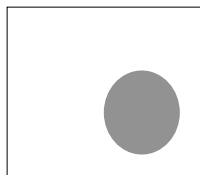
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

121

(N36d)

4.4. ¹⁷ Extraction de bords

Considérons l'image à haute résolution ci-dessous.
Qu'obtient-on avec un seul filtre de Roberts
($I_r := \text{abs}(R_x)$)? Esquisser l'image résultante.



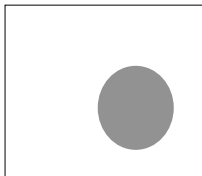
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

122

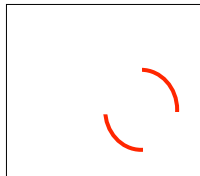
(N36d.01)

4.4. 17 Extraction de bords

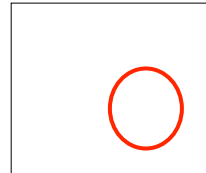
$Ir := \text{abs}(Rx)$



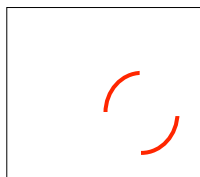
A



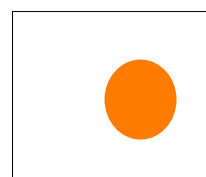
B



C



D



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 12.12.2014

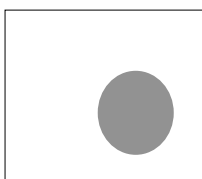
123

N36d.01

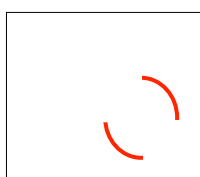
4.4. 17 Extraction de bords

$Ir := \text{abs}(Rx)$

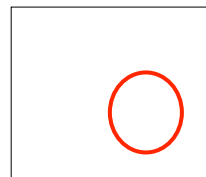
Corr



A



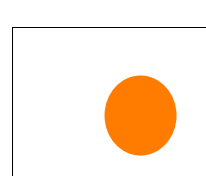
B



C



D



Exercices de Robotique et automatisation – partie 4, JDZ 05.01.2016

124

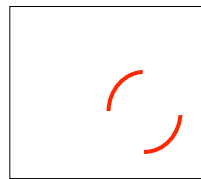
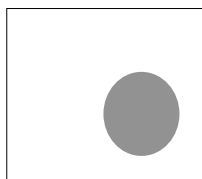
4.4. 17 Extraction de bords

Corr

Considérons l'image à haute résolution ci-contre. Qu'obtient-on avec un seul filtre de Roberts ($I_r := \text{abs}(R_x)$)? Esquisser l'image résultante.

Rappel. R_x :

1	0
0	-1



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

125

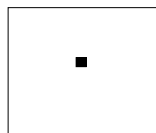
Exo 4.4.... Traitement 2D - érosion

(N36e)

012.01.12, 015.01.05.

Soit l'opérateur « érosion ».

Quel en est l'effet sur une image à un seul pixel actif?



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

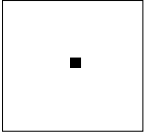
126

Exo 4.4.... Traitement 2D - érosion

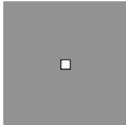
015.01.05 (N36e.01)

Opérateur « érosion »

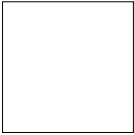
A



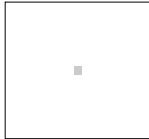
B




C



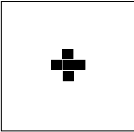
D



E



F



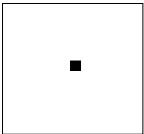
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 12.12.2014 127

Exo 4.4.... Traitement 2D - érosion

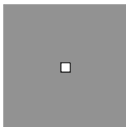
015.01.05 Corr N36e.01

Opérateur « érosion »

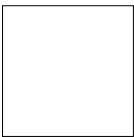
A




B




C



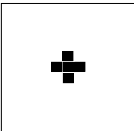
D



E



F



Exercices de Robotique et automatisation – partie 4, JDZ 05.01.2016 128

Exo 4.4.... Traitement 2D

corr. 012.01.12, 015.01.05

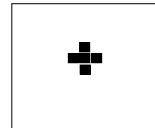
Soit l'opérateur « érosion ».

Quel en est l'effet sur une image à un seul pixel actif?

Erosion des noirs? =>



Erosion des blancs? =>



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 14.01.2014

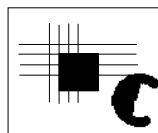
129

N37

Exo 4.4. ... Labeling

011.01.10, 012.01.10, 012.01.10, 015.01.05.

**Considérons l'image ci-dessous.
Etiqueter les blobs (méthode?).**



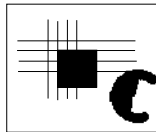
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

130

Exo 4.4. ... Labeling

015.01.05.

Méthode?



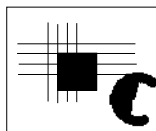
- A Analyse sur 2 lignes à la fois ; en 1 balayage ; – à préciser**
- B Analyse sur 2 lignes à la fois; en 2 balayages ; – à préciser**
- C Analyse récursive par voisinage dans les blobs; en 1 balayage – à préciser**
- D Pas possible pour cette configuration particulière**
- E Autre méthode – à préciser**

Exo 4.4. ... Labeling

015.01.05.

Corr

Méthode?



- A Analyse sur 2 lignes à la fois ; en 1 balayage ; – à préciser**
- B Analyse sur 2 lignes à la fois; en 2 balayages ; – à préciser**
- C Analyse récursive par voisinage dans les blobs; en 1 balayage – à préciser**
- D Pas possible pour cette configuration particulière**
- E Autre méthode – à préciser**

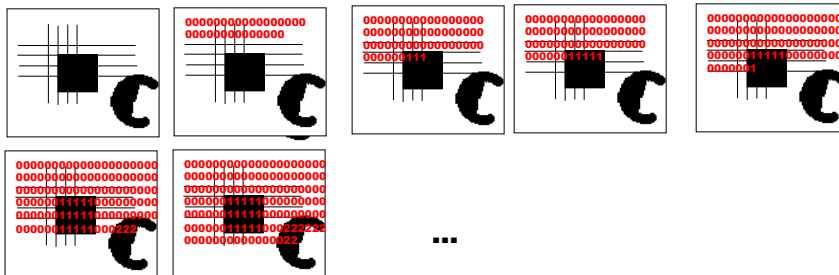
Exo 4.4. ... Labeling

corr. (1 de 2) 011.01.10 , 012.01.10, 015.01.05.

Sol. 1 A (principe)

Traiter l' image de gauche à droite, de haut en bas:

- si blanc, avancer au pixel suivant
- si noir
 - si pas de voisin noir, en haut ou à gauche: nouvelle étiquette (+1)
 - si voisin noir, en haut ou à gauche: même étiquette



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

133

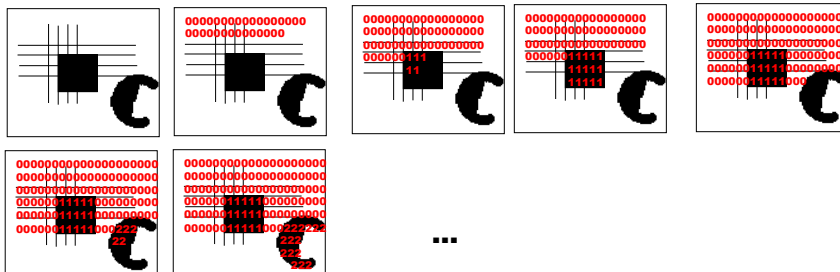
Exo 4.4. ... Labeling

corr. (2 de 2) 011.01.10, 012.01.10, 014.01.07, 015.01.05.

Sol. 2 C (principe)

Traiter l' image de gauche à droite, de haut en bas:

- si blanc, avancer au pixel suivant
- si noir
 - nouvelle étiquette (+1)
 - puis, de façon récursive, jusqu' à ce que tous les voisins noirs soient traités: même étiquette et même traitement pour ces voisins noirs (chaque pixel a 4 voisins immédiats).



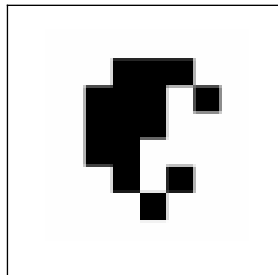
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

134

Exo 4.4. 10bis, ex-9 Compression d'images

00.

Codez l'image ci-dessus de la façon la plus "courte" possible (compression). Par ex. avec RLE. Expliquez votre solution.



```
00000000
00001110
00011101
00011100
00011000
00001010
00000100
00000000
```

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

135

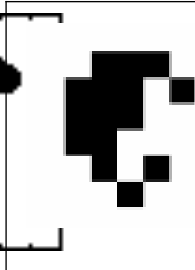
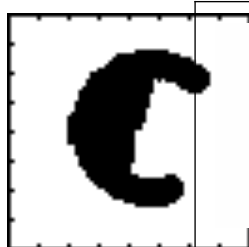
Exo 4.4. 10bis, ex-9 Compression d'images

00. **Corr.**

Code de plage / Run-length encoding / RLE.

Hypothèses:

- début dans le blanc
- codage ligne par ligne



```
00000000
00001110
00011101
00011100
00011000
00001010
00000100
00000000
```

```
8
4,3,1
3,3,1,1
3,3,2
3,2,3
4,1,1,1,1
5,1,2
8
```

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

136

4.4... Code de Huffman

001.06.11c

Quel est le code de Huffman pour le message suivant:

AAABBAAZZYYYBU

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

137

4.4... Code LZW

001.06.11d

Quel est le code LZW (Lempel, Ziv and Welch), pour le message suivant:

EIVDEIVDEIVDEIVD ?

Démarche selon polycop. P. 20 (alphabet 0-25 prédéfini)

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

138

4.4... Code LZW

001.06.11d corr 1de2

(-): licence IBM-Unisys

**(+): codage avec un dictionnaire créé « au vol »,
aux deux bouts du canal de transmission, c'est-
à-dire non transmis.**

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

139

4.4... Code LZW

001.06.11d corr2de2

Code:

E	I	V	D	EI	VD	EIVD	EIVD	EIVD
4	8	21	3	26	28	30	30	30
=>EI:26 =>DEI:29 =>31:VDEIVD								
=>IV:27, =>EIVD:30 => 32:EIVDEIVD								
VD=28								

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

140

(N37b)

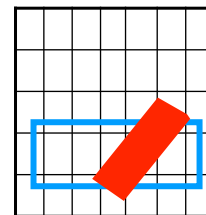
4.4. Analyse de scènes

006.12.21, 011.01.11, 012.01.12, 013.01.14 reporté, 014.01.13, 014.05.26, 015.01.05.

Une caméra est montée sur un robot autonome, comme pour la coupe Eurobot.

On souhaite savoir si une canette de coca (rouge) se trouve devant le robot, c'est-à-dire dans la fenêtre inférieure de l'image (voir fig.).

- Donner le principe de la solution,
- et à l'aide du langage Piaget?



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

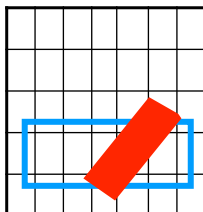
141

N37b.01

4.4. Analyse de scènes

Principe de la solution
- zone d'analyse?

Zone(s) d'analyse
015.01.05.



A Analyse globale de l'image (par ex. transformée de Fourier ou en cosinus)

B Analyse dans la fenêtre bleue

C Analyse locale d'un segment de ligne horizontal, à mi-hauteur de la fenêtre bleue

D Analyse globale d'un segment de ligne horizontal, à mi-hauteur de la fenêtre bleue

E Autre méthode – à préciser

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 14.12.2014

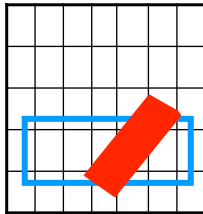
142

4.4. Analyse de scènes

Principe de la solution
- zone d'analyse?

Zone(s) d'analyse
015.01.05.

Corr



A Analyse globale de l'image (par ex. transformée de Fourier ou en cosinus)

B Analyse dans la fenêtre bleue

C Analyse locale d'un segment de ligne horizontal, à mi-hauteur de la fenêtre bleue

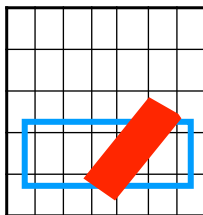
D Analyse globale d'un segment de ligne horizontal, à mi-hauteur de la fenêtre bleue

E Autre méthode – à préciser

4.4. Analyse de scènes

Principe de la solution
- zone d'analyse?

Zone(s) d'analyse
Corr 015.01.05.



A Analyse globale de l'image (par ex. transformée de Fourier ou en cosinus): **non**
- **Car les images sont faites de particularités locales (signaux « non-stationnaires »)**

- **Ex. fenêtre Beamer: zone votation, zone questions, yc figure ici et texte là.**
- **La transformée de Fourier donne pour le coefficient à fréquences (0;0) la moyenne globale de l'image, qui mélange tout.**

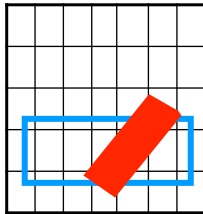
B Analyse dans la fenêtre bleue

Oui, mieux que A, mais à préciser (voir B et C)

4.4. Analyse de scènes

Principe de la solution
- zone d'analyse?

Zone(s) d'analyse
Corr 015.01.05.



C ≈ B.1 Analyse locale d'un segment de ligne horizontal, à mi-hauteur de la fenêtre bleue, Correct, ex.: N pixels de la plus gde plage de rouge, et position correspondante

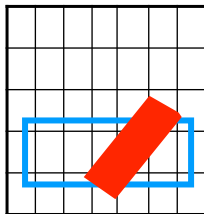
D ≈ B.2 Analyse globale d'un segment de ligne horizontal, à mi-hauteur de la fenêtre bleue: Aspects globaux à éviter, cf. A

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 14.12.2014

145

4.4. Analyse de scènes N37b.02

Principe de la solution Vue globale du processus
- couleur ? (yc. choix pour l'acquisition et traitement 2D)
015.01.09



A Filtre bleu=> détection des noirs

B Caméra couleur => analyse du canal rouge

C Caméra couleur, puis RVB->IST
=> si S faible analyse d'intensité
si S élevée, teinte entre les limites du rouge vers le magenta et le jaune

D Autre méthode – à préciser

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 14.12.2014

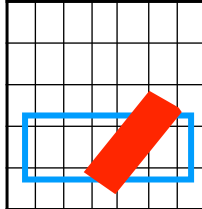
146

4.4. Analyse de scènes N37b.02

Principe de la solution Vue globale du processus
- couleur ? (yc. choix pour l'acquisition et traitement 2D)

015.01.09

Corr



A Filtre bleu=> détection des noirs

B Caméra couleur => analyse du canal rouge

C Caméra couleur, puis RVB->IST
 => si S faible analyse d'intensité
 si S élevée, teinte entre les limites du rouge vers le magenta et le jaune

D Autre méthode – à préciser

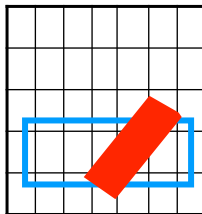
Exercices de Robotique et automatisation – partie 4, JDZ 05.01.2016

147

4.4. Analyse de scènes

Principe de la solution Vue globale du processus
- couleur ? (yc. choix pour l'acquisition et traitement 2D)

Corr. 015.01.09



A Filtre bleu=> détection des noirs

en principe possible, mais peu flexible

B Caméra couleur => analyse du canal rouge

non, car idem rouge et blanc

C Caméra couleur, puis RVB->IST

=> si S faible analyse d'intensité

si S élevée, teinte entre les limites du rouge vers le magenta et le jaune

oui

D Autre méthode – à préciser

?

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 14.12.2014

148

4.4. Analyse de scènes N37b.03

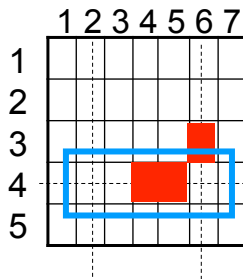
Présence et estimation de position dans l'image
(yc. choix pour l'acquisition et traitement 2D)

015.01.09

Principe de la solution

- position dans l'image?

Si présence (NPixelsActifs > 0 ou Surface > 0), position? :



A Coordonnée du premier pixel actif rencontré

B Moyenne des coordonnées des pixels actifs

C Moyenne des coordonnées des pixels actifs ("centre de gravité") pour le plus grand blob

D Autre méthode – à préciser

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 14.12.2014

149

4.4. Analyse de scènes N37b.03

Présence et estimation de position dans l'image
(yc. choix pour l'acquisition et traitement 2D)

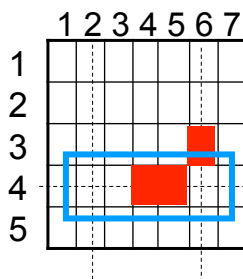
015.01.09

Principe de la solution

- position dans l'image?

Corr

Si présence (NPixelsActifs > 0 ou Surface > 0), position? :



A Coordonnée du premier pixel actif rencontré

B Moyenne des coordonnées des pixels actifs

C Moyenne des coordonnées des pixels actifs ("centre de gravité") pour le plus grand blob

D Autre méthode – à préciser

Exercices de Robotique et automatisation – partie 4, JDZ 05.01.2016

150

4.4. Analyse de scènes

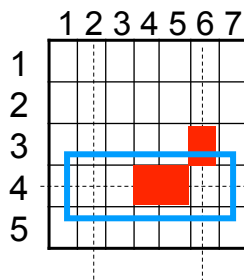
Présence et estimation de position dans l'image
(yc. choix pour l'acquisition et traitement 2D)

Corr. 015.01.09

Principe de la solution

- position dans l'image?

Si présence ($NPixelsActifs > 0$ ou $Surface > 0$), position? :



A Coordonnée du premier pixel actif rencontré **non, sensible au bruit**

B Moyenne des coordonnées des pixels actifs **non, sensible au bruit, trop global**

C Moyenne des coordonnées des pixels actifs ("centre de gravité") pour le plus grand blob **oui, simple et robuste**

D Autre méthode – à préciser ?

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 14.12.2014

151

4.4. Analyse de scènes

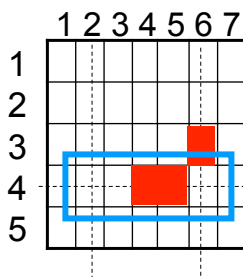
N37b.04

Report de position dans l'image
en position dans le réel

015.01.09

Principe de la solution

- position dans le monde ?



A Tabulation de correspondances entre image (lignes, colonnes) et repère caméra (XYZ) pour quelques pixels/points; puis interpolation linéaire

B Passage par transformations via repères multiples (caméra, robot, etc.)

C Approche cognitive fondée sur les lois de l'optique et un modèle géométrique multidimensionnel de l'application

D Tabulation directe image-repère du robot.

E A+B

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 14.12.2014

152

4.4. Analyse de scènes

N37b.04

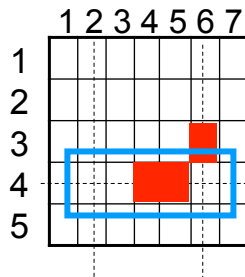
Report de position dans l'image
en position dans le réel

Principe de la solution

015.01.09

Corr 1 d 11

- position dans le monde ?



A Tabulation de correspondances entre image (lignes, colonnes) et repère caméra (XYZ) pour quelques pixels/points; puis interpolation linéaire

B Passage par transformations via repères multiples (caméra, robot, etc.)

C Approche cognitive fondée sur les lois de l'optique et un modèle géométrique multidimensionnel de l'application

D Tabulation directe image-repère du robot.

E A+B

Exercices de Robotique et automatisation – partie 4, JDZ 05.01.2016

153

4.4. Analyse de scènes

N37b.04

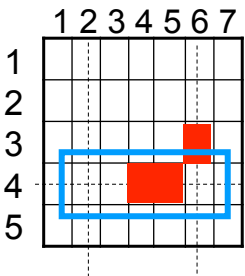
Report de position dans l'image
en position dans le réel

Principe de la solution

015.01.09

Corr 2 d 11

- position dans le monde ?



A Tabulation de correspondances entre image (lignes, colonnes) et repère caméra (XYZ) pour quelques pixels/points; puis interpolation linéaire **Oui, composante indispensable**

B Passage par transformations via repères multiples (caméra, robot, etc.) **Oui, autre composante indispensable**

C Approche cognitive fondée sur les lois de l'optique et un modèle géométrique multidimensionnel de l'application **En principe non: trop complexe, configurations changeant souvent, rapidement**

D Tabulation directe image-repère du robot. **En principe non: trop complexe, environnement variable, peu connu**

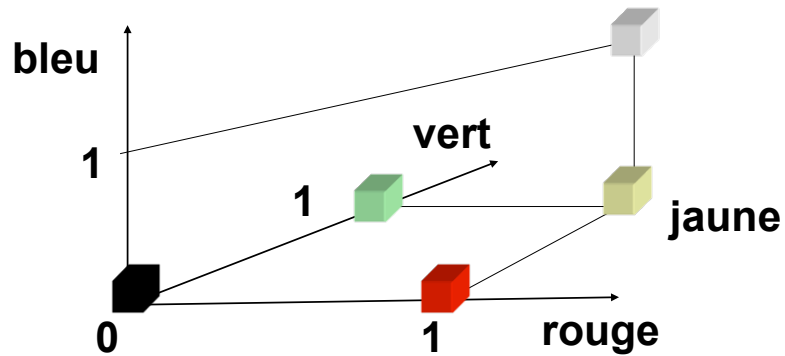
E A+B **Oui**

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 14.12.2014

154

Reconnaissance des formes espace des caractéristiques 1 de 2,

Corr 3 de 11 (rappel) 014.05.26, 015.01.09

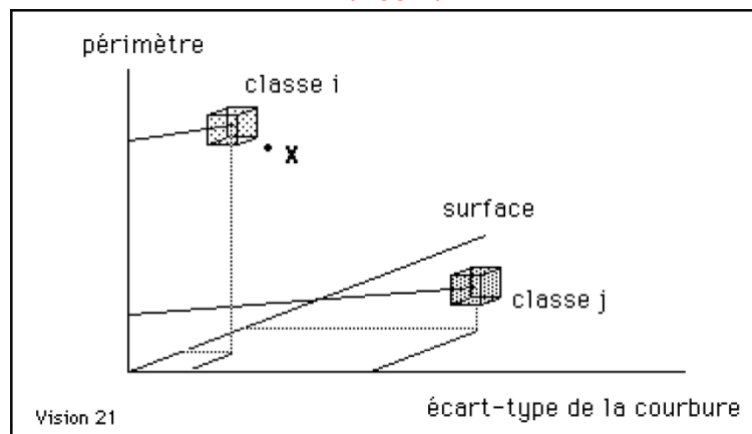


Robotique et automatisation, JDD 20.04.2011

155

Reconnaissance des formes espace des caractéristiques 2 de 2

Corr 4 de 11 (rappel) 014.05.26, 015.01.09



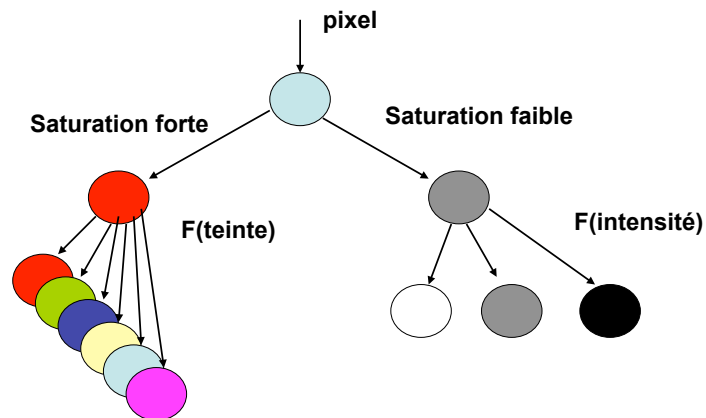
Robotique et automatisation, JDD 20.04.2011

156

Reconnaissance des formes

Arbre de décision,

Corr 5 de 11 (rappel) 014.05.26, 015.01.09



Robotique et automatisation, JDD 20.04.2011

157

4.4. Analyse de scènes – reconnaissance des "9 couleurs"

Corr 6 de 11 (rappel)



Robotique et automatisation, JDD 19.01.2011

158

4.4. Analyse de scènes

Corr 7 de 11 (rappel) 006.12.21 , 011.01.11 , 012.01.17, 013.01.18
 , 014.05.26, 015.01.09

Les types principaux de solutions, par ordre croissant de complexité, sont les suivants:

- Analyse limitée à quelques éléments de base, tels que pixels, segments de droites (barrettes), ou couronnes circulaires (état, nombre de pixels blanc ou noir...)
- Analyse étendue à des blobs (yc surface, position, orientation, labelisation...)
- Analyse étendue à des bords (yc squelettisation et courbure...)

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

159

4.4. Analyse de scènes

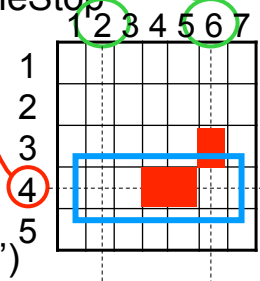
Corr 8 de 11 006.12.21, 011.01.11 , 012.01.17 , 013.01.18 ,
 014.05.26, 015.01.09

L' instruction Piaget suivante est utile:

ObserverLigneAGN(4,2,6); // NoLigne.
 // NoColonneStart, NoColonneStop

Elle met notamment à jour
 La variable NRouge, qui vaudra
 entre 0 et 5 suivant le nombre
 de pixels rencontrés.

If(NRouge>0) TypeStringAGN(" Ya")
 else TypeStringAGN(" Ya pas ");



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 17.01.2011

160

4.4. Analyse de scènes

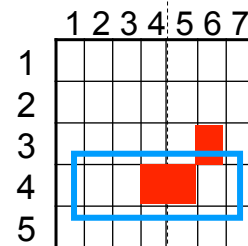
Corr 9 de 11 006.12.21, 011.01.11, 012.01.17, 013.01.18, 014.05.26, 015.01.09

L' instruction Piaget suivante est utile:

ObserverLigneAGN(4,2,6); // NoLigne,
// NoColonneStart, NoColonneStop

Autre résultat obtenu
(entre autres):

XRouge: milieu de la plus
grande plage de rouge. Ici: 4.5



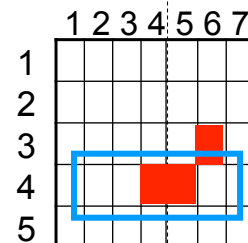
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

4.5 161

4.4. Analyse de scènes

Corr 10 de 11 006.12.21, 011.01.11, 012.01.17, 013.01.18, 014.05.26, 015.01.09

- Position dans l' image: (4.5;4)
- Position sur le terrain:
PasserDeLImageAuTerrain (....)



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

4.5 162

4.4. Analyse de scènes

Corr 11 de 11 006.12.21, 011.01.11, 012.01.17, 013.01.18, 014.05.26, 015.01.09

Autres solutions:

« LireLigne », avec au préalable,

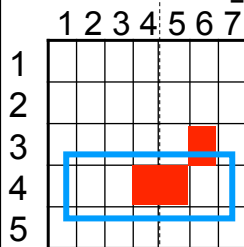
1 un filtre bleu => détection des noirs

2 une caméra couleur => analyse du canal bleu

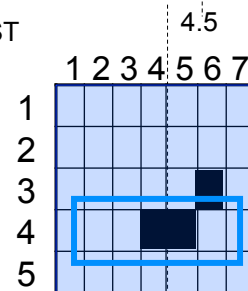
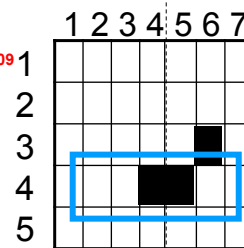
3 une caméra couleur, puis RVB->IST

=> si S faible analyse d'intensité

si S élevée, teinte entre les limites du rouge vers le magenta et le jaune



4.5



4.5

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

163

Exo 4.4.¹¹ Extraction de caractéristiques

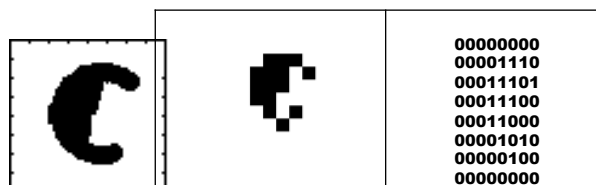
N38

(analyse d'images). 008.01.08, 008.05.06, 009.01.09., 010.01.04, 011.01.11, 012.01.17, 013.01.14, 014.01.13, 015.01.09

Soit un objet perçu par une caméra, et dont l'image est représentée ci-dessous.

1. Estimer dans ce cas la surface, le périmètre, ainsi que, dans le plan de l'image, la position et l'orientation de l'objet vu.

2. Comment s'est faite la numérisation (principe)



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

164

Exo 4.4.¹¹ Extraction de caractéristiques

(analyse d'images – surface), 015.01.09

Estimation de la **surface** (aire) :



```
00000000
00001110
00011101
00011100
00011000
00001010
00000100
00000000
```

A S = 3 pixels

B S = 15 pixels

C S = 12 pixels

D S = 22 mm²

E Autre valeur – à préciser

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 14.12.2014

165

Exo 4.4.¹¹ Extraction de caractéristiques

(analyse d'images – surface), 015.01.09

Estimation de la **surface** (aire) :

Corr



```
00000000
00001110
00011101
00011100
00011000
00001010
00000100
00000000
```

A S = 3 pixels

B S = 15 pixels

C S = 12 pixels

D S = 22 mm²

E Autre valeur – à préciser

Exercices de Robotique et automatisation – partie 4, JDZ 05.01.2016

166

N38.01

Exo 4.4.¹¹ Extraction de caractéristiques

(analyse d'images – surface), Corr. 015.01.09

Estimation de la **surface** (aire) :



```
00000000
00001110
00011101
00011100
00011000
00001010
00000100
00000000
```

A S = 3 pixels Non

B S = 15 pixels Oui

C S = 12 pixels Possible, si gd blob

**D S = 22 mm² Possible en principe
conjointement à B, si calibration faite**

E Autre valeur – à préciser ?

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 14.12.2014

167

N38.02

Exo 4.4.¹¹ Extraction de caractéristiques

(analyse d'images – périmètre). 015.01.09

Estimation du **périmètre**:



```
00000000
00001110
00011101
00011100
00011000
00001010
00000100
00000000
```

A P = 16

B P = 13

C P = 23

D Autre valeur – à préciser

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 14.12.2014

168

Exo 4.4.¹¹ **Extraction de caractéristiques***(analyse d'images – périmètre)* 015.01.09Estimation du **périmètre**:**Corr****A P = 16****B P = 13****C P = 23****D Autre valeur – à préciser**

```

00000000
00001110
00011101
00011100
00011000
00001010
00000100
00000000

```

Exercices de Robotique et automatisation – partie 4, JDZ 05.01.2016

169

Exo 4.4.¹¹ **Extraction de caractéristiques***(analyse d'images – périmètre)* Corr. 015.01.09Estimation du **périmètre**:**A P = 16** **Non, pas de justification claire****B P = 13** **Oui, recommandé: S-N(pixels internes) : 15-2****C P = 23** **Non, même si possible, en estimant la longueur périphérique, mais non recommandé.****Pour un bord de lac par exemple, le périmètre tend vers l'infini si on augmente la « précision »/résolution****D Autre valeur – à préciser ?**

```

00000000
00001110
00011101
00011100
00011000
00001010
00000100
00000000

```

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 14.12.2014

170

N38.03

Exo 4.4.¹¹ Extraction de caractéristiques (analyse d'images – position), 015.01.09

Estimation de la position:



```
00000000
00001110
00011101
00011100
00011000
00001010
00000100
00000000
```

A $P_x, P_y = 4.5, 2.9$

B $P_x, P_y = 6, 4$

C $P_x, P_y = 5.5, 3.9$

D Autre valeur – à préciser

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 14.12.2014

171

N38.03

Exo 4.4.¹¹ Extraction de caractéristiques (analyse d'images – position), 015.01.09

Estimation de la position:

Corr



```
00000000
00001110
00011101
00011100
00011000
00001010
00000100
00000000
```

A $P_x, P_y = 4.5, 2.9$

B $P_x, P_y = 6, 4$

C $P_x, P_y = 5.5, 3.9$

D Autre valeur – à préciser

Exercices de Robotique et automatisation – partie 4, JDZ 05.01.2016

172

Exo 4.4.¹¹ Extraction de caractéristiques

(analyse d'images – position), Corr. 015.01.09

Estimation de la **position**:



```
00000000
00001110
00011101
00011100
00011000
00001010
00000100
00000000
```

A $P_x, P_y = 4.5, 2.9$ **Non, même si possible, sous certaines conditions**

B $P_x, P_y = 6, 4$ **Non, même si possible, en arrondissant (voir C)**

C $P_x, P_y = 5.5, 3.9$ **Oui, moyenne des coordonnées; recommandé: en commençant avec le premier pixel en « 1 »; calibration à faire éventuellement par ailleurs.**

D Autre valeur – à préciser ?

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 14.12.2014

173

Exo 4.4.¹¹ Extraction de caractéristiques

(analyse d'images – orientation), 015.01.09

Estimation de l'**orientation**; méthode la plus appropriée ? :



```
00000000
00001110
00011101
00011100
00011000
00001010
00000100
00000000
```

A $\alpha = 70^\circ$ (axe d'inertie minimale)

B $\alpha = -20^\circ$ (axe d'inertie maximale)

C $\alpha = 70^\circ$ (par codage polaire)

D $\alpha = 70^\circ$ (comparaison de courbure)

E $\alpha = 70^\circ$ (corrélation 1D- α ou 3D-xy α)

F Autre valeur – à préciser

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 14.12.2014

174

Exo 4.4.¹¹ Extraction de caractéristiques

(analyse d'images – orientation), 015.01.09 **Corr**

Estimation de l'**orientation**; méthode la plus appropriée ? :



```
00000000
00001110
00011101
00011100
00011000
00001010
00000100
00000000
```

A $\alpha = 70^\circ$ (axe d'inertie minimale)

B $\alpha = -20^\circ$ (axe d'inertie maximale)

C $\alpha = 70^\circ$ (par codage polaire)

D $\alpha = 70^\circ$ (comparaison de courbure)

E $\alpha = 70^\circ$ (corrélation 1D- α ou 3D-xy α)

F Autre valeur – à préciser

Exo 4.4.¹¹ Extraction de caractéristiques

(analyse d'images – orientation), Corr. 015.01.09

Estimation de l'**orientation**; méthode la plus appropriée ? :



```
00000000
00001110
00011101
00011100
00011000
00001010
00000100
00000000
```

A $\alpha = 70^\circ$ (axe d'inertie minimale) **Oui, recommandé.**

B $\alpha = -20^\circ$ (axe d'inertie maximale) **Non, même si en principe similaire à A**

C $\alpha = 70^\circ$ (par codage polaire) **Non, même si en principe possible; inutilement compliqué?**

D $\alpha = 70^\circ$ (comparaison de courbure) **Non, même si en principe possible; inutilement compliqué? Approprié pour contours**

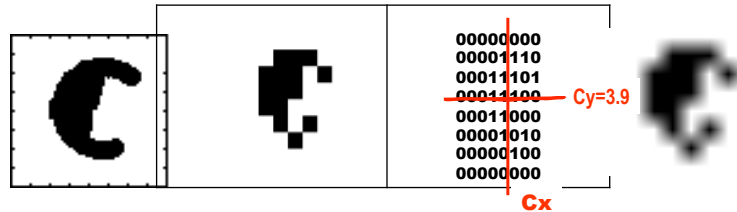
E $\alpha = 70^\circ$ (corrélation 1D- α ou 3D-xy α) **Non, même si en principe possible; inutilement compliqué? Envisageable pour formes invariantes, sinon en rotation dans le plan ou en translation dans le plan**

F Autre valeur – à préciser ?

Exo 4.4.¹¹ Extraction de caractéristiques

(analyse d'images). **Corr** 010.01.05, 011.01.11., 011.05.19, 012.01.17, 013.01.14, 015.01.09

Soit un objet perçu par une caméra, et dont l'image est représentée ci-dessus. Estimer dans ce cas la surface, le périmètre, ainsi que, dans le plan de l'image, la position et l'orientation de l'objet vu.



<p>Surface=15 périmètre=13 Cx= (5+6+7+4+5+6+8+4+5+6+4+5+5+7+6)/15= 5.5 Cy similaire = 3.9</p>	<p>Orientation: ellipse d'inertie avec axe principal à environ 70 degrés</p>	<p>L'ambiguïté de 180 degrés se lève avec un point de contrôle (X)</p>
--	---	--

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

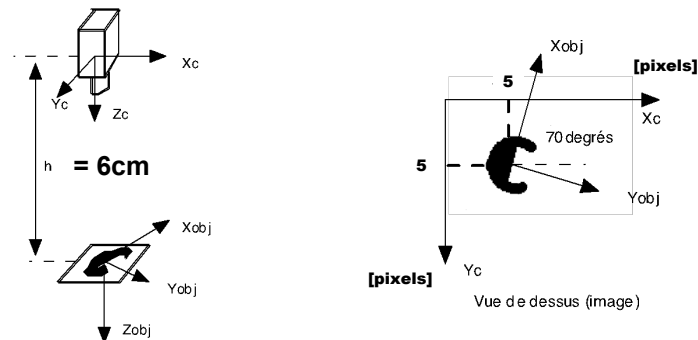
177

Exo 4.4.^{12b} Passage de pixels en coordonnées spatiales

(analyse d'images). 008.05.06, 010.01.05., 011.05.19, 012.01.17, 014.01.13, 014.05.26

Soit un objet perçu par une caméra, et dont l'image est représentée ci-dessous.

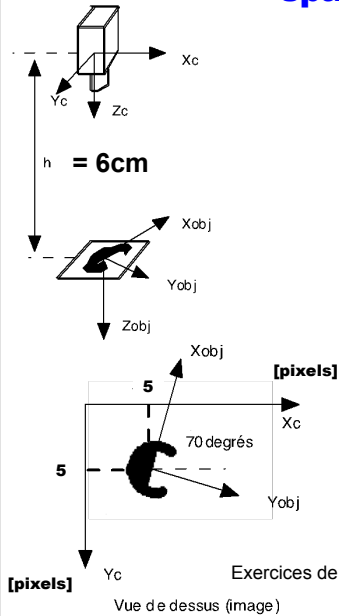
Estimer dans ce cas la position de l'objet perçu par rapport au repère de la caméra, $T_{\text{caméra}}^{\text{objet}}$, en supposant qu'une procédure de calibration a fourni la distance entre objectif et scène, ainsi que le rapport entre distance sur la scène et distance en pixel. Soit une hauteur de la caméra de $h=6$ cm au-dessus du champ de vue, le rapport pixel/mm=1., et nous avons pour C_x 5 pixels et C_y 5 pixels également.



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

178

Exo 4.4.^{12b} Passage de pixels en coordonnées spatiales (analyse d'images). 014.... N38b.01



A $T_{caméra}^{objet} = \begin{pmatrix} C(70^\circ) & -S(70^\circ) & 0 & 0.5 \\ S(70^\circ) & C(70^\circ) & 0 & 0.5 \\ 0 & 0 & 1 & 6 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

B $T_{caméra}^{objet} = \begin{pmatrix} C(-70^\circ) & -S(-70^\circ) & 0 & 0.5 \\ S(-70^\circ) & C(-70^\circ) & 0 & 0.5 \\ 0 & 0 & 1 & 6 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

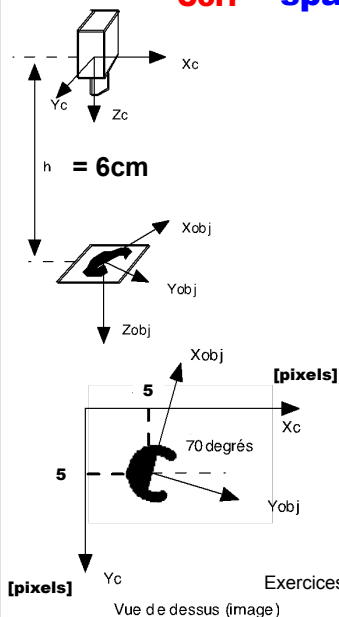
C $T_{caméra}^{objet} = \begin{pmatrix} C(-70^\circ) & -S(-70^\circ) & 0 & 0.5 \\ S(-70^\circ) & C(-70^\circ) & 0 & 0.5 \\ 0 & 0 & 1 & -6 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

D $T_{caméra}^{objet} = \begin{pmatrix} C(-70^\circ) & -S(-70^\circ) & 0 & 0.5 \sin(-70^\circ) \\ S(-70^\circ) & C(-70^\circ) & 0 & 0.5 \cos(-70^\circ) \\ 0 & 0 & 1 & -6 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 14.12.2014

179

Exo 4.4.^{12b} Passage de pixels en coordonnées spatiales (analyse d'images). 014.... N38b.01



A $T_{caméra}^{objet} = \begin{pmatrix} C(70^\circ) & -S(70^\circ) & 0 & 0.5 \\ S(70^\circ) & C(70^\circ) & 0 & 0.5 \\ 0 & 0 & 1 & 6 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

B $T_{caméra}^{objet} = \begin{pmatrix} C(-70^\circ) & -S(-70^\circ) & 0 & 0.5 \\ S(-70^\circ) & C(-70^\circ) & 0 & 0.5 \\ 0 & 0 & 1 & 6 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

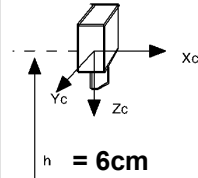
C $T_{caméra}^{objet} = \begin{pmatrix} C(-70^\circ) & -S(-70^\circ) & 0 & 0.5 \\ S(-70^\circ) & C(-70^\circ) & 0 & 0.5 \\ 0 & 0 & 1 & -6 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

D $T_{caméra}^{objet} = \begin{pmatrix} C(-70^\circ) & -S(-70^\circ) & 0 & 0.5 \sin(-70^\circ) \\ S(-70^\circ) & C(-70^\circ) & 0 & 0.5 \cos(-70^\circ) \\ 0 & 0 & 1 & -6 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

Exercices de Robotique et automatisation – partie 4, JDZ 05.01.2016

180

Exo 4.4.^{12b} Passage de pixels en coordonnées spatiales (analyse d'images). Corr 015 N38b.01



A

$$T_{caméra}^{objet} = \begin{pmatrix} C(70^\circ) & -S(70^\circ) & 0 & 0.5 \\ S(70^\circ) & C(70^\circ) & 0 & 0.5 \\ 0 & 0 & 1 & 6 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Non, car Zobj vers le bas

B

$$T_{caméra}^{objet} = \begin{pmatrix} C(-70^\circ) & -S(-70^\circ) & 0 & 0.5 \\ S(-70^\circ) & C(-70^\circ) & 0 & 0.5 \\ 0 & 0 & 1 & 6 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Oui, réponse correcte

C

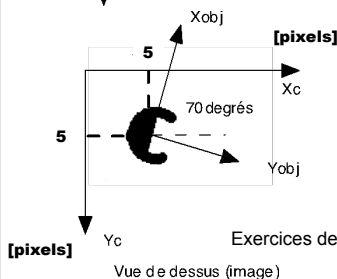
$$T_{caméra}^{objet} = \begin{pmatrix} C(-70^\circ) & -S(-70^\circ) & 0 & 0.5 \\ S(-70^\circ) & C(-70^\circ) & 0 & 0.5 \\ 0 & 0 & 1 & -6 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Non, car Zc vers le bas

D

$$T_{caméra}^{objet} = \begin{pmatrix} C(-70^\circ) & -S(-70^\circ) & 0 & 0.5\sin(-70^\circ) \\ S(-70^\circ) & C(-70^\circ) & 0 & 0.5\cos(-70^\circ) \\ 0 & 0 & 1 & -6 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Non, erreurs multiples



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 14.12.2014

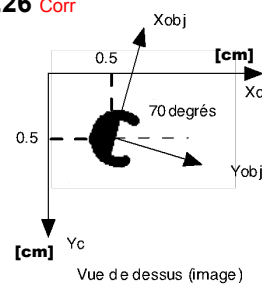
181

Exo 4.4.¹² Passage de pixels en coordonnées spatiales (analyse d'images). 008.05.06., 010.01.05 , 011.01.11, 012.01.17 , 014.05.26 Corr

Cas simple: scène plane, axe caméra normal.
Les 5 pixels de translation
correspondent à 0.5 cm dans
le plan XY.
Par ailleurs nous avons 5cm en Z

Dès lors nous avons la matrice:

$$T_{caméra}^{objet} = \begin{pmatrix} C(-70^\circ) & -S(-70^\circ) & 0 & 0.5 \\ S(-70^\circ) & C(-70^\circ) & 0 & 0.5 \\ 0 & 0 & 1 & 6 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 14.12.2014

182

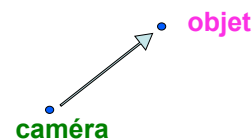
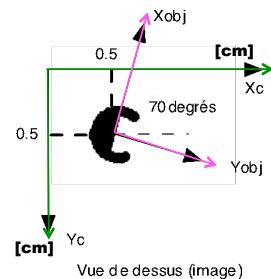
Exo 4.4.¹² Passage de pixels en coordonnées

spatiales (analyse d'images). 008.05.06., 010.01.05 ,
011.01.11 , 012.01.17 **Corr**

**Les 5 pixels de translation
correspondent à 0.5 cm dans
le plan XY.
Par ailleurs nous avons 5cm en Z**

Dès lors nous avons la matrice:

$$T_{\text{caméra}}^{\text{objet}} = \begin{matrix} \text{Xc} \\ \text{Yc} \\ \text{Zc} \end{matrix} \begin{pmatrix} C(-70^\circ) & -S(-70^\circ) & 0 & 0.5 \\ S(-70^\circ) & C(-70^\circ) & 0 & 0.5 \\ 0 & 0 & 1 & 6 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{matrix} \text{Xobj} \\ \text{Yobj} \\ \text{Zobj} \\ \text{Pobj} \end{matrix}$$

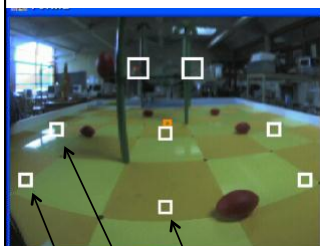


Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

183

Exo 4.4.¹²

Passage de pixels en coordonnées spatiales (analyse d'images – position d'une balle). 014.... **(N38c)**



ColTopLeftPix	9	30
ColTopLeftCm	-75	90
ColLowLeftPix	4	45
ColLowLeftCm	-45	33
MilieuLig	40	50

Soit une balle style rugby perçue par une caméra, et dont l'image est représentée ci-contre (en bas à droite).

Estimer dans ce cas la position de l'objet perçu par rapport au repère de la caméra, $T_{\text{caméra}}^{\text{objet}}$, en supposant qu'une procédure de calibration a fourni les paramètres ci-contre.

Hypothèses: 30 cm par carré; plan de la caméra horizontal (raisonnement dans le plan de jeu); x vaut 0 au milieu de l'image; y vaut 0 sous la caméra.

(Les coordonnées peuvent éventuellement, ensuite, se combiner avec les positions relatives de la caméra au robot et du robot au repère absolu – la table de jeu)

P0RobotX	P0RobotY	P0RobotZ
P0RobotX	P0RobotY	P0RobotZ

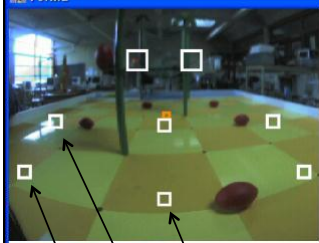
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 14.12.2014

184

Exo 4.4.¹²

Passage de pixels en coordonnées spatiales (analyse d'images -- position d'une balle). 014....

N38c.01



ColTopLeftPix	9	30
ColTopLeftCm	-75	90
ColLowLeftPix	4	45
ColLowLeftCm	-45	33
Go		
MilieuLig	40	50

A Px: 16 pixels ; Py: 33 pixels .

B Px: 16 cm ; Py: 33 cm .

C Px: 121 cm ; Py: 63 cm.

D Px: 33 cm ; Py: -16 cm .

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 14.12.2014

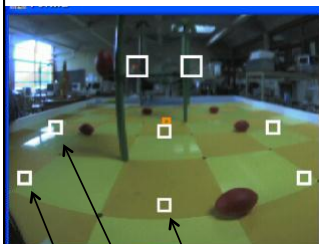
185

Exo 4.4.¹²

Passage de pixels en coordonnées spatiales (analyse d'images -- position d'une balle). 014....

N38c.01

Corr



ColTopLeftPix	9	30
ColTopLeftCm	-75	90
ColLowLeftPix	4	45
ColLowLeftCm	-45	33
Go		
MilieuLig	40	50

A Px: 16 pixels ; Py: 33 pixels .

B Px: 16 cm ; Py: 33 cm .

C Px: 121 cm ; Py: 63 cm.

D Px: 33 cm ; Py: -16 cm .

Exercices de Robotique et automatisation -- partie 4, JDZ 05.01.2016

186

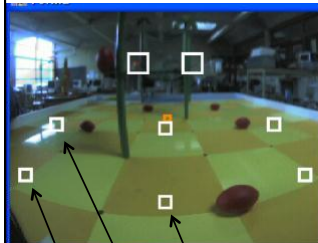
Exo 4.4.¹²

spatiales (analyse d'images – position d'une balle).

Passage de pixels en coordonnées

Corr 015.

N38c.01



ColTopLeftPix	9	30
ColTopLeftCm	-75	90
ColLowLeftPix	4	45
ColLowLeftCm	-45	33
Go		
MilieuLig	40	50

- A Px: 16 pixels ; Py: 33 pixels Non, unités fausses**
B Px: 16 cm ; Py: 33 cm . Oui, rép. correcte (interpolation entre points calibrés)
C Px: 121 cm ; Py: 63 cm. Non, position incorrecte
D Px: 33 cm ; Py: -16 cm Non, position incorrecte

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 14.12.2014

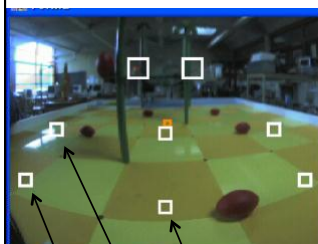
187

Exo 4.4.¹²

spatiales (analyse d'images – orientation quelconque). **Corr.** 014....

Passage de pixels en coordonnées

**Par observation de la scène et des paramètres:
PColonne: 58 PLigne: 49**



ColTopLeftPix	9	30
ColTopLeftCm	-75	90
ColLowLeftPix	4	45
ColLowLeftCm	-45	33
Go		
MilieuLig	40	50

```

-57 DiffLigneLeftCM=LigneLowLeftCM-LigneTopLeftCM;
15 DiffLigneLeftPixel=LigneLowLeftPixel-LigneTopLeftPixel;
3.8 FactPixelACMSide=DiffLigneLeftCM/DiffLigneLeftPixel;

20 DiffLigneCenterPixel=MilieuLigneL-LigneTopLeftPixel;
2.85 FactPixelACMCenter=float(DiffLigneLeftPixel)/DiffLigneCenterPixel
    * FactPixelACMSide;

36 DiffColonneLowPixel=MilieuLigneC-ColLowLeftPixel;
31 DiffColonneTopPixel=MilieuLigneC-ColTopLeftPixel;
2.4193 FactPixelACMTop=float(ColTopLeftCM)/DiffColonneTopPixel;
1.25 FactPixelACMLow=float(ColLowLeftCM)/DiffColonneLowPixel;

18 diffXPixel=pColonneTemp-MilieuLigneC;
18 diffXabsPixel=abs(diffXPixel);
19 diffYPixel=pLigneTemp-LigneTopLeftPixel;

-3.325 FactPixelACMY=-(FactPixelACMCenter+(FactPixelACMSide-FactPixelACMCenter)*
    (diffXabsPixel/DiffColonneLowPixel));
26.825 PCameraTempY=LigneTopLeftCM + FactPixelACMY * diffYPixel;

0.93817 FactPixelACMX=FactPixelACMTop+(FactPixelACMLow-FactPixelACMTop)*
    diffYPixel/DiffLigneLeftPixel;
16.887 PCameraTempX=(pColonneTemp-MilieuLigneC)* FactPixelACMX;
    
```

Py: 27 cm
Px: 17 cm

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 14.12.2014

188

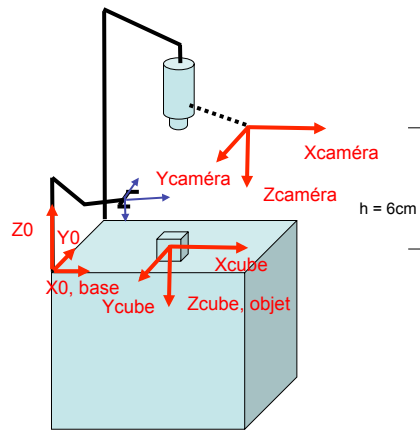
Exo 4.4. Passage des coordonnées caméra au coordonnées d'atelier

008.05.06, 010.01.05, 011.01.11.

Considérons la prise d'un cube placé sous une caméra:

Quelle est finalement la position du cube par rapport à la base? Donner le principe de la solution.

(Application numérique: la table mesure 5 cm de côté)



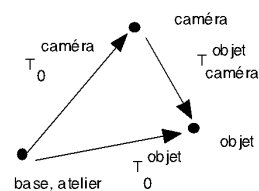
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

189

Exo 4.4. Passage des coordonnées caméra au coordonnées d'atelier (analyse d'images).

008.05.06, 010.01.05, 011.01.11 CORR

On peut trouver la solution avec un graphe des transformations tel que celui-ci:



$$T_0^{caméra} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 2.5 \\ 0 & -1 & 0 & 2.5 \\ 0 & 0 & -1 & 6 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$T_{base}^{cube} = T_0^{caméra} \cdot T_{caméra}^{cube}$$

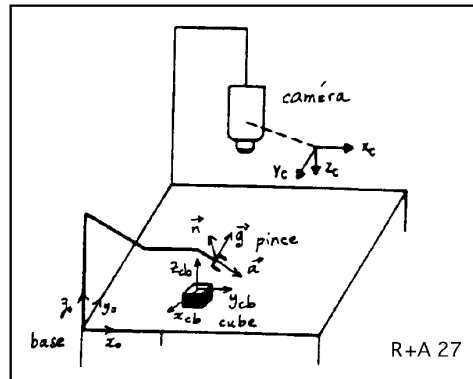
$$T_{caméra}^{cube} = \begin{pmatrix} C(\alpha) & -S(\alpha) & 0 & x \\ S(\alpha) & C(\alpha) & 0 & y \\ 0 & 0 & 1 & h \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

190

4.4.13 Prise d'un cube perçu visuellement

Considérons la prise d'un cube placé sous une caméra:



Quelle est finalement la position du cube par rapport à la base? Donner le principe de la solution.

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

191

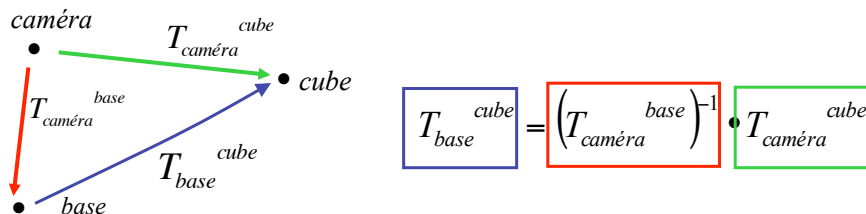
4.4.13 Prise d'un cube perçu visuellement

Corr

Un système d'analyse d'images peut assez facilement connaître la position du cube par rapport à la caméra, $T_{caméra}^{cube}$. En fait, une fois certaines conventions adoptées (orientation des axes z_{cb} et z_c), et la focale de la caméra fixée (ce qui correspond à la distance entre caméra et plan de travail), il ne demeure plus à estimer que trois paramètres variables: la position du cube selon x_c et y_c , et sa rotation dans le plan perpendiculaire à z_c .

Quant à la position de la base du robot par rapport à la caméra, $T_{caméra}^{base}$, elle peut être calibrée aussitôt que la caméra est fixée sur son support (on considère qu'elle ne bouge plus par la suite)

Sur cette base, la position du cube par rapport à la base peut s'estimer.

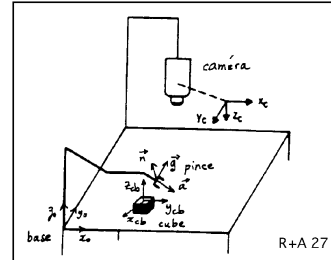


Le détail de ces opérations fait l'objet d'exercices séparés.

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

192

15A. Quelle est la position du cube dans le référentiel de base?



En observant la fig. ci-dessus, on peut s'assurer que les matrices suivantes sont plausibles:

$$T_{caméra}^{cube} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 10 \\ 0 & 0 & -1 & 9 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$T_{caméra}^{base} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & -10 \\ 0 & -1 & 0 & 20 \\ 0 & 0 & -1 & 10 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

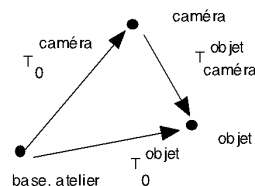
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

193

15A. Quelle est la position du cube dans le référentiel de base?

corr

On peut trouver la solution avec un graphe des transformations tel que celui-ci:



$$T_{base}^{cube} = \left(T_{caméra}^{base}\right)^{-1} \cdot T_{caméra}^{cube}$$

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

194

4.4. 15B Analyse de scènes - position...

Quelle est l'orientation (sous-matrice de rotation) que doit avoir la pince, si l'on veut prendre le cube depuis dessus, avec la pince alignée en ycb ($g = ycb$)?

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

195

16. Compression d'images. Codez l'image ci-dessus de la façon la plus "courte" possible (compression). Expliquez votre solution.

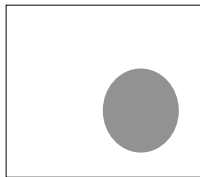
	0	0	1	0	0	0
	1	0	1	1	1	0
	0	1	1	1	1	1
	0	0	1	1	1	0
Fig.	0	0	0	0	0	0

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

196

4.4. 17 Extraction de bords

Considérons l'image à haute résolution ci-dessous. Qu'obtient-on avec un seul filtre de Roberts ($I_r := \text{abs}(R_x)$)? Esquisser l'image résultante.



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

197

4.4. 18 Extraction de caractéristiques (analyse d'images)

005.11.29? 006.12.21, 007.05.29 , 014.05.26

Soit un objet perçu par une caméra, et dont l'image est représentée ci-dessous. Estimez-en la surface, le périmètre, la position et l'orientation.

0	0	1	0	0	0
1	0	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1
0	0	1	1	1	0
0	0	0	0	0	0

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

198

4.4. 18 Extraction de caractéristiques (analyse d'images). **Corr 1 de 2**

005.11.29? 007.05.29, 014.05.26

	1	2	3	4	5	6
1	0	0	1	0	0	0
2	1	0	1	1	1	0
3	0	1	1	1	1	1
4	0	0	1	1	1	0
5	0	0	0	0	0	0

Surface: 13

Périmètre: 10 (cf. voisin-s dans fond)

Dans le plan de l'image, la position:

$$P_x = (1+2+4*3+3*4+3*5+6)/13 = 48/13 = 3.7$$

$$P_y = (1+4*2+5*3+3*4)/13 = 36/13 = 2.7$$

Orientation : axe d'inertie minimal à 140°

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

199

4.4.18 Analyse de scènes

Corr 2 de 2

007.05.29

- 1: cercle ou ellipse?**
 - Si cercle: méthode inadéquate
 - Si ellipse:
2: symétrie à 180 degrés?
 -Si symétrie à 180 degrés:OK
 -Si non-symétrique: test
 additionnel, ponctuel, requis,
 pour lever l'ambiguïté

1 2 3 4 5 6

	1	2	3	4	5	6
1	0	0	1	0	0	0
2	1	0	1	1	1	0
3	0	1	1	1	1	1
4	0	0	1	1	1	0
5	0	0	0	0	0	0

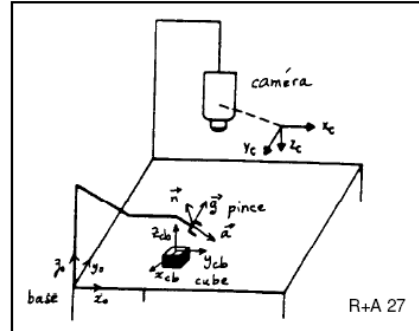
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

200

4.4.18b Analyse de scènes - position...

007.02.01

Problème: $T_{caméra}^{cube} = ?$

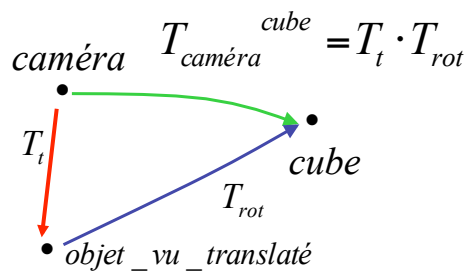


Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

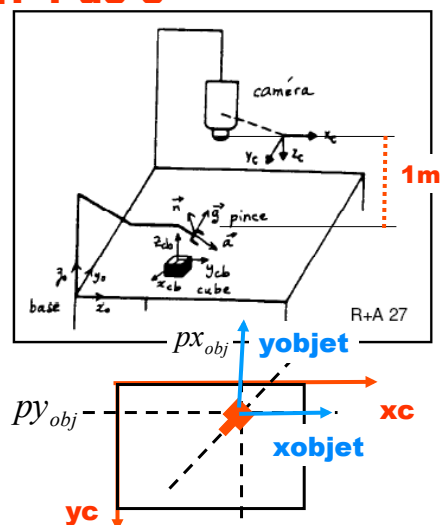
201

4.4. 18b Analyse de scènes - position...

007.02.01 **Corr 1 de 3**



$$T_{caméra}^{objet} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & px_{obj} \\ 0 & -1 & 0 & py_{obj} \\ 0 & 0 & -1 & 1m \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

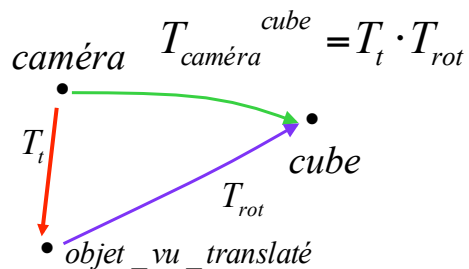


Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

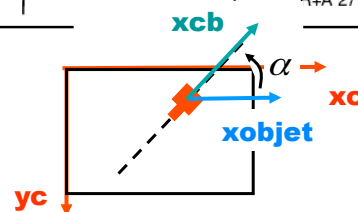
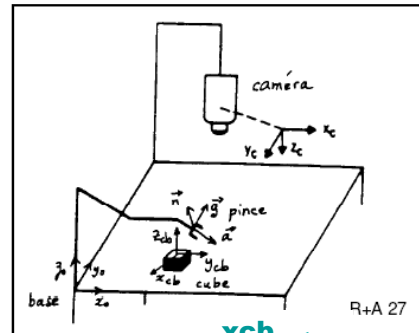
202

4.4. 18b Analyse de scènes - position...

007.02.01 **Corr 2 de 3**



$$T_{objet}^{cube} = \begin{pmatrix} C_\alpha & -S_\alpha & 0 & 0 \\ S_\alpha & C_\alpha & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

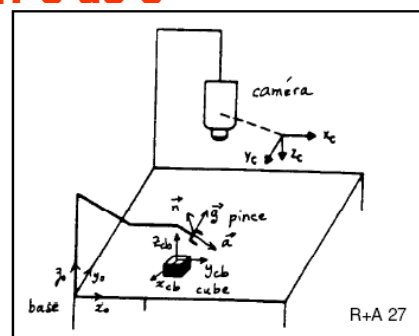
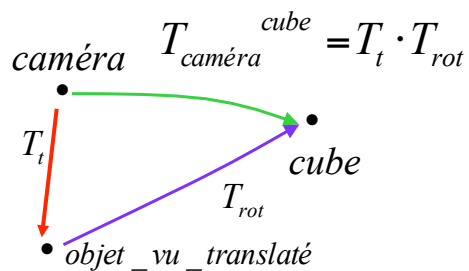


Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

203

4.4.18b Analyse de scènes - position...

007.02.01 **Corr 3 de 3**



$$T_{caméra}^{cube} = T_{caméra}^{objet} \cdot T_{objet}^{cube}$$

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

204

4.4. 19 Transformée en cosinus (traitement 2D)

Soit la région d'une image suivante:

$$x(k,l) = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 & 0 \\ 1 & 1 & 2 & 0 \\ 2 & 2 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Que vaut sa transformée en cosinus?

$$X(m,n) = \begin{pmatrix} . & . & . \\ . & . & . \\ . & . & . \\ . & . & . \end{pmatrix}$$

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

205

4.4. 19 Transformée en cosinus (traitement 2D) **corr (principe)**

$$x(k,l) = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 & 0 \\ 1 & 1 & 2 & 0 \\ 2 & 2 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad \text{La transformée en cosinus 2D d'une image } x(k,l) \text{ est donnée par l'équation suivante:}$$

$$X(m,n) = \frac{4C(m)C(n)}{N^2} \sum_{k=0}^{N-1} \sum_{l=0}^{N-1} x(k,l) \cos \frac{(2k+1)m\pi}{2N} \cos \frac{(2l+1)n\pi}{2N}$$

où $m, n = 0, \dots, N-1$, et les coefficients $C(m)$, $C(n)$ valent 1 (sauf si m ou $n = 0$, auquel cas ils valent $1/\sqrt{2}$).

La transformée inverse est donnée par l'équation suivante:

$$x(k,l) = \sum_{m=0}^{N-1} \sum_{n=0}^{N-1} C(m)C(n)X(m,n) \cos \frac{(2k+1)m\pi}{2N} \cos \frac{(2l+1)n\pi}{2N}$$

$$X(m,n) = \begin{pmatrix} . & . & . \\ . & . & . \\ . & . & . \end{pmatrix}$$

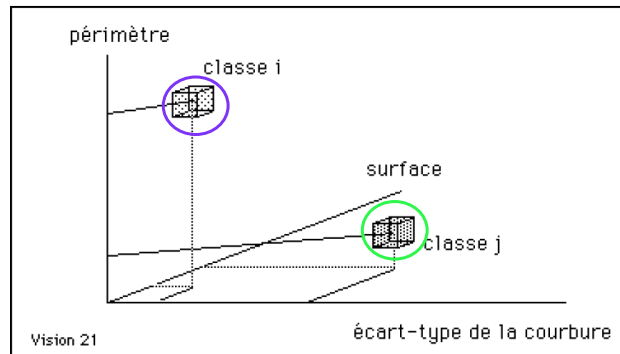
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

206

Ex. 4.4... Reconnaissance des formes N39

007.02.09 , 008.01.22, 008.05.06, 009.01.13, 010.01.19 011.01.11, 011.05.19 , 015.01.09

Esquisser un objet dont la forme pourrait correspondre aux classes i et j respectivement, présentés dans .l' espace des caractéristiques ci-dessous.



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

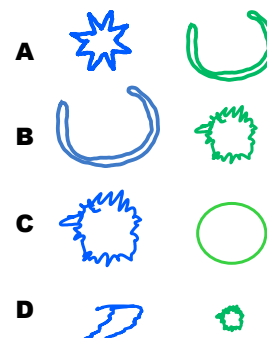
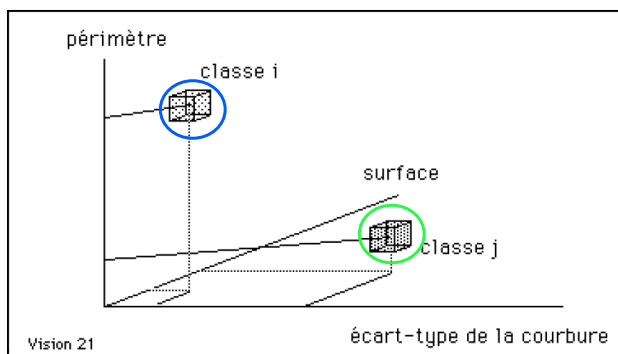
207

Ex. 4.4... Reconnaissance des formes

007.02.09 , 008.01.22, 008.05.06, 009.01.13, 010.01.19 011.01.11 , 011.05.19 , 015.01.09

N39.01

Esquisser un objet dont la forme pourrait correspondre aux classes i et j respectivement, présentés dans .l' espace des caractéristiques ci-dessous.



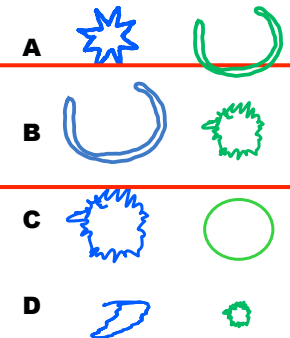
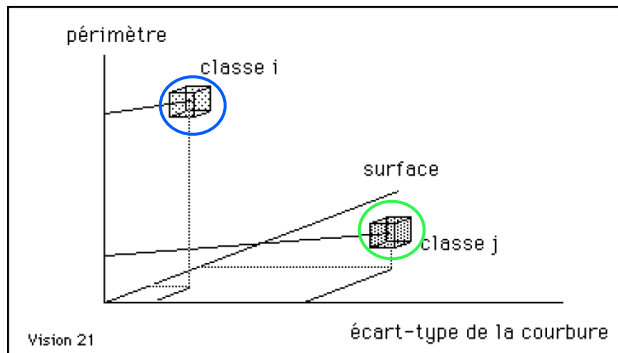
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

208

Ex. 4.4... Reconnaissance des formes

Corr. 007.02.09 , 008.01.22, 008.05.06, 009.01.13, 010.01.19 011.01.11, 011.05.19 **N39.01**

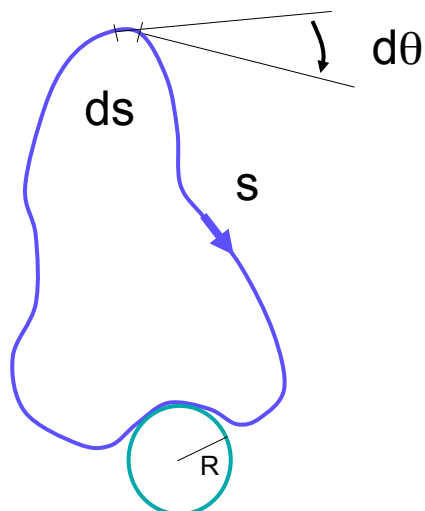
Esquisser un objet dont la forme pourrait correspondre aux classes i et j respectivement, présentés dans l'espace des caractéristiques ci-dessous.



Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

209

Courbure (K)



$$K = \frac{d\theta}{ds}$$

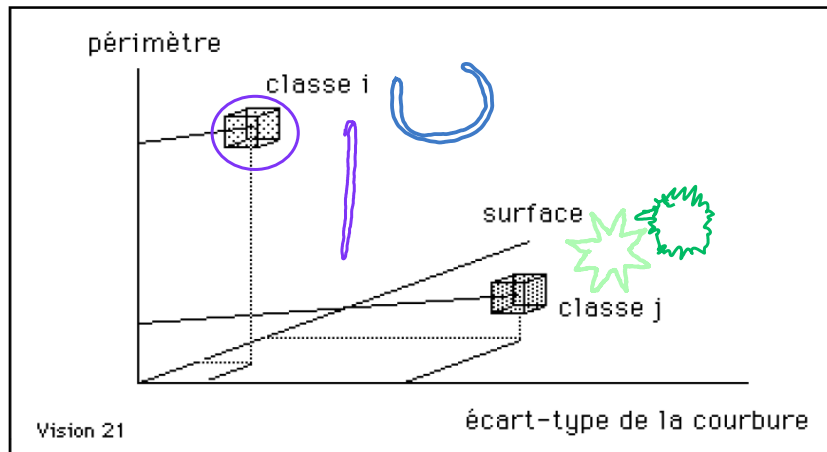
$$K = \frac{1}{R}$$

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

210

Ex. 4.4... Reconnaissance des formes

Corrigé 007.02.09 , 008.01.22, 008.05.06, 009.01.09, 010.01.19, 011.01.17 , 011.05.19



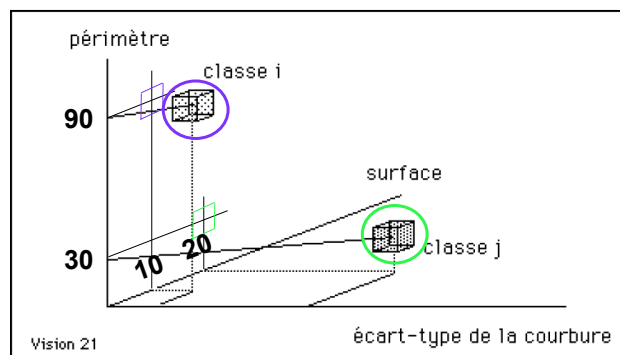
Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

211

Ex. 4.4... Reconnaissance des formes

007.02.09, 008.01.22

Soit un objet de périmètre 40 et de surface 50.
 Reporter l'objet dans l'espace des caractéristiques, plus particulièrement dans le plan OPérimètreSurface.
 L'objet est-il de type i ? Ou j ?

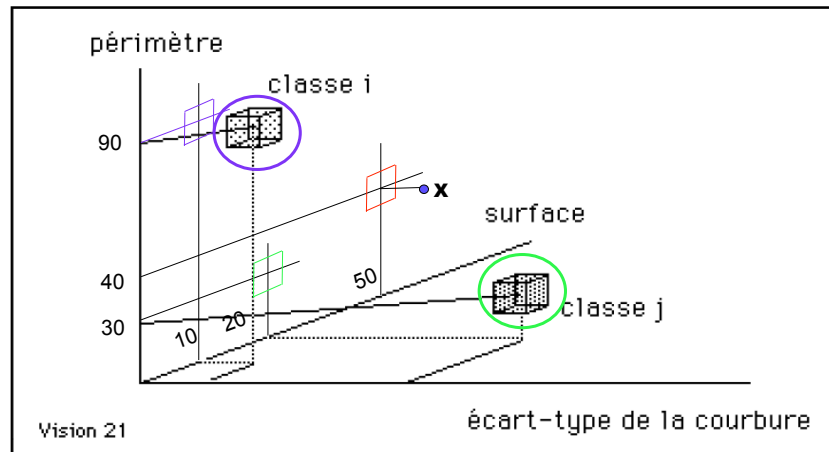


Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

212

Ex. 4.4... Reconnaissance des formes

007.02.09 **Corrigé**



L'objet est inconnu.

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

213

Exo 4.4... Reconnaissance des formes

006.02.04b, 009.01.13, 010.01.19

Représenter les couleurs rouge, vert, jaune, noir et blanc dans un espace des caractéristiques de dimension 3, correspondant au codage habituel en télévision (synthèse additive)

Exercices de Robotique et automatisation, JDZ 09.04.2009

214

Exo 4.4... 006.02.04b, 009.01.13, 010.01.19 **corrigé**

