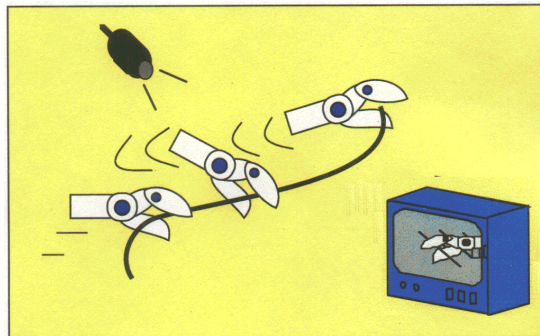


Vision par ordinateur – Acquisition d'images

(Partie 4.4. point 1 et 2 du cours. Et manipulation No 9)



HESSO-HEIG-VD,
J.-D. Dessimoz,
17 décembre 2016



HAUTE ÉCOLE
D'INGÉNIERIE ET DE GESTION
DU CANTON DE VAUD
www.heig-vd.ch



Hes·so
Haute Ecole Spécialisée
de Suisse occidentale

Vision par ordinateur

- | | | |
|------|---|----|
| • 1 | Introduction | 1 |
| • 2 | Acquisition d'images | 5 |
| • 3 | Traitement bidimensionnel d'images | 27 |
| • 4 | Analyse de scènes | 48 |
| • 5 | Particularités de la vision pour robots | 68 |
| • 6 | Exemples d'application | |
| • 7. | Conclusion | |

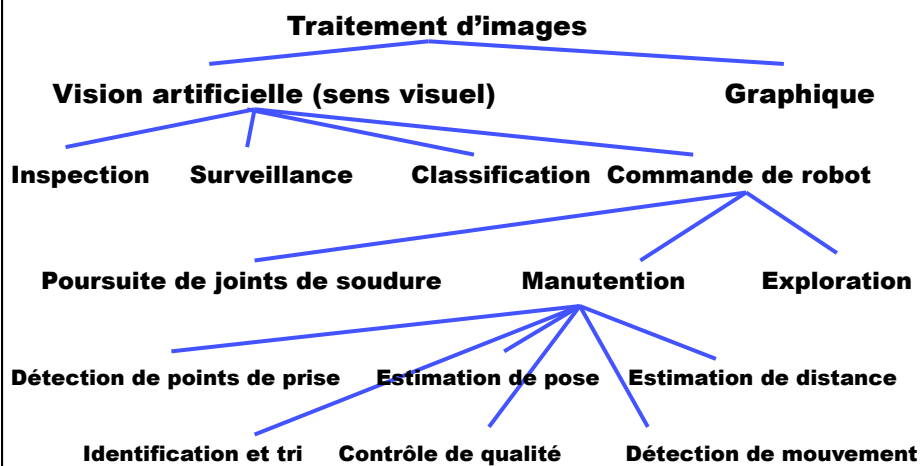
1 Introduction

- Analyse non synthèse
- Lumière-support, comme le papier ou la microélectronique
- Nécessité de fixer l'attention sur un objectif précis (application)
- Trois volets
 - Acquisition d'images
 - Traitements 2D->2D
 - Analyse de scène

Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

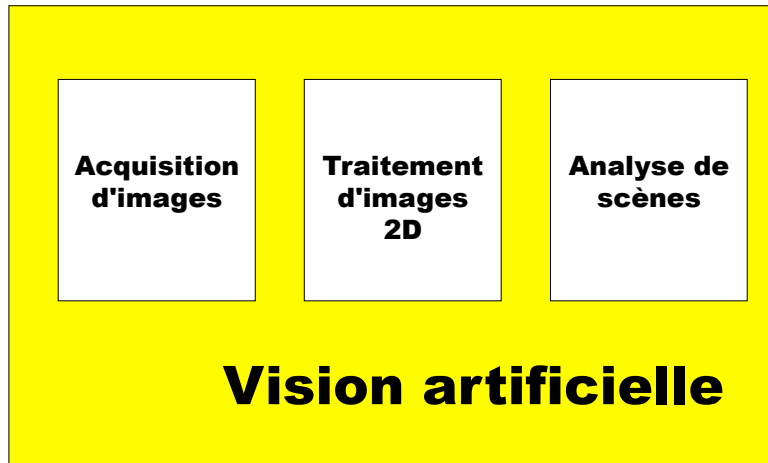
3

Domaines voisins de la vision artificielle



Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

4



Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

5

1 Etat de la technique en vision artificielle

Domaine	Limites actuelles majeures	Facteurs d'amélioration	Importance relative
Acquisition d'images	Diversité des applications	Savoir-faire de l'utilisateur	50%
Traitement 2D	Travail très local Grand nombre d'opérations	Circuits spécialisés, traitement sélectif	10%
Analyse de scène	Complexité des algorithmes Diversité des applications (bis)	Meilleurs algorithmes, (processeurs plus rapides??)	50%

Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

6

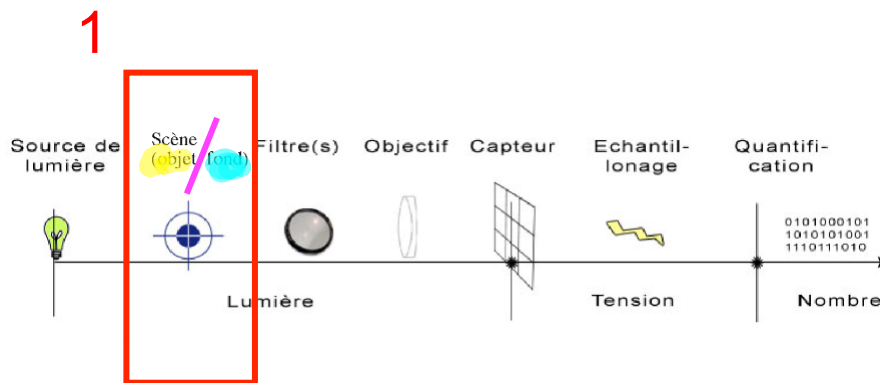
Vision par ordinateur

- 1 Introduction 1
- 2 Acquisition d'images 5
- 3 Traitement bidimensionnel d'images 27
- 4 Analyse de scènes 48
- 5 Particularités de la vision pour robots 68
- 6 Exemples d'application
- 7 Conclusion

En bref: Marche à suivre pour acquérir une image (voir aussi 2.13) (1 de 3)

- Identifier les grandeurs discriminantes (signal-bruit) de nature physique librement identifiée (imagination!)
- Reporter cette grandeur dans le domaine lumineux
- Estimer les quantités d'information à acquérir (cf. étendue et résolution)
- Définir en conséquence tous les éléments de la chaîne d'acquisition

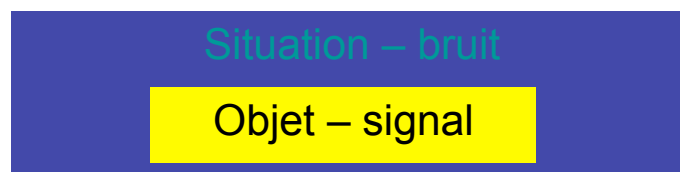
En bref: Marche à suivre pour acquérir une image (voir aussi 2.13) (2 de 3)



Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

9

En bref: Marche à suivre pour acquérir une image (voir aussi 2.13) (3 de 3)



2 Engineering: grandeur(s)
physique(s) discriminante(s)

3 Engineering: passage à la
« lumière »

Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

10

Exemple: Niveau d'eau dans une bouteille?



Robotique et automatisation, JDD/JDZ 18.12.2013

11

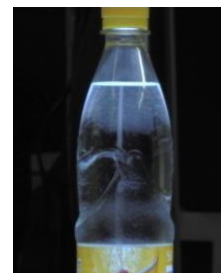
Exemple: Niveau d'eau dans une bouteille?

1-Acquisition d' Images

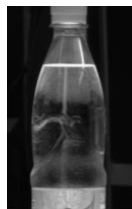


Capillarité! =>

**éclairage depuis
dessous pour
réflexion dans la
zone montante de
l'interface eau-air**



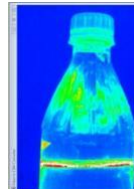
anisotropie signal-bruit => lentille cylindrique:



Intensité lumineuse



Flou horizontal



Pseudo-couleurs



seuillage

Robotique et automatisation, JDD/JDZ 18.12.2013

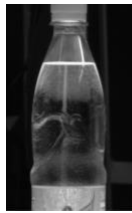
12

Exemple: Niveau d'eau dans une bouteille?

2-Traitement 2D

(réalisation numérique, si non intégré à la phase d'acquisition ou à celle d'analyse de scènes)

anisotropie signal-bruit =>
moyennage horizontal:



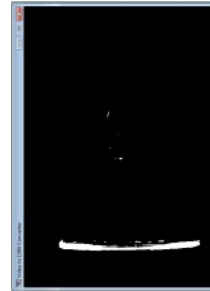
Intensité lumineuse



Flou horizontal



Pseudo-couleurs
(pour analyse et réglages)



seuillage
(pour la production)

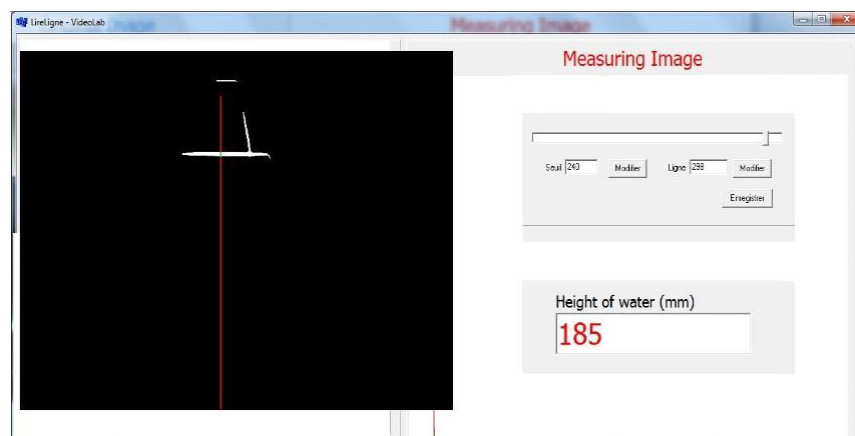
Robotique et automatisation, JDD/JDZ 18.12.2013

13

Exemple: Niveau d'eau dans une bouteille?

3-Analyse de scène

lecture d'une colonne et affichage du
résultat (cf. vidéo!)



Robotique et automatisation, JDD/JDZ 18.12.2013

14

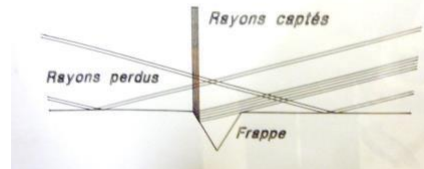
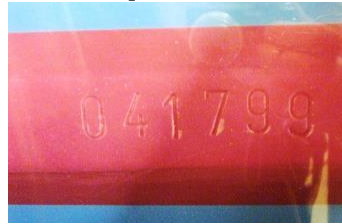
Exemple: Niveau d'eau dans une bouteille?



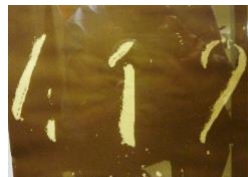
Exemple: timbreuse enclenchée? (1 de 2)



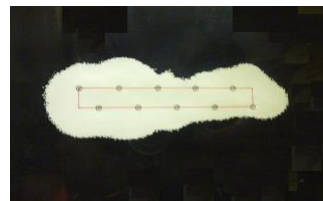
Exemple: timbreuse enclenchée? (2 de 2)



Crayon noir



Crayon blanc



Robotique et automatisation, JDD/JDZ 18.12.2013

17

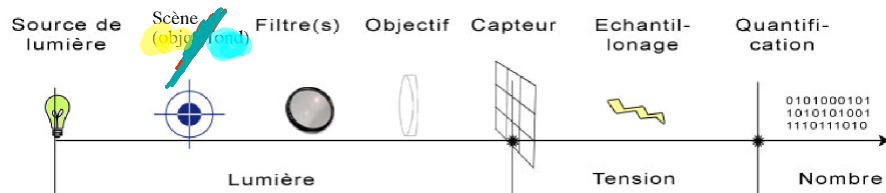
• 2 Acquisition d'images

- 2.1 De l'émission d'un rayon à sa représentation en mémoire 6
- 2.2 Sources de lumière 6
- 2.3 Objets 8
- 2.4 Milieu de transmission 9
- 2.5 Prismes anti-bougé 10
- 2.6 Filtres 10
- 2.7 Objectif 11
- 2.8 Capteurs 13
- 2.9 Échantillonnage 17
- 2.10 Quantification 19
- 2.11 Exemple de numérisation d'image 20
- 2.12 Composition des couleurs 21
- 2.13 Marche à suivre pour acquérir une image 25

Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

18

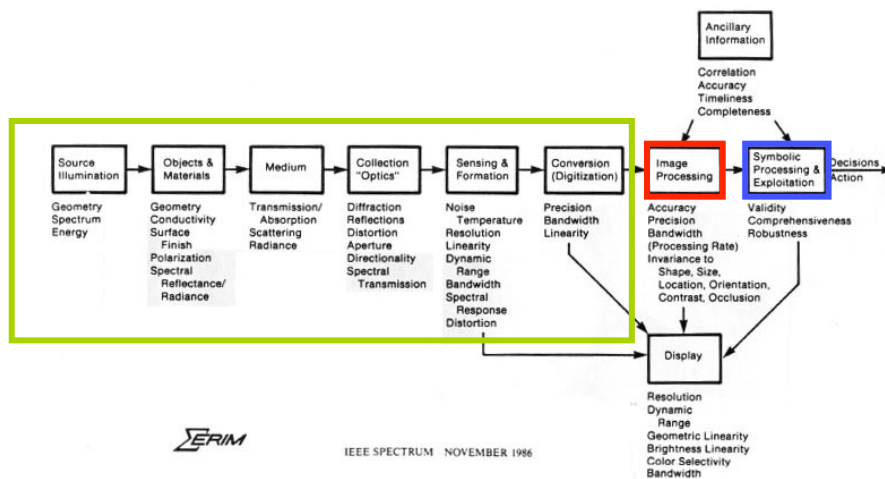
2.1 De l'émission d'un rayon à sa représentation en mémoire



Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009, 2013

19

2.1 De l'émission d'un rayon à sa représentation en mémoire



SEIRIM

IEEE SPECTRUM NOVEMBER 1986

Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

20

• 2 Acquisition d'images	
• 2.1 De l'émission d'un rayon à sa représentation en mémoire	6
• 2.2 Sources de lumière	6
• 2.3 Objets	8
• 2.4 Milieu de transmission	9
• 2.5 Prismes anti-bougé	10
• 2.6 Filtres	10
• 2.7 Objectif	11
• 2.8 Capteurs	13
• 2.9 Échantillonnage	17
• 2.10 Quantification	19
• 2.11 Exemple de numérisation d'image	20
• 2.12 Composition des couleurs	21
• 2.13 Marche à suivre pour acquérir une image	25

2.3 Objets

- Réflectance
- État de surface
- Couleur
- Température
- Orientation
- Complexité
- fluorescence
- ... de façon indirecte, bien d'autres propriétés physiques (mouvement, géométrie, etc.)

• 2 Acquisition d'images	
• 2.1 De l'émission d'un rayon à sa représentation en mémoire	6
• 2.2 Sources de lumière	6
• 2.3 Objets	8
• 2.4 Milieu de transmission	9
• 2.5 Prismes anti-bougé	10
• 2.6 Filtres	10
• 2.7 Objectif	11
• 2.8 Capteurs	13
• 2.9 Échantillonnage	17
• 2.10 Quantification	19
• 2.11 Exemple de numérisation d'image	20
• 2.12 Composition des couleurs	21
• 2.13 Marche à suivre pour acquérir une image	25

2.2 Sources (de lumière)

- Forme d' énergie(ultrasons, signal électromagnétique, source nucléaire...)
- Caractéristiques spectrales (blanc, couleur, visible, monochrome, UV, X. IR ...)
- Structure (source ponctuelle/diffuse, projection de lignes, de points)
- Modulation (intensité, 50Hz, stroboscope)
- Position de la source (diascopie, éclairage rasant, axial)

2.2 Sources (de lumière)



Exemples
Eye Vision Technology



Flash - stroboscope



Eclairage
intégré à la
caméra



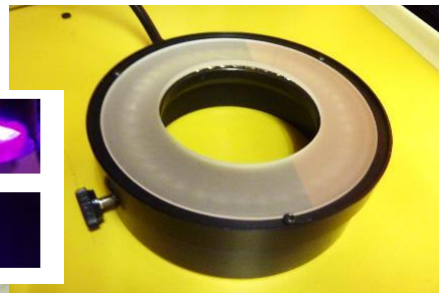
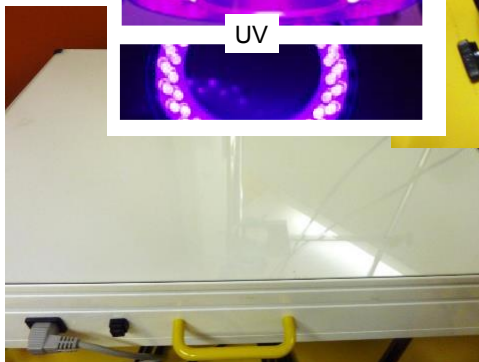
135 UV Source UV-A
385nm, 35 W,
2.5kg, Labino

Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

25

2.2 Sources (de lumière)

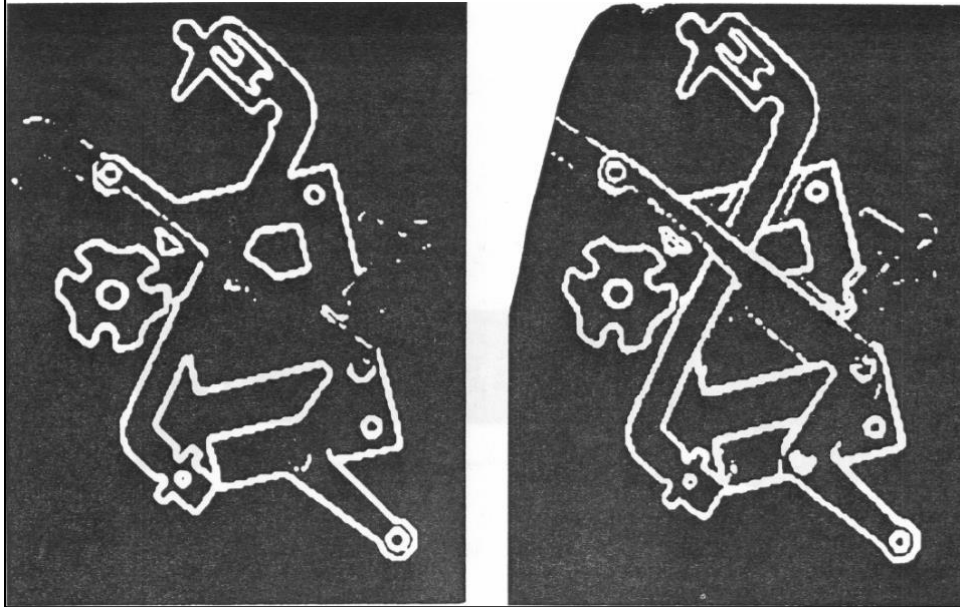
Exemples LaRA:



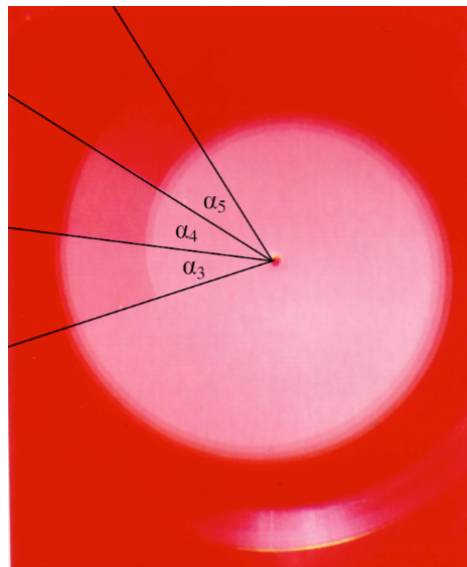
Robotique et automatisation, JDD/JDZ 18.12.2013

26

Ex.: éclairage rasant



Ex.: éclairage stroboscopique



28

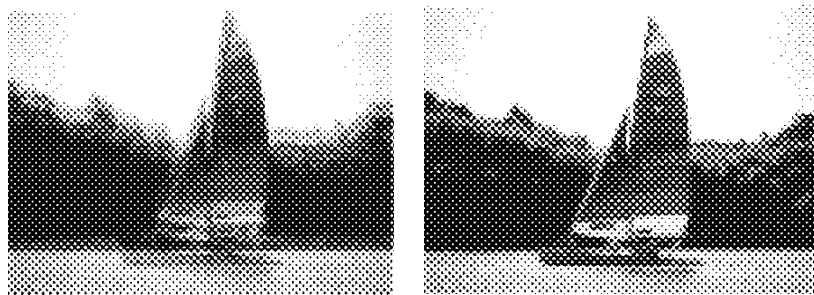
• 2 Acquisition d'images	
• 2.1 De l'émission d'un rayon à sa représentation en mémoire	6
• 2.2 Sources de lumière	6
• 2.3 Objets	8
• 2.4 Milieu de transmission	9
• 2.5 Prismes anti-bougé	10
• 2.6 Filtres	10
• 2.7 Objectif	11
• 2.8 Capteurs	13
• 2.9 Échantillonnage	17
• 2.10 Quantification	19
• 2.11 Exemple de numérisation d'image	20
• 2.12 Composition des couleurs	21
• 2.13 Marche à suivre pour acquérir une image	25

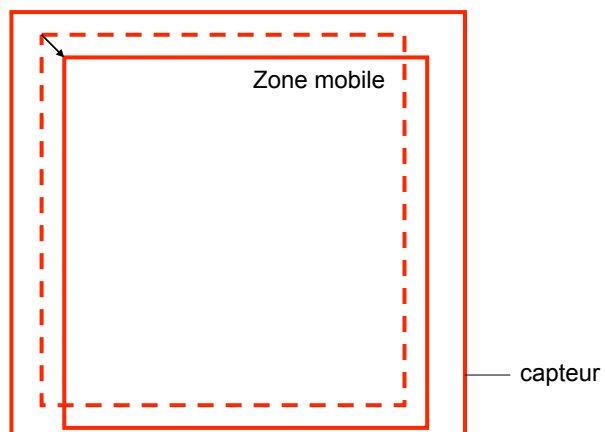
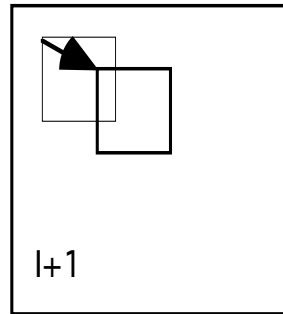
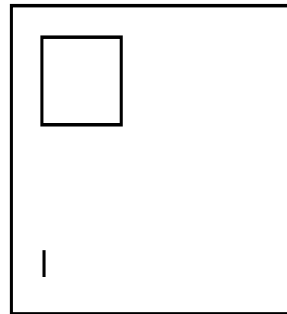
2.4 Milieu de transmission

- Air et turbulences
- Nuages
- Fumée
- Diffraction
- Torches de fibres



• 2 Acquisition d'images	
• 2.1 De l'émission d'un rayon à sa représentation en mémoire	6
• 2.2 Sources de lumière	6
• 2.3 Objets	8
• 2.4 Milieu de transmission	9
• 2.5 Prismes anti-bougé	10
• 2.6 Filtres	10
• 2.7 Objectif	11
• 2.8 Capteurs	13
• 2.9 Échantillonnage	17
• 2.10 Quantification	19
• 2.11 Exemple de numérisation d'image	20
• 2.12 Composition des couleurs	21
• 2.13 Marche à suivre pour acquérir une image	25





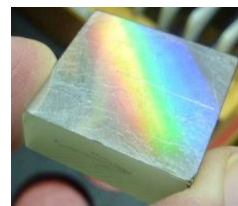
• 2 Acquisition d'images	
• 2.1 De l'émission d'un rayon à sa représentation en mémoire	6
• 2.2 Sources de lumière	6
• 2.3 Objets	8
• 2.4 Milieu de transmission	9
• 2.5 Prismes anti-bougé	10
• 2.6 Filtres	10
• 2.7 Objectif	11
• 2.8 Capteurs	13
• 2.9 Échantillonnage	17
• 2.10 Quantification	19
• 2.11 Exemple de numérisation d'image	20
• 2.12 Composition des couleurs	21
• 2.13 Marche à suivre pour acquérir une image	25

2.6 Filtres

- Couleur std 3 , 100 et plus
- IR,visible
- Polarisant
- Filtre spatiaux (flou)

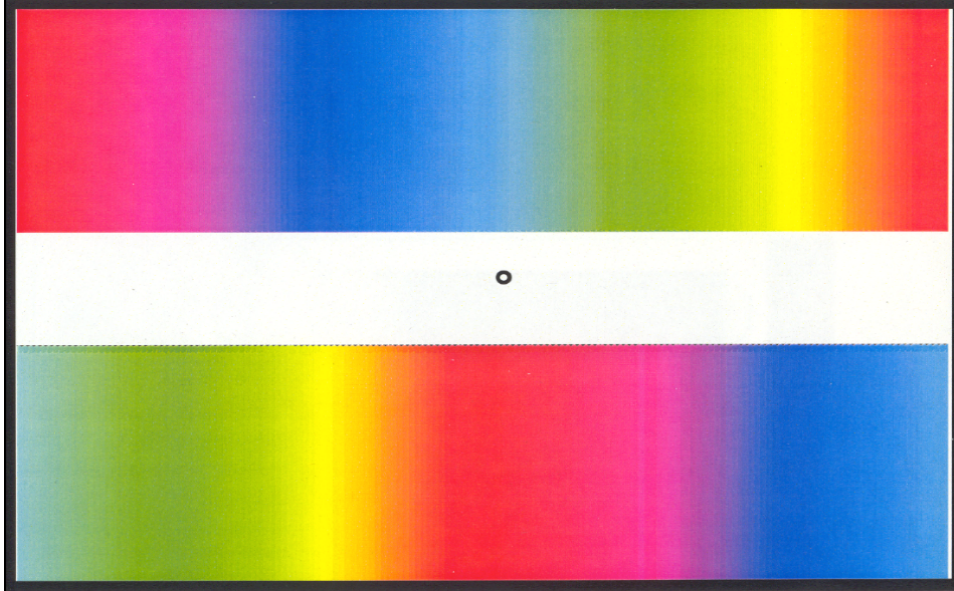


Prisme ou
réseau:
spectroscopie



Exemples
Eye Vision Technology

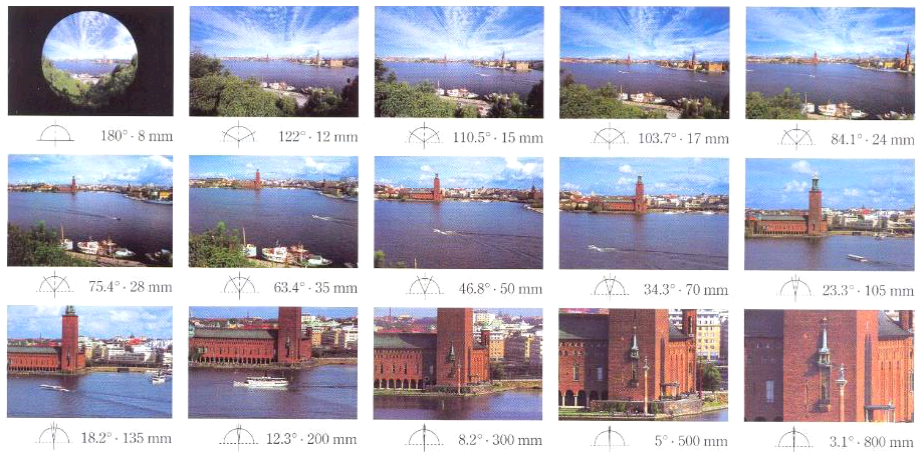
2.6 Filtres – Couleurs complémentaires



• 2 Acquisition d'images	
• 2.1 De l'émission d'un rayon à sa représentation en mémoire	6
• 2.2 Sources de lumière	6
• 2.3 Objets	8
• 2.4 Milieu de transmission	9
• 2.5 Prismes anti-bougé	10
• 2.6 Filtres	10
• 2.7 Objectif	11
• 2.8 Capteurs	13
• 2.9 Échantillonnage	17
• 2.10 Quantification	19
• 2.11 Exemple de numérisation d'image	20
• 2.12 Composition des couleurs	21
• 2.13 Marche à suivre pour acquérir une image	25

2.7 Objectifs (1 de « 8 »)

Angle d'ouverture et focale (Source: Sigma)

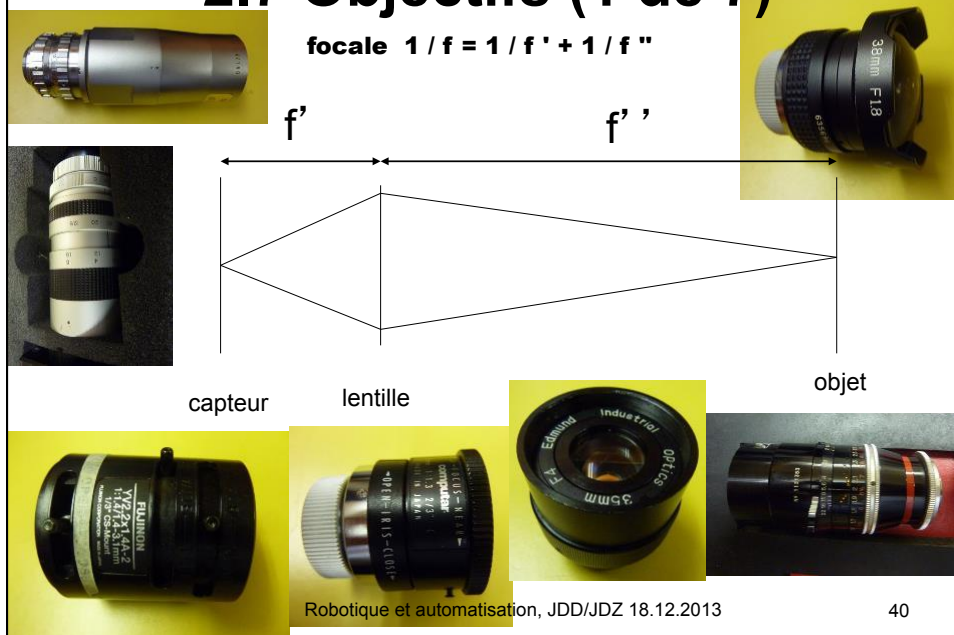


Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

39

2.7 Objectifs (1 de 7)

focale $1/f = 1/f' + 1/f''$



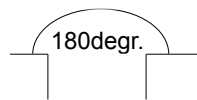
Robotique et automatisation, JDD/JDZ 18.12.2013

40

2.7 Objectifs (2.1 de 7)

Focale ou angle d'ouverture

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f'} + \frac{1}{f''}$$



Œil de poisson

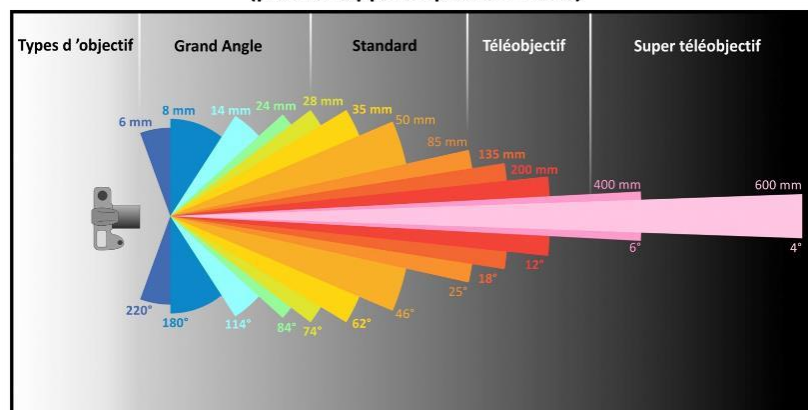
Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

41

Q11 – 2016
3 de 7

Acquisition d'images

**CLASSEMENT DES OBJECTIFS EN FONCTION DE
LA LONGUEUR FOCALE ET DE L'ANGLE DE VUE
(pour un appareil photo 24 x 36)**

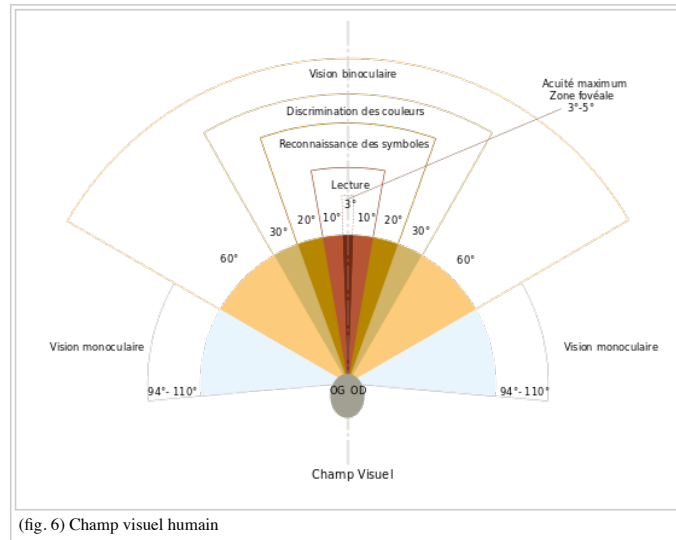


HESSO.HEIG-VD, JDZ, 15.01.2016

42

Q11 – 2016
4 de 7

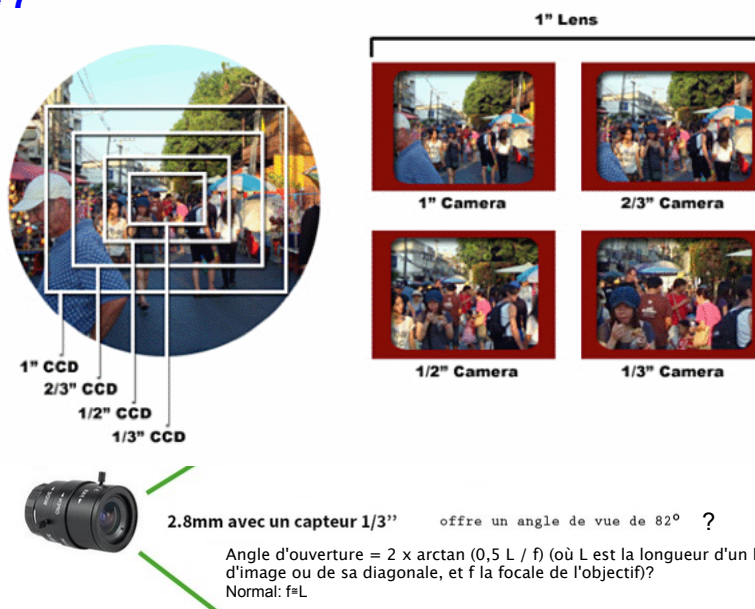
Acquisition d'images



HESSO.HEIG-VD, JDZ, 15.01.2016

43

Q11 – 2016
5 de 7



HESSO.HEIG-VD, JDZ, 17.12.2016

44

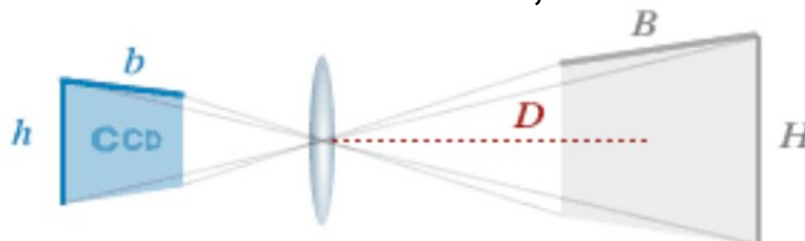
2.7 Objectifs (2.1b de 7)

Pas de distorsion due à l'œil de poisson, mais éventuellement dues à la perspective



2.7 Objectifs (2.1c de 7)

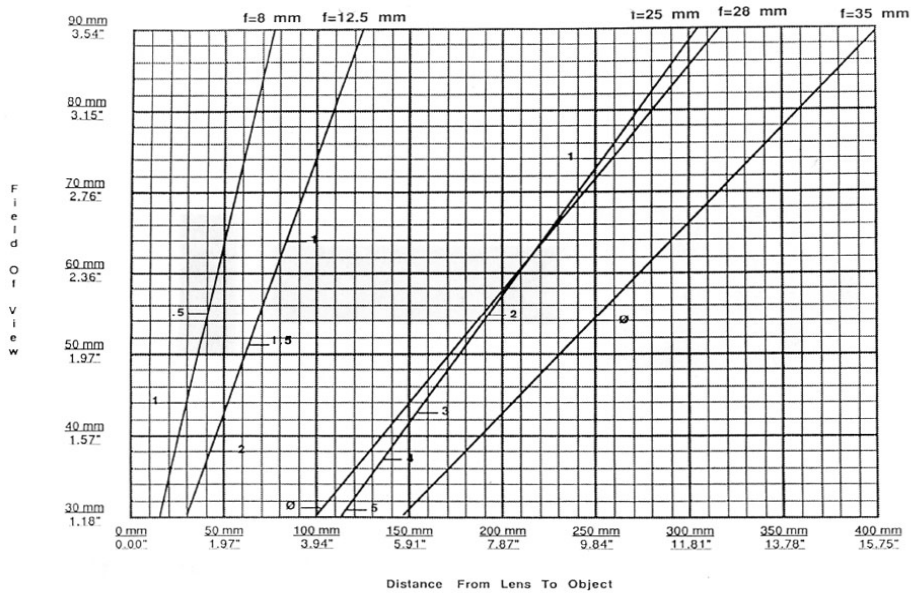
Calcul de focale, f



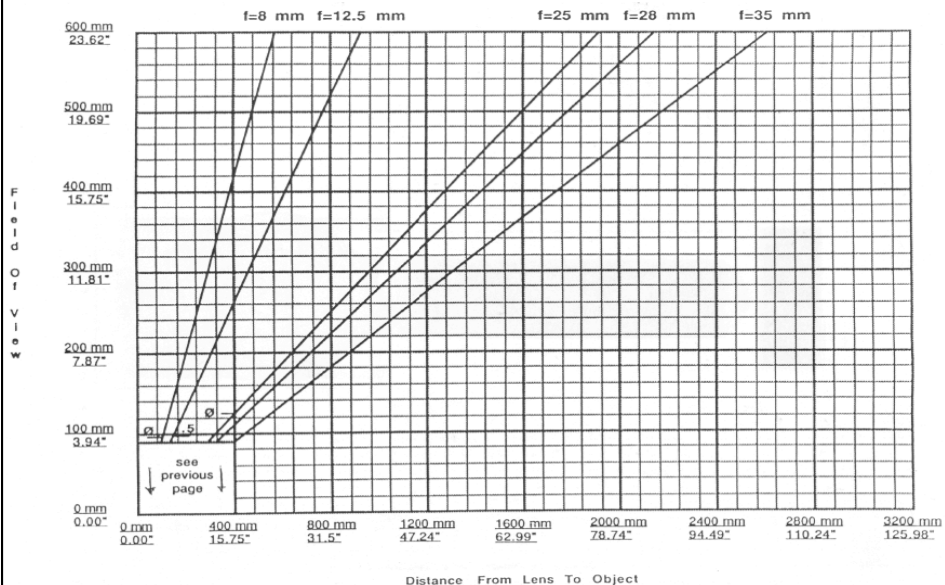
$$\frac{f}{D} = \frac{b}{B}$$


CCD (diamètre, en pouces)	1/4"	1/3"	1/2"	2/3"	1"
(diamètre, en mm)	6.4	8.4	12.8	17	25.4
b approximatif: diamètre/2	3.2	4.2	6.4	8.5	12.7
b (MaxxVision)	3.6	4.8	6.4	8.8	12.8

2.7 Objectifs (2.2 de 7)




2.7 Objectifs (2.3 de 7)

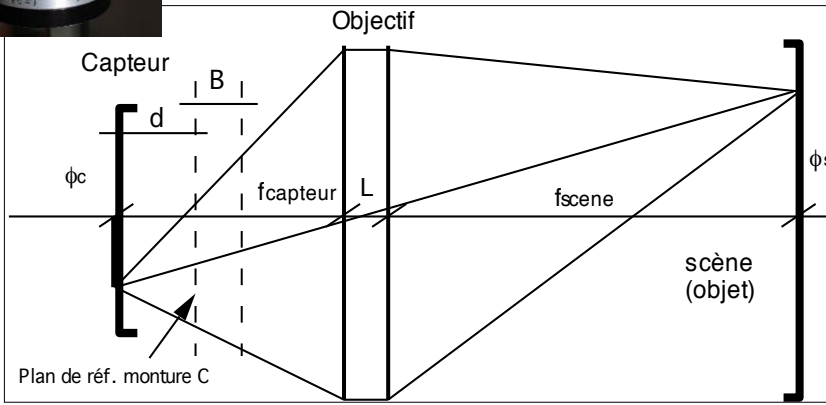




2.7 Objectifs (2.4 de 7)

Tubes de rallonge





Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009, 2013

49

2.7 Objectifs (2.5 de 7)

(Distance, bagues)=f(focale, largeur champ de vue, "diamètre" capteur)

Données

focale (ex.:50mm)	30	30	30	30	50	50	50	105	105	105
largeur champ de vue [mm]	10	10	100	1000	10	100	1000	10	100	1000
"diamètre" capteur [pouce]	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67

Calculs

pouce [mm]	25.4									
largeur capteur [mm] = 0.7*0.8*"diamètre"	10	9	9	9	9	9	9	9	9	9
grossissement=larg. capt/larg. champ de vue										
grossissement [x]	0.95	0.948	0.095	0.009	0.948	0.095	0.009	0.948	0.095	0.009
d [mm] =(estimé)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
fcapteur=grossissement* fscene										
1/f=1/fscene+1/fcapteur										
fscene=(grossissement+1)/grossissement*f										
fscene=	61	62	346	3194	103	577	5323	216	1212	11178
fcapteur=	59	58	33	30	97	55	50	205	115	106

Résultats

Distance [mm]	61	61.64	346.4	3194	102.7	577.3	5323	215.7	1212	11178
bagues [mm]	17	16.45	0	0	35.41	0	0	87.57	0	0

Calc. pour objectif v3.xls

Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

50

2.7 Objectifs (3 de 7)

Ouverture O, focale d, diamètre d du diaphragme

$$O = \frac{f}{d}$$

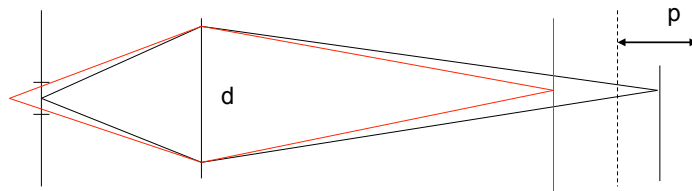
Plus de lumière?
... ou plus de profondeur de champ?

Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

51

2.7 Objectifs (4 de 7)

Profondeur de champ
(zone de netteté)



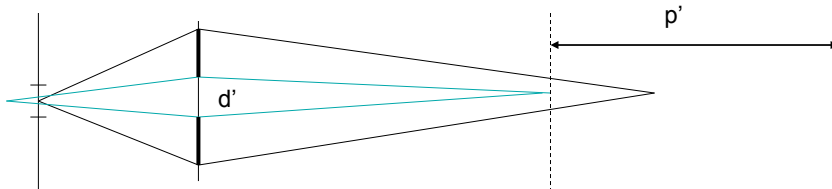
Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

52



2.7 Objectifs (5 de 7)

Profondeur de champ

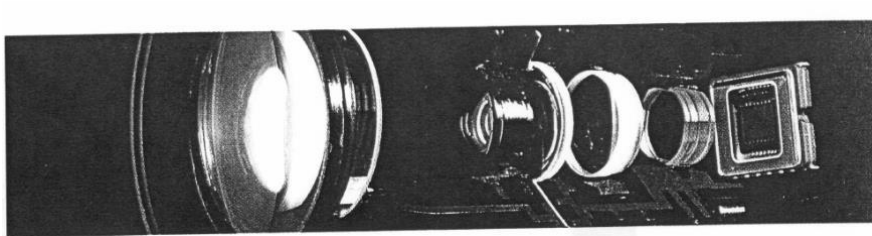


Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009, 2013

53

2.7 Objectifs (6 de 7)

Objectif, lentille asphérique, filtre infrarouge



Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

54

2.7 Objectifs (6b de 7)



Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

55

2.7 Objectifs (7 de 7)

Caméra omnidirectionnelle



Zoom (focale variable)

Exemples
Eye Vision Technology:



<http://www.idmind.pt/english/research/hr.php> et S.
Villoz 2006 (rapp. sem. HEIG-VD)

Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

56

2.7 Objectifs (8 de 8)

Lentille cylindrique

- « Vitre » selon un axe
- Lentille traditionnelle selon l'autre axe

Exemples
Eye Vision Technology:

Objectif télécentrique

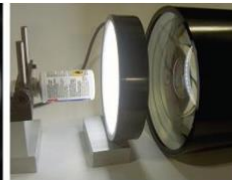
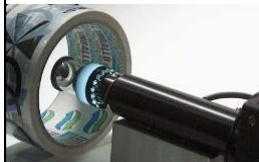
- Rayons parallèles de l'objet (taille indép. de dist.)
- Diamètre objectif similaire à taille scène



Objectif péricentrique

- Vue de face+côtés
- Exemple d'objectifs spéciaux

Exemples Opto Engineering:



tisation, JDD/JDZ 20.04.2009

57

2.7 Objectifs (8 de 8)

- « Vitre » selon un axe
- Lentille traditionnelle selon l'autre axe



15. Waiver - No delay or omission on the part of EPOXY in exercising any of its rights or remedies hereunder shall operate as a waiver of such right or remedy or any other right or remedy. A waiver on any one occasion shall not be construed as a bar to any other agreement, instrument or document shall be cumulative and may be exercised severally or concurrently.

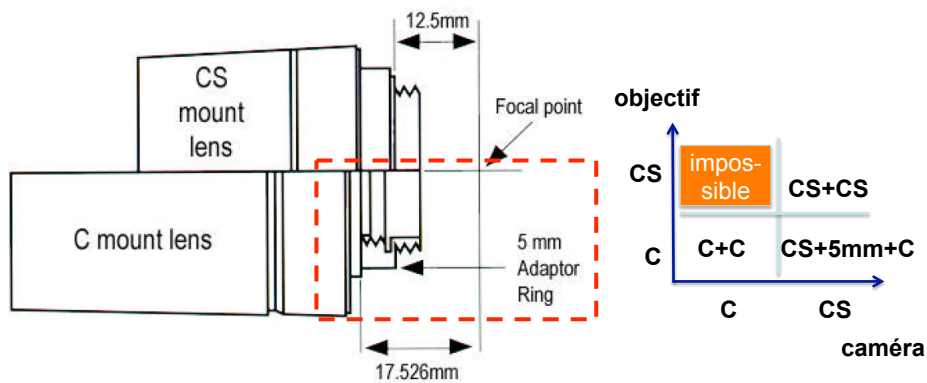
16. Severability - All provisions of this Invoice Agreement shall be considered as separate terms and conditions, and in the event any provision is held to be invalid, the remaining provisions shall survive and shall not be affected by such invalidity.

Robotique et automatisation, JDD/JDZ 18.12.2013

58

2.7 Objectifs (9 de 9)

Classique: monture C; tendance: monture CS



Robotique et automatisation, JDD/JDZ 29.09.2016

59

- **2 Acquisition d'images**
- 2.1 De l'émission d'un rayon à sa représentation en mémoire 6
- 2.2 Sources de lumière 6
- 2.3 Objets 8
- 2.4 Milieu de transmission 9
- 2.5 Prismes anti-bougé 10
- 2.6 Filtres 10
- 2.7 Objectif 11
- 2.8 Capteurs 13
- 2.9 Échantillonnage 17
- 2.10 Quantification 19
- 2.11 Exemple de numérisation d'image 20
- 2.12 Composition des couleurs 21
- 2.13 Marche à suivre pour acquérir une image 25

Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

60

2.8 Capteurs

Herkömmlicher CMOS Sensor

Belichtung von vorne

Sony 2009 Exmor-R

Rückseitige Belichtung

61

2.8 Capteurs

Visible spectrum

Increasing Wavelength (λ) in nm \rightarrow

<https://learn.sparkfun.com/tutorials/light/all?print=1>

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

https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Visible_spectrum...

Robotique et automatisation, JDD/JDZ 18.12.2013

62

2.8 Capteurs

CAPTEUR	TUBE	SEMI-COND.
Fonction de transfert (spectre de sensib., linéarité)	variable	fixe:silicium
Mode de lecture (norme TV, entrelaçage)	fixe:TV	variable
Résolution	625 lignes	<=150' 000x6' 000 (>2Gpix)
Distorsions géométriques	≤ 2 %	++
Effet de Moiré (recouvrement de spectre)	+	variable
Gain automatique	variable	variable
Risque de destruction, (surexposition)	variable	++
Temps d'intégration, rémanence, blooming	variable	variable
Rapport signal sur bruit		50-60 db, 120db (log)

Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

63

2.8 Capteurs

Résolutions standards en numérique

QXGA	2048x1536	3,15 MPixel
UXGA	1600x1200	2 MPixel
SXGA	1280x1024	1,3 MPixel
XGA	1024x768	786 TPixel
SVGA	800x600	480TPixel
VGA	640x480	307 TPixel

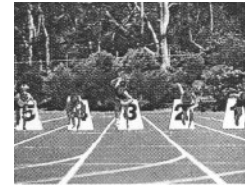
Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

64



**Temps de
pause**

**de 0.5s ...
à 0.000'1 s**



Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

65

2.8 Capteurs (fct. de transfert)

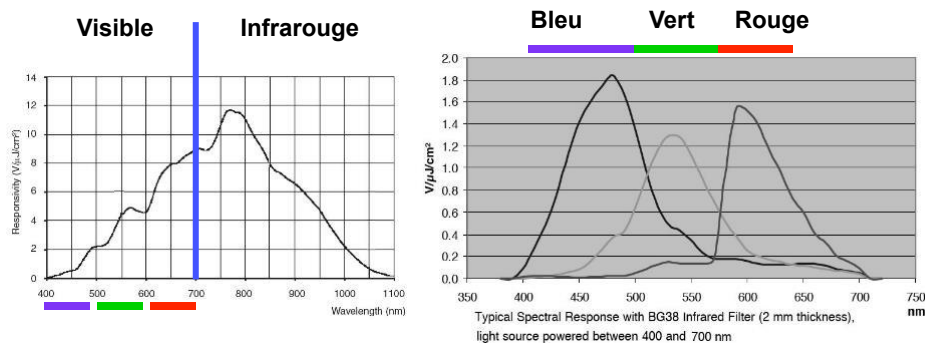


Fig.2,2b Fonctions de transfert typiques pour caméras à semiconducteurs (docs Atmel). A gauche, le capteur est brut, plus sensible dans l'infrarouge que dans le visible . A droite des mesures permettent de gérer les couleurs : filtres RVB intégrés à la caméra et filtre bloquant les infrarouges en supplément

Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

66

2.8 Capteurs (exemples LaRA)



Robotique et automatisation, JDD/JDZ 18.12.2013

67

2.8 Capteurs (fct. de transfert)



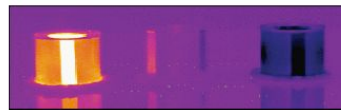
Visible light



Near infrared "Night"



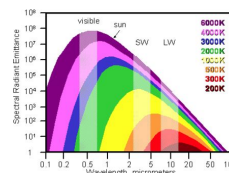
Thermal infrared



Three aluminum cans with partially oxidized surfaces and a strip of black electrical tape. The can on the left is hot, middle can is ambient and right can is cold.

Images (cf. ref. bibliographique « Infrared ») dans l'infrarouge, avec caméras similaires à ce qui se fait dans le visible, et avec microbolomètres. Il faut observer que le signal reçu dépend non seulement de la température mais aussi de l'émissivité des surfaces.

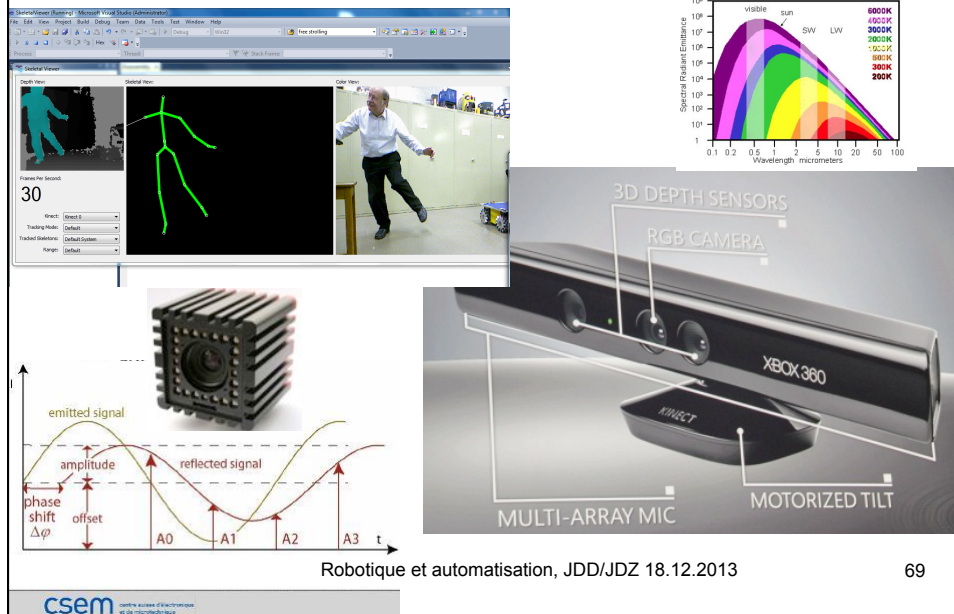
De façon plus générale, l'image peut résulter d'autres phénomènes physiques encore, tels que rayons gamma ou balayage de barres à ultrasons



Robotique et automatisation, JDD/JDZ 18.12.2013

68

2.8 Capteurs (fct. de transfert)



2.8 Capteurs (haute vitesse)

8'000 images par seconde



Robotique et automatisation, JDD/JDZ 18.12.2013

70

2.8 Capteurs (interfaces)

Interface	GigE	USB 2.0	IEEE 1394b	Camera Link
Verbindungstyp	Point-to-Point or LAN	Master-Slave	Peer-to-Peer	Point-to-Point
Übertragungsrate	1000 Mb/s	480 Mb/s	800 Mb/s	> 2000 Mb/s
Bandbreite	100 MByte/s	> 40 MByte/s	64 MByte/s	255 MByte/s (Base) 680 MByte/s (FULL)
Kabel	RJ-45, Cat-5 (4 x twisted pair)	4 pin STP	4/6 pin STP	MDR-26-pin for Camera Link
Topologie	Link	Bus	Bus	Link
Data Transfer type	Dedicated	Asynchronous/ Isonchronous	Asynchronous/ Isonchronous	Dedicated
Multi-Camera Support	Yes	No	Yes	Yes, with multiple Framegrabbers
Maximale Kabellängen - mit switches - mit Glasfaser	< 100m no limit no limit	< 5m 30m -	< 4.5m 72m 200m	< 10m - 500m
Wireless Support	Yes	No	No	No
Skalierbarkeit - Max. of Kameras	Unlimited	127	63	1
Interface Standard	GigE Vision	none	D-CAM	Camera Link
Interface Karte	GigE Karte oder Motherboard	USB Karte oder Motherboard	IEEE 1394b Karte oder Motherboard	Framegrabber

Source MaxxVision08 Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

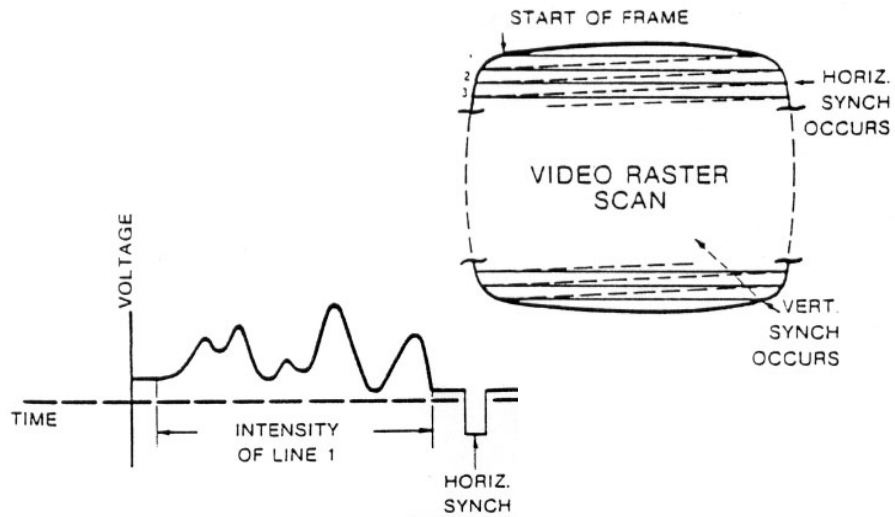
71

- **2 Acquisition d'images**
- 2.1 De l'émission d'un rayon à sa représentation en mémoire 6
- 2.2 Sources de lumière 6
- 2.3 Objets 8
- 2.4 Milieu de transmission 9
- 2.5 Prismes anti-bougé 10
- 2.6 Filtres 10
- 2.7 Objectif 11
- ~~2.8 Capteurs 13~~
- 2.9 Échantillonnage 17
- 2.10 Quantification 19
- 2.11 Exemple de numérisation d'image 20
- 2.12 Composition des couleurs 21
- 2.13 Marche à suivre pour acquérir une image 25

Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

72

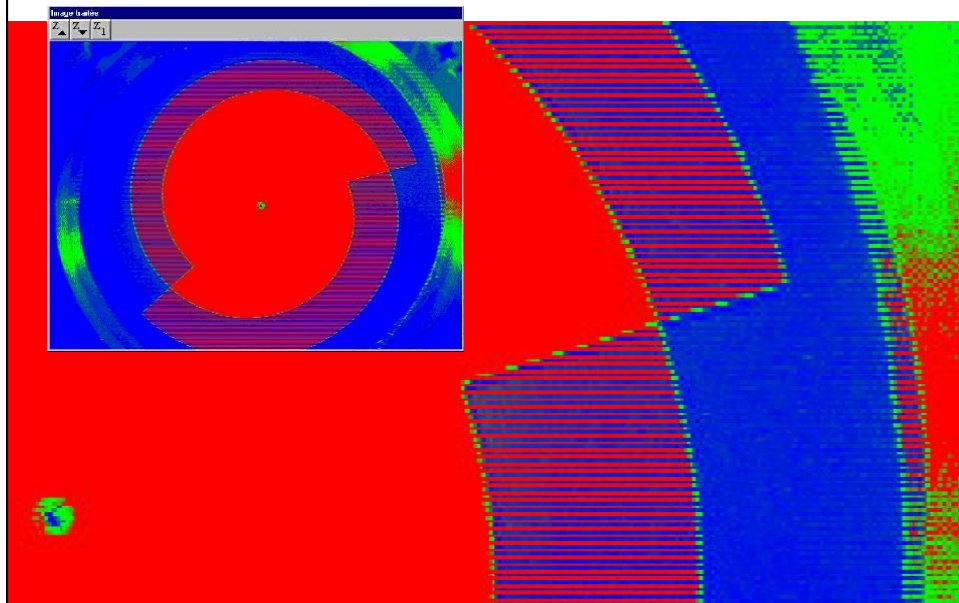
2.9 Echantillonnage

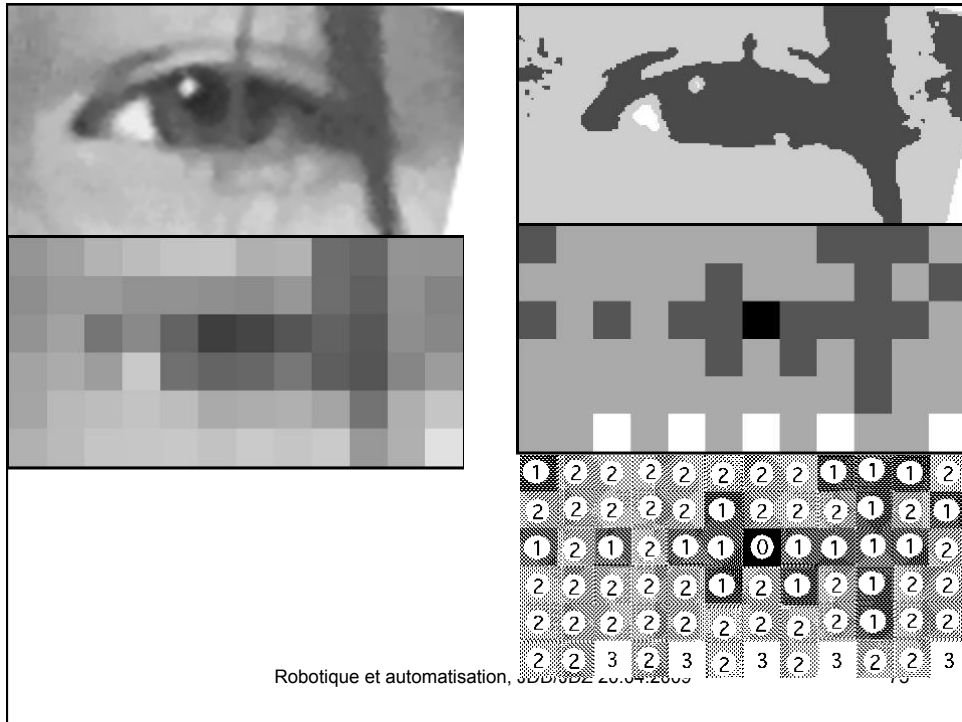


Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

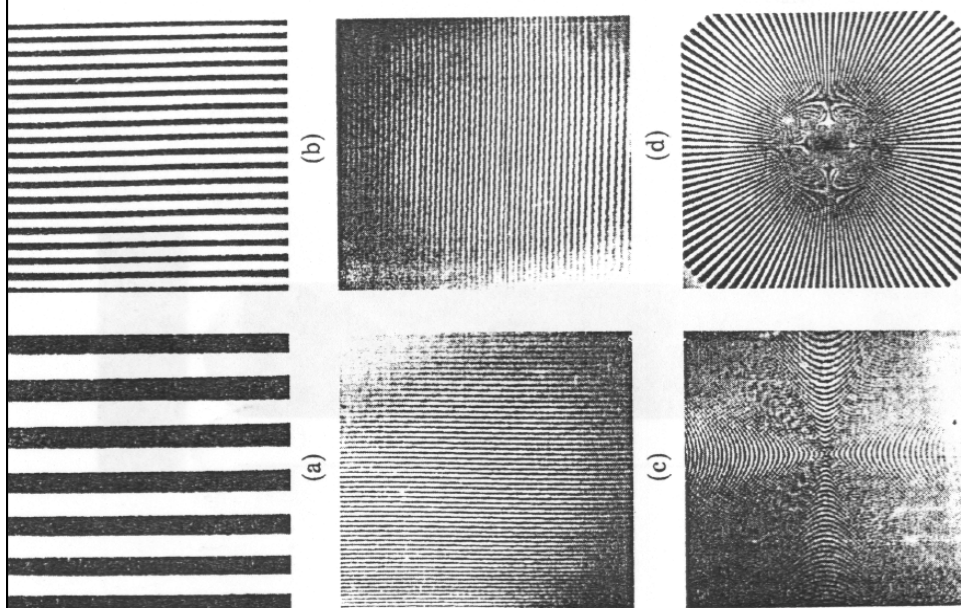
73

2.9 Echantillonnage - entrelaçage

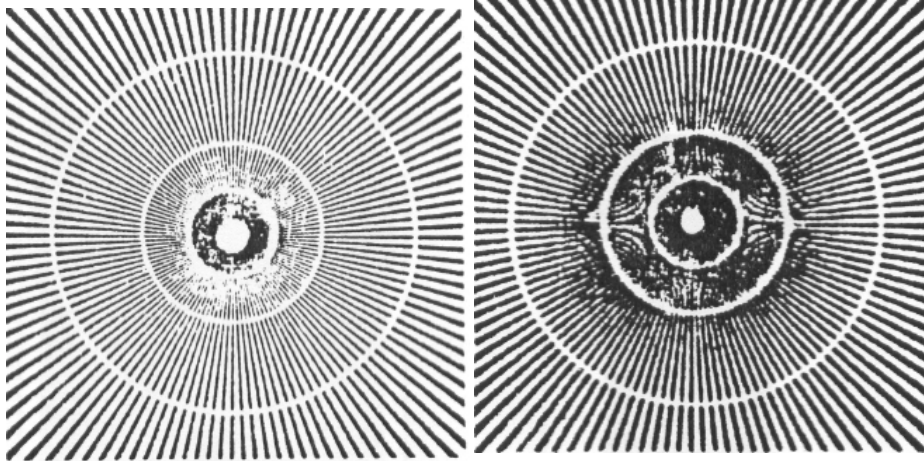




2.9 Sous-échantillonnage



2.9 Sous-échantillonnage



Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

77

**Exemple: Signal analogique –
numérisation –
interface firewire**



Robotique et automatisation, JDD/JDZ 18.12.2013

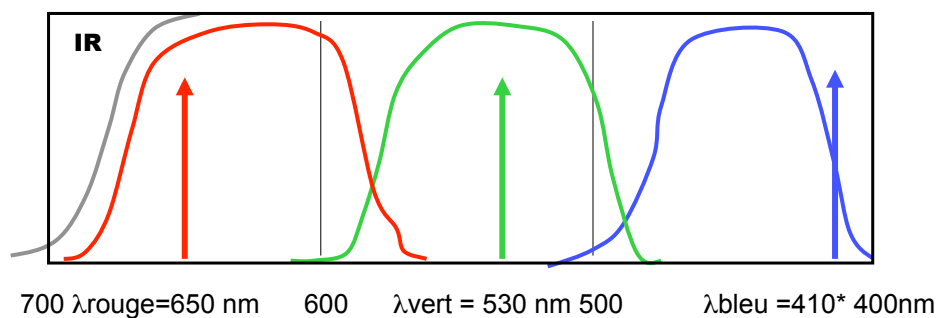
78

- **2 Acquisition d'images**
- 2.1 De l'émission d'un rayon à sa représentation en mémoire 6
- 2.2 Sources de lumière 6
- 2.3 Objets 8
- 2.4 Milieu de transmission 9
- 2.5 Prismes anti-bougé 10
- 2.6 Filtres 10
- 2.7 Objectif 11
- 2.8 Capteurs 13
- 2.9 Échantillonnage 17
- 2.10 Quantification 19
- ~~2.11 Exemple de numérisation d'image 20~~
- 2.12 Composition des couleurs 21
- 2.13 Marche à suivre pour acquérir une image 25

Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

79

2.12 Couleurs standards - filtres et sources



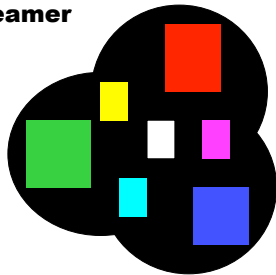
* HP-Microsoft (sRGB): R:633, V:514, B:442 nm

Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.12.2012

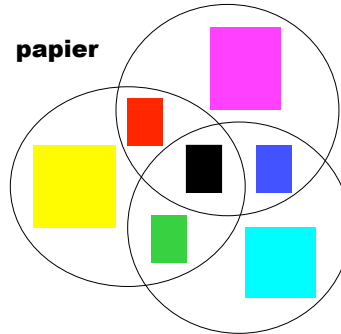
80

2.12 Couleurs standards : synthèses + et -

Beamer



papier

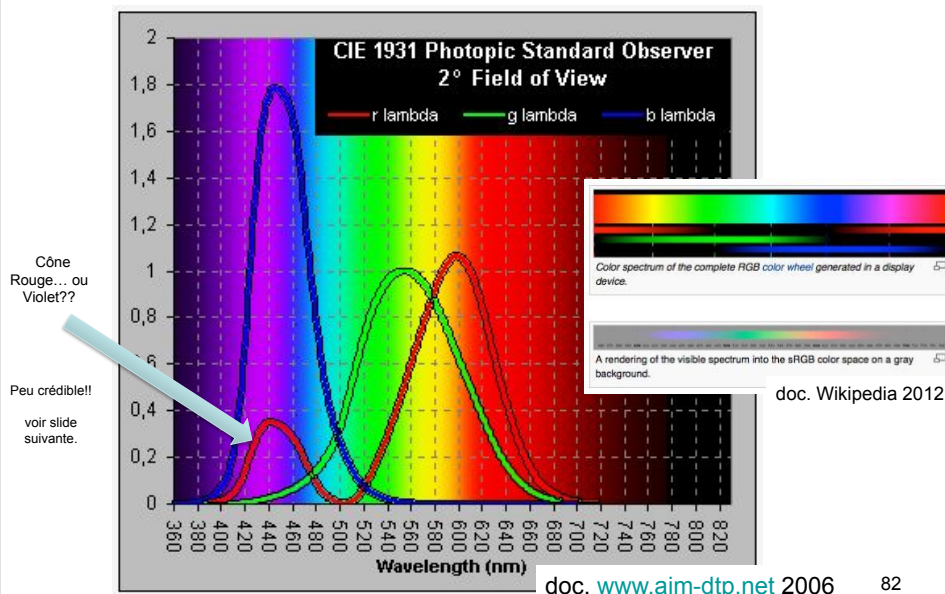


**Synthèse additive ($R+V+B=\text{blanc}$), à gauche,
et soustractive ($\text{blanc}+(\text{jaune}=-B)+(\text{cyan}=-R)+(\text{magenta}=-V)=\text{noir}$), à droite**

Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

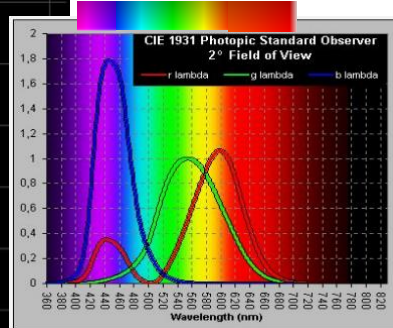
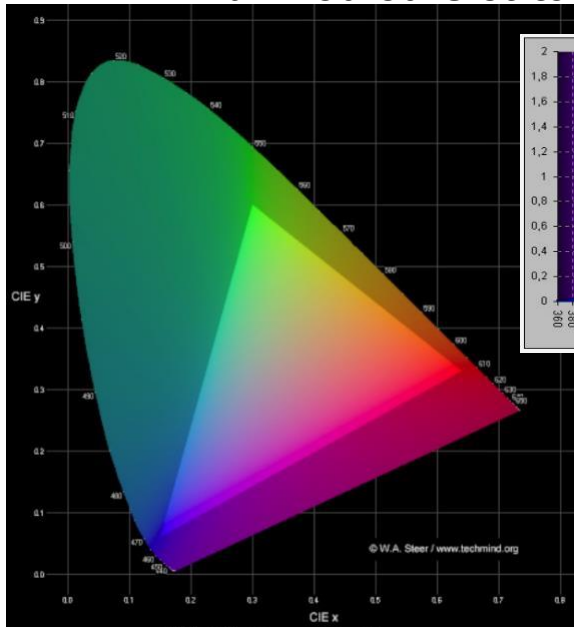
81

2.12 Couleurs et œil humain



82

2.12b1 Couleurs et œil humain



- doc.

<http://www.techmind.org/colour/>

2012.12.19

- triangle à gauche: sRGB, standard RGB /HP and Microsoft (re. Daniel Metz, 2007 <http://www.blog-couleur.com/?Qu-est-ce-que-le-sRGB>)

2012.12.20

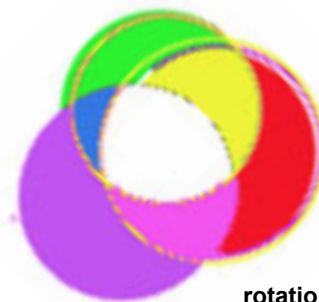
83

2.12b2 Couleurs et œil humain

The color circles for red-green-violet primaries are shown below:



original



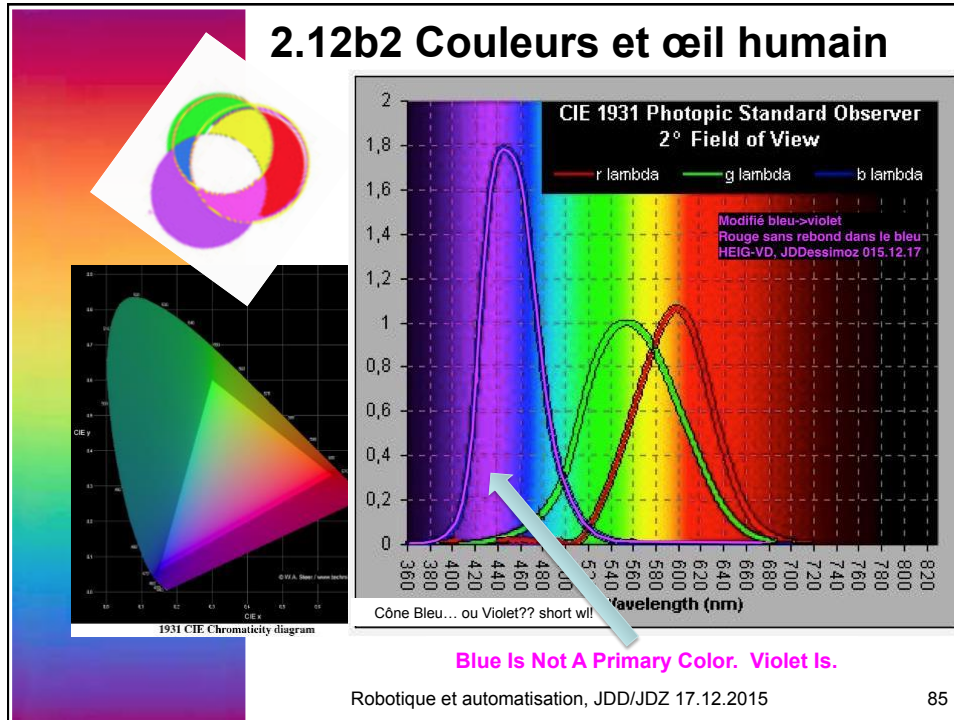
rotation JDZ

<http://www.sjsu.edu/faculty/watkins/violet.htm>

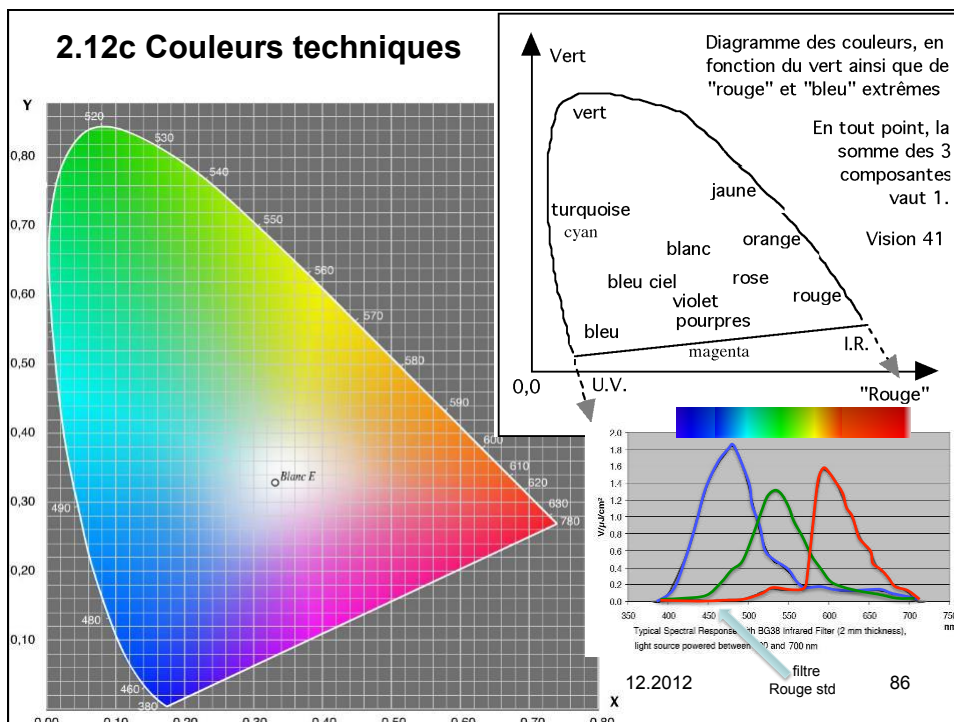
Robotique et automatisation, JDD/JDZ 17.12.2015

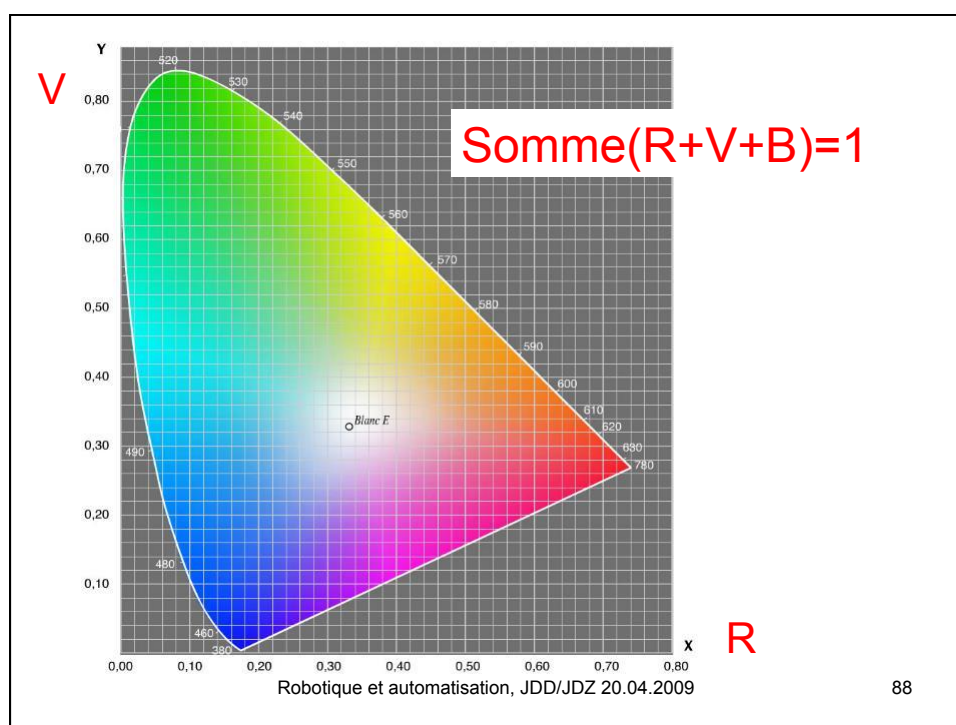
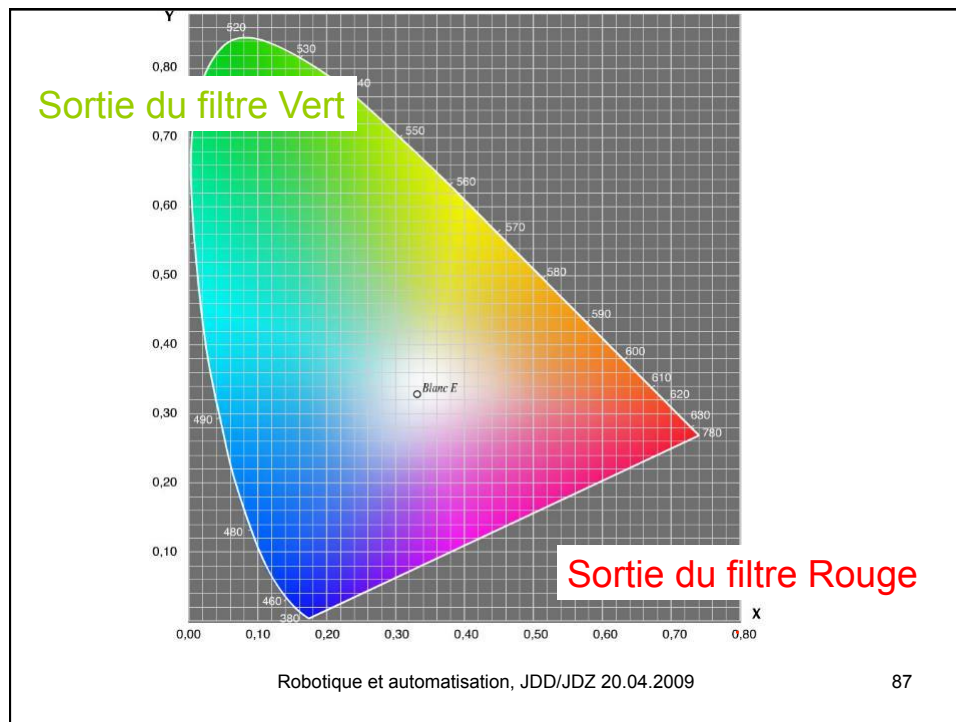
84

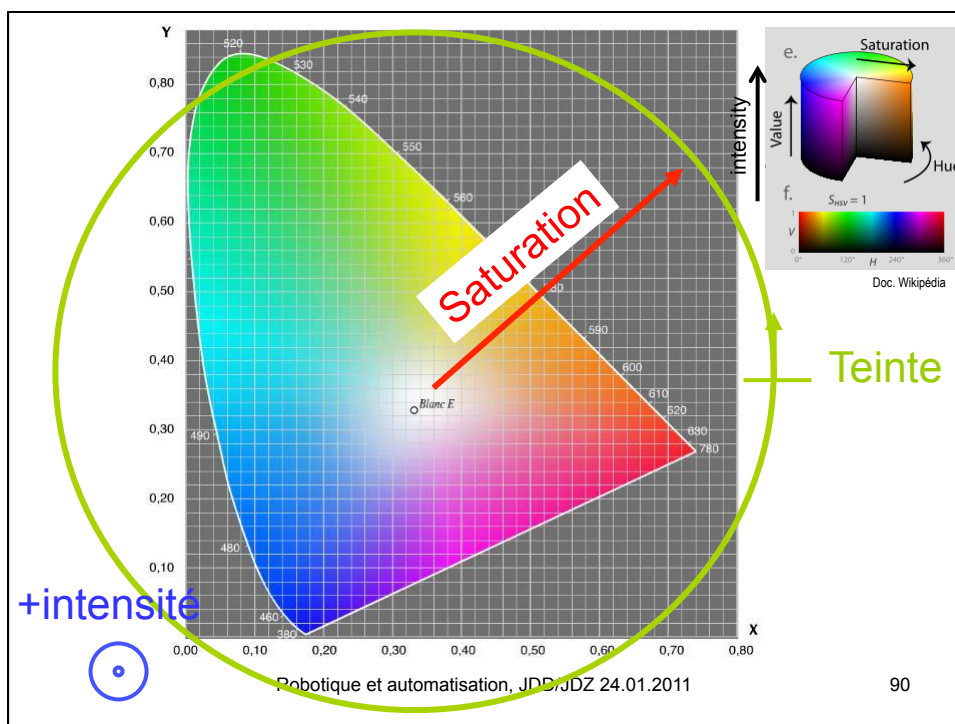
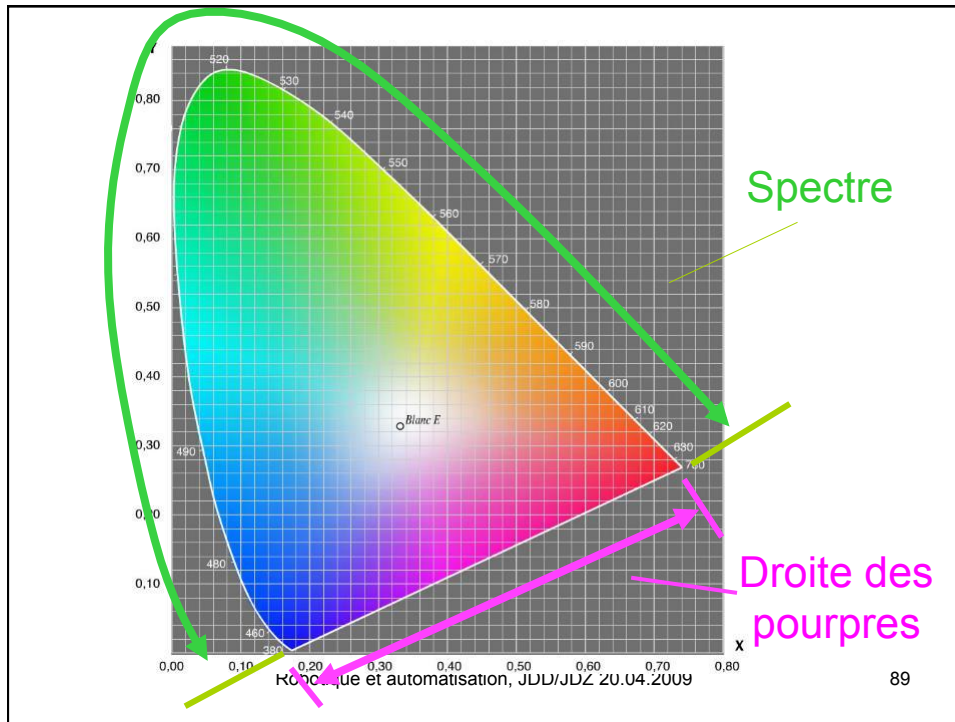
2.12b2 Couleurs et œil humain

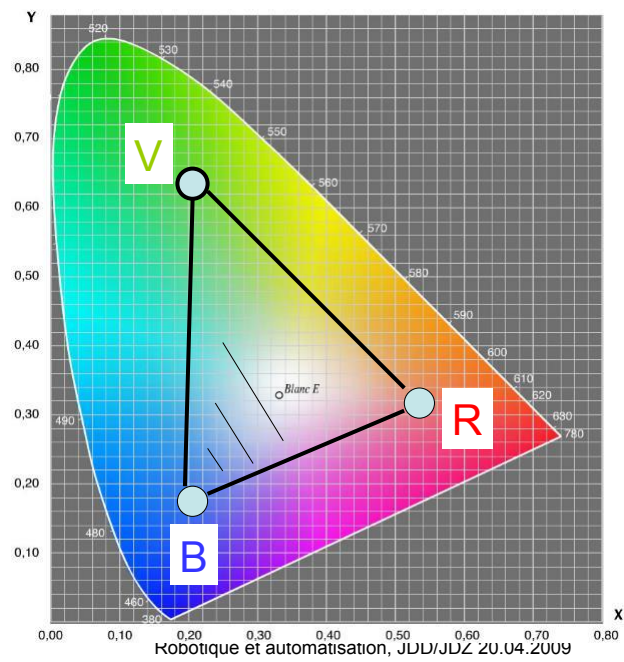


2.12c Couleurs techniques

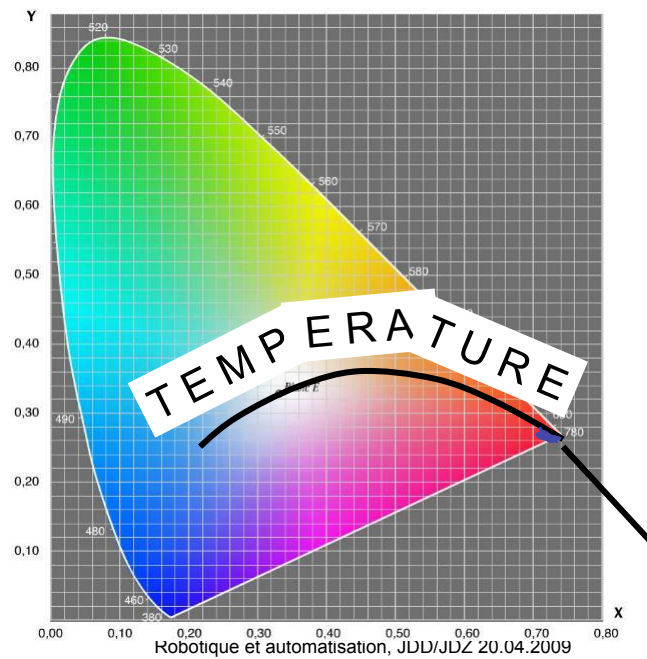




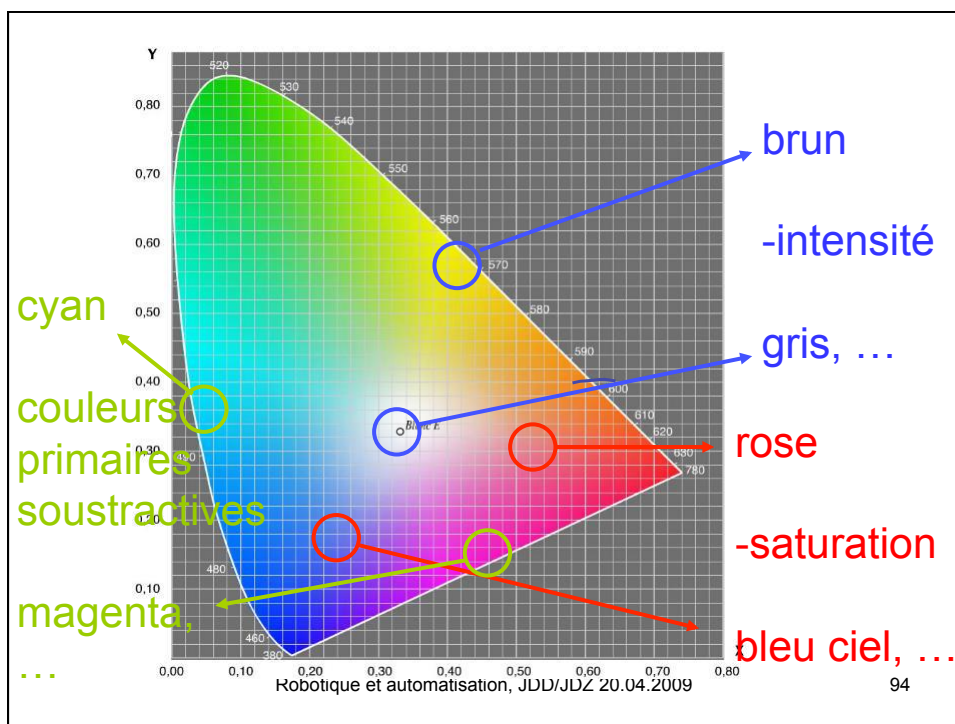
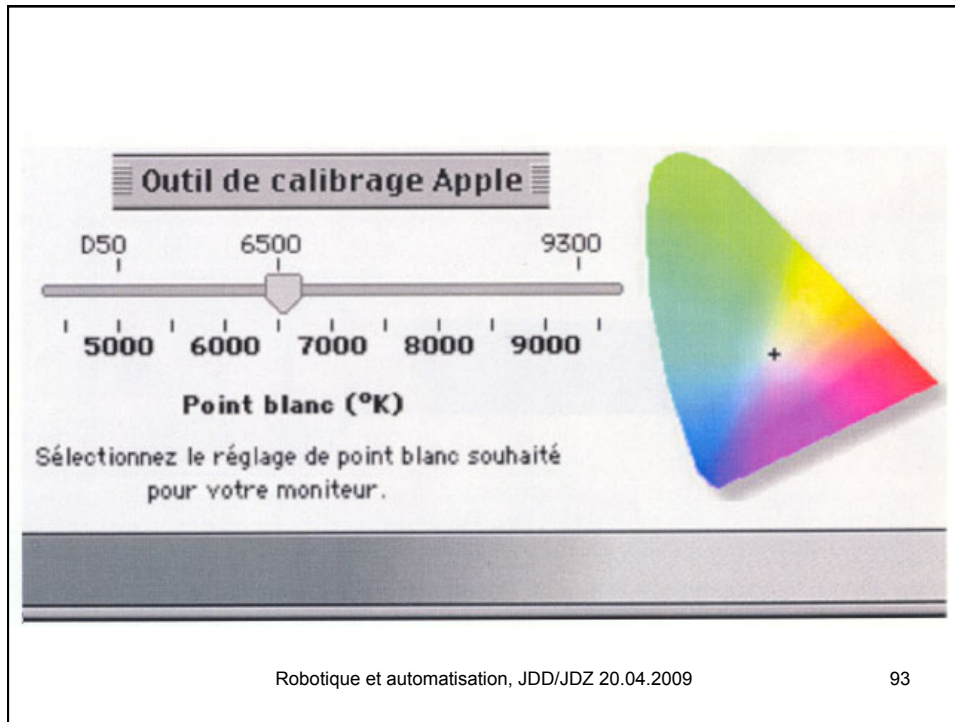




91



92



Remarques relatives au diagramme "en langue" du standard couleur défini pour la télévision (C.I.E. Chromaticity Diagramm).

Coordonnées ; en abscisse : intensité à la sortie du filtre rouge normalisé et en ordonnée, sortie du filtre vert normalisé

La teinte est une couleur « pure » correspondant au bord du diagramme CIE. Sur deux côtés on a le spectre de la lumière (signaux monochromes de longueur d'onde donnée) et sur le troisième côté (bas), la droite des pourpres.

La saturation caractérise la part de blanc dans une couleur. Si la saturation est 0, on est sur le point blanc. Si au contraire c'est 1, on a une teinte pure.

La figure montre seulement les couleurs dont la norme d'intensité vaut « 1 ». Par exemple le gris (intensité : 0.5) ou le brun (c'est du jaune foncé : intensité = 0.5 dans le rouge et dans le vert, 0 dans le bleu)

En modulant trois sources ponctuelles, on peut se déplacer à l'intérieur de cet espace seulement, soit un triangle dans le diagramme de la CIE

La lumière émise par un corps noir se caractérise par un point qui se trouve sur une courbe arrondie expérimentale allant du rouge pur (température de quelques centaines de degrés) jusque dans le bleuté (>5000 degrés) en passant par le blanc. Par contre intuitivement on part des couleurs « chaudes » vers le rouge et des couleurs « froides » dans les bleus.

En traitement d'images, le vocabulaire spécialisé fait correspondre le bleu ciel, à un bleu moyennement saturé. Le rose à un rouge moyennement saturé, le cyan à l'addition de vert et de bleu, et le magenta à un mélange additif de rouge et de bleu. Dans le langage courant on confond souvent rose et magenta, bleu ciel et cyan, et enfin pourpre, violet, ou magenta ne se distinguent pas.

Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

95

2.12 Couleurs ...(IST)

$$I = R + V + B$$

$$S = \frac{I - \min(R, V, B)}{I}$$

$$T = \dots$$

Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

96

2.12 Couleurs ...(Teinte)

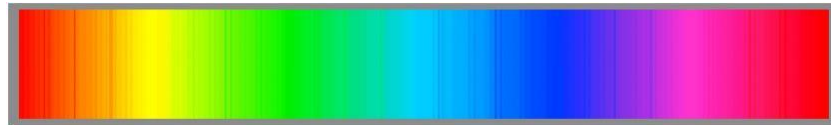
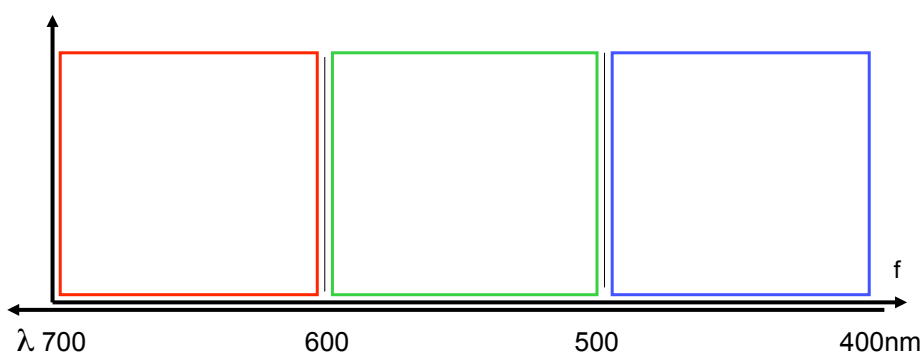


Fig. 2.8 Codage de la teinte par un angle

Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

97

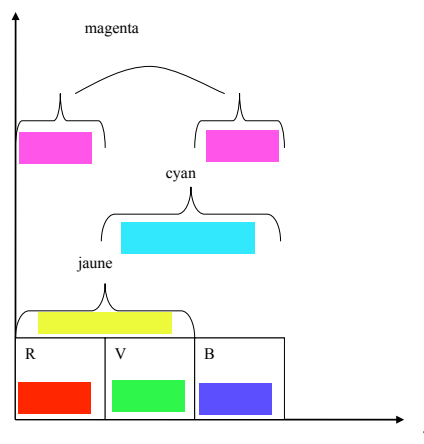
2.12 Spectres des couleurs de base (vue schématique)



Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

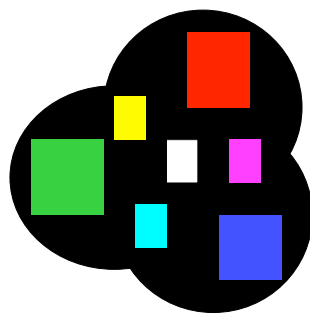
98

2.12 Spectres des couleurs de base (vue schématique)



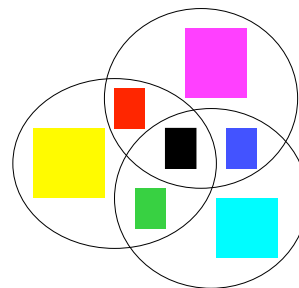
Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

99



Synthèse additive

$$R+V+B \\ = \text{blanc}$$

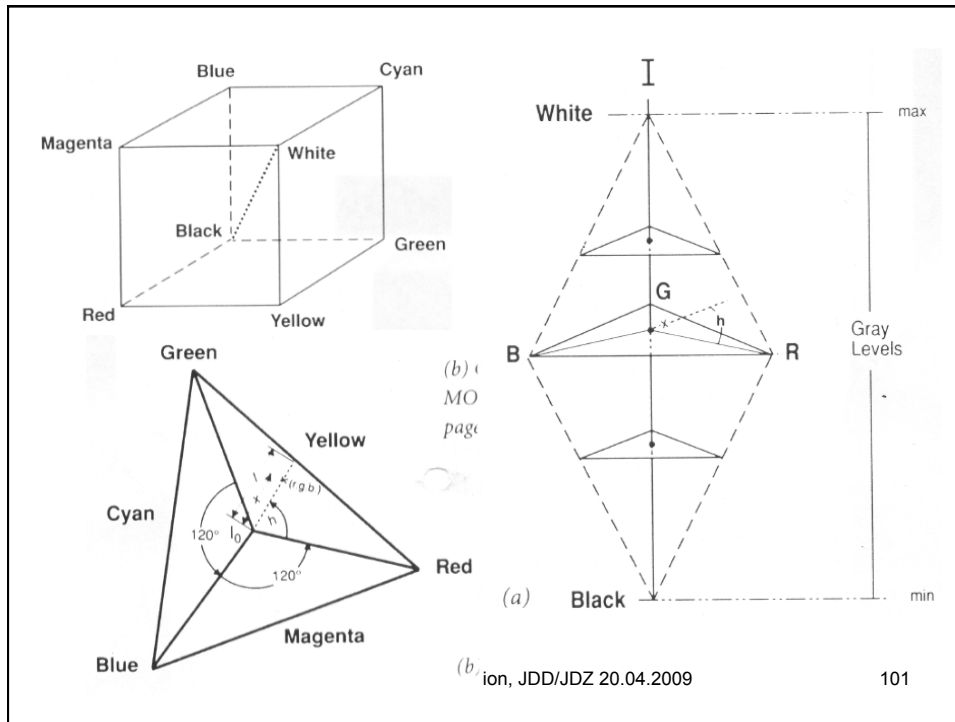


Synthèse soustractive

$$\begin{aligned} &\text{blanc}+ \\ &(\text{jaune} = -B) + (\text{cyan} = -R) + (\text{magenta} = -V) \\ &= \text{noir} \end{aligned}$$

Robotique et automatisation, JDD/JDZ 19.01.2016

100



SwissRanger 3000 Camera Characteristics

cf aussi MESA-4000 Imaging

- Size
 - 50mm x 48mm x 67mm
- Weight
 - 175g
- Power Supply
 - 12 V @ 1 A max
- Interface: Default USB2.0
 - Read & Write registers
- QCIF sensor resolution (176x144)
- Background suppression
- Distance resolution: see Demo

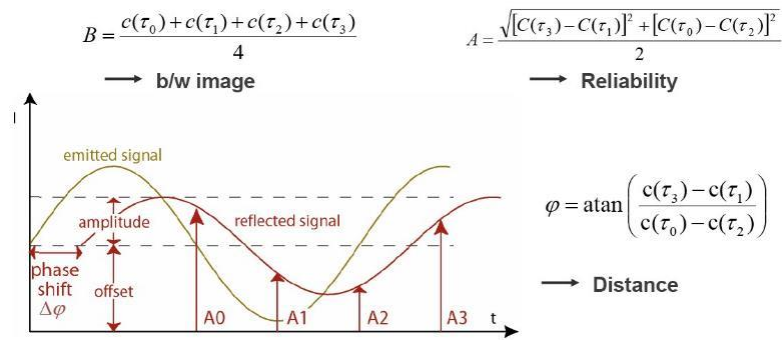
csem Centre Suisse de Recherches Scientifiques

3D-TOF SR-3000 | Image Sensing | Page 16

Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

102

Phase-Measurement TOF Principle - Theory the 4-Tap Algorithm



csem centre suisse d'électronique
et de microtechnique

3D-TOF SR-3000 | Image Sensing | Page 11

Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

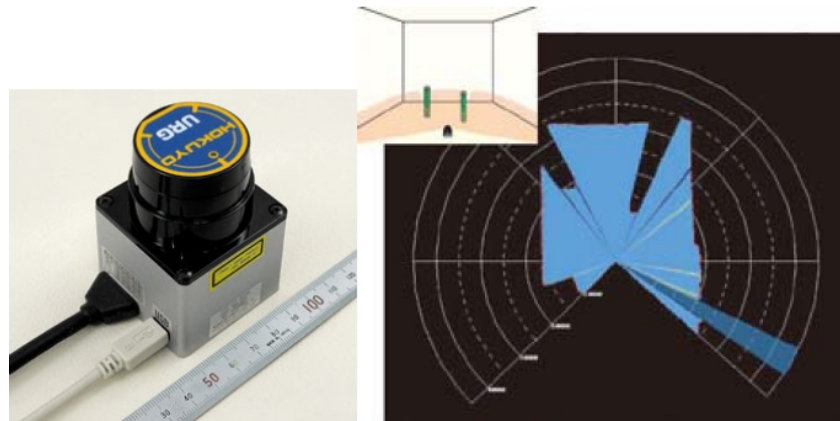
103

- Why 3D ? And why 3D TOF? **progress in microtechnology**

	Stereo Vision X	Structured Projection X	Scanning TOF X	3D TOF ✓
Accuracy	+	++	+	~ → +
	(if contrast ok)	(short distance only)		
Miniaturization Potential	-	-	-	++
Economical Potential	+	--	--	++
Main Drawbacks	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Base dependant ➤ Non-structured surfaces 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Base dependant ➤ Costs 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mechanical moving parts 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Accuracy

Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

104



• 2 Acquisition d'images	
• 2.1 De l'émission d'un rayon à sa représentation en mémoire	6
• 2.2 Sources de lumière	6
• 2.3 Objets	8
• 2.4 Milieu de transmission	9
• 2.5 Prismes anti-bougé	10
• 2.6 Filtres	10
• 2.7 Objectif	11
• 2.8 Capteurs	13
• 2.9 Échantillonnage	17
• 2.10 Quantification	19
• 2.11 Exemple de numérisation d'image	20
• 2.12 Composition des couleurs	21
• 2.13 Marche à suivre pour acquérir une image	25

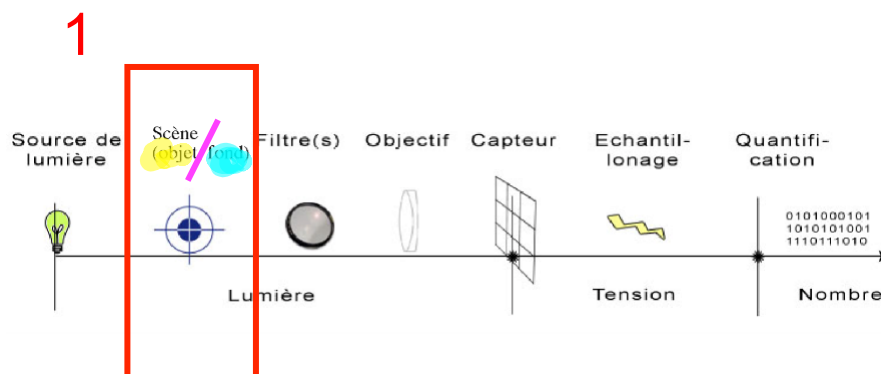
- **2.13 Marche à suivre pour acquérir une image (1 de 3)**

- Identifier les grandeurs discriminantes (signal-bruit) de nature physique librement identifiée (imagination!)
- Reporter cette grandeur dans le domaine lumineux
- Estimer les quantités d'information à acquérir (cf. étendue et résolution)
- Définir en conséquence tous les éléments de la chaîne d'acquisition

Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

107

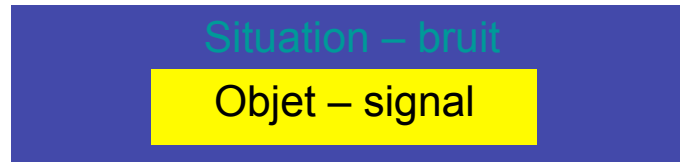
2.13 Marche à suivre pour acquérir une image (2 de 3)



Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

108

2.13 Marche à suivre pour acquérir une image (3 de 3)



- 2 Engineering: grandeur(s) physique(s) discriminante(s)
- 3 Engineering: passage à la « lumière »

Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

109

Grandeurs physiques discriminantes	Actions envisageables à la prise de vue
Localisation	cadrage
Distance à l'objectif	focale, profondeur de champ
Grandeur géométrique	Filtrage passe-bas spatial (flou)
Anisotropie directionnelle	Lentille cylindrique (focale différente selon deux axes perpendiculaires)
Orientation des surfaces	Angles d'éclairage ou de prise de vue
Vitesse	Temps de prise de vue (éclairage stroboscopique, sensibilisation du capteur, etc.) Suivi de l'élément mobile Moyennage d'images Soustraction d'éléments fixes
Couleur, longueur d'onde	Filtre couleur, source de lumière et capteur appropriés
Indice de réfraction	Mise au point, position de la source lumineuse ou du capteur
Réflexions	Filtre polarisants, direction d'éclairage et de prise de vue
Fluorescence	Eclairage et capteur adaptés aux longueurs d'ondes en jeu
Réflectance	Eclairage épiscopique
Caractéristique d'opacité	Eclairage diascopique

Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

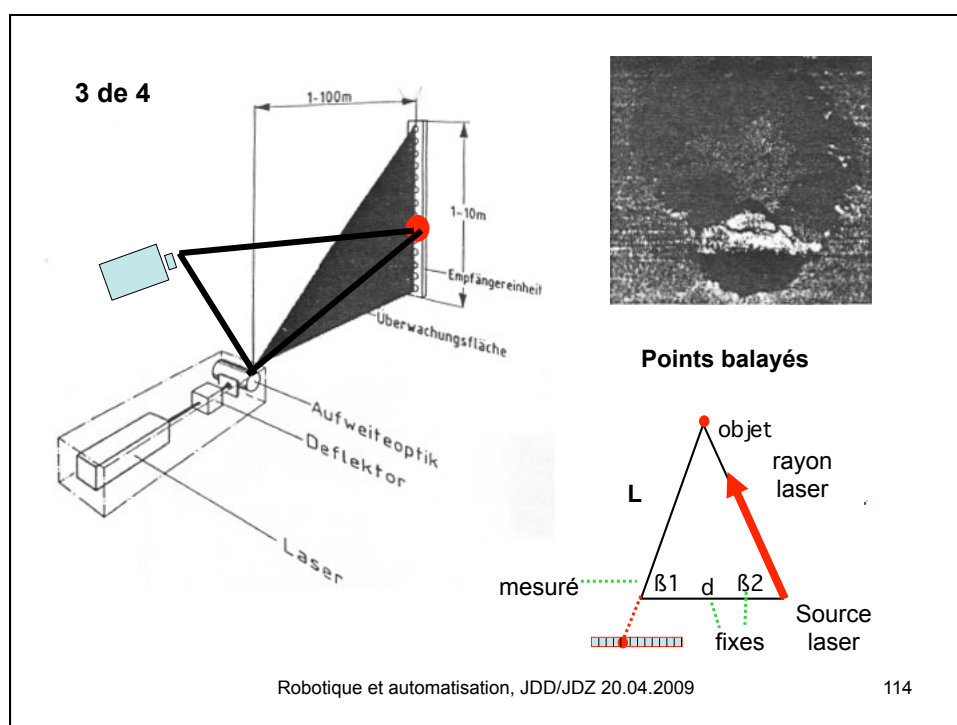
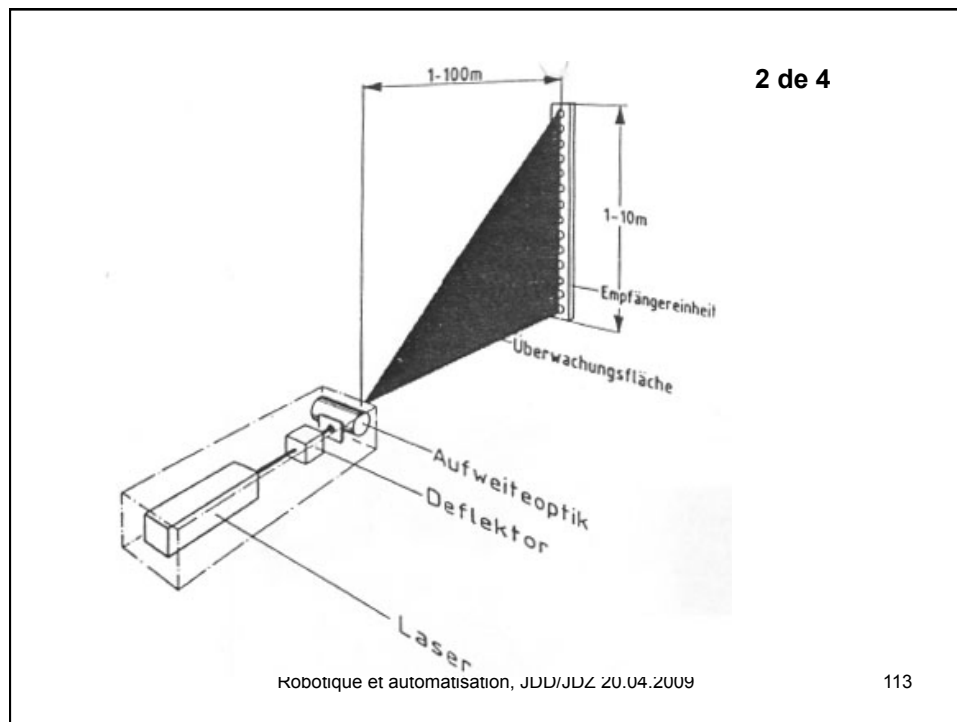
110

Grandeur physique	Action envisageable
<i>Espace (géométrie)</i> Etendue du champ de vue (taille de l' image)	- Cadrage serré!
Résolution spatiale	- Netteté minimale! - filtrage passe-bas (flou) et échantillonnage basse fréquence ($F_{éch} \approx 2F_{max}$) - Analyse séparée selon 2 axes perpendiculaires
<i>Temps</i> Durée (nombre d' images)	En général: instantané (prise de vue unique)!
Résolution temporelle	- $F_{éch} \approx 2F_{max}$! - Filtrage passe-bas (temps d' ouverture approprié) éventuellement nécessaire.
<i>Intensité lumineuse</i> Gamme dynamique	- Exploiter toute la plage de sensibilité du capteur: du minimum (niveau de bruit; noir) au maximum (niveau de saturation; blanc)
Résolution des niveaux de gris	- Nombre minimal de nuances. - Viser 2 niveaux (noir-blanc)
<i>Spectre lumineux</i> Résolution des couleurs	- Nombre minimal de couleurs / longueurs d'ondes différentes - Essayer d' éviter les couleurs (travailler sur l' intensité; luminance). Cf. niveaux de "gris".

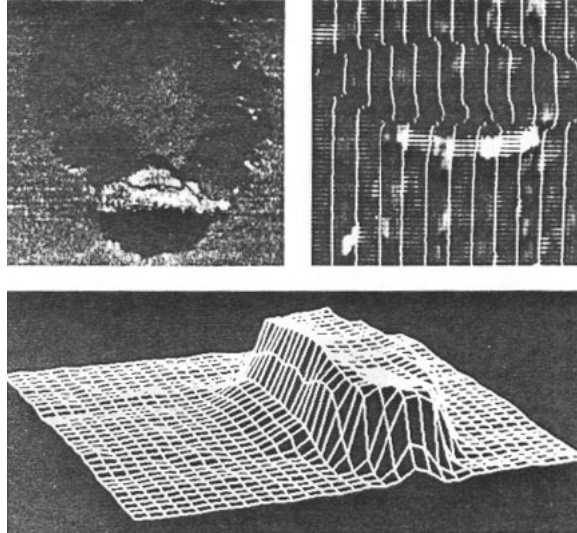
Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009 111

Exemple: détection de défaut sur pièce en fonte 1 de 4





4 de 4



Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

115

Autres exemples

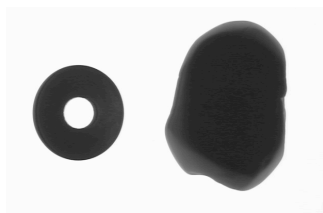


Image1

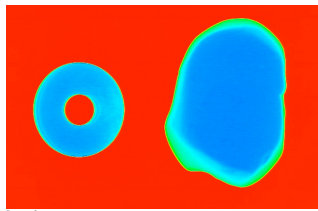


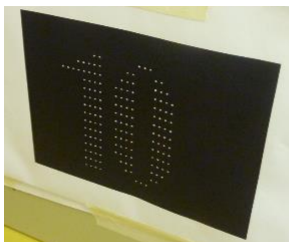
Image2

Opacité donc diascopie
(Conti et Zamni 2008)



0: noir, 1-30: bleu, ... cyan...

128: vert, ... jaune, 220-254: rouge, 255: blanc
Pseudocouleurs



zone +10 francs"
d'un billet de banque suisse
(Gaëtan et Ingold 2013-14)

Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009, 2013

116

Autres exemples



Image3

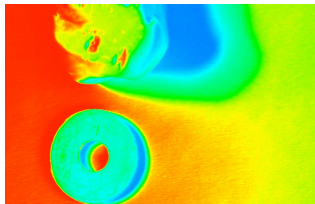


Image4

**Contraste en hauteur,
donc éclairage oblique
(Conti et Zamni 2008)**



0: noir, 1-30: bleu, ... cyan...

128: vert, ...

jaune, 220-254: rouge, 255: blanc

Pseudocouleurs

Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

117

Autres exemples

**Contraste : élément mat (socle noir) ou brillant (pièce alu) =>
Un angle d'éclairage approprié donne un contraste lumineux bien
utilisable**

**(Ici, les pièces sont côte-à-côte pour comparaison, mais sont
l'une sur l'autre pour l'application)**



Robotique et automatisation, JDD/JDZ 18.12.2013

118

Autres exemples

M. Gilliéron et S. Kirchner, 2008
Opacité 1 de 2



Image 1: Vue d'ensemble



Robotique et automatis:

3.3 Croquis de montage

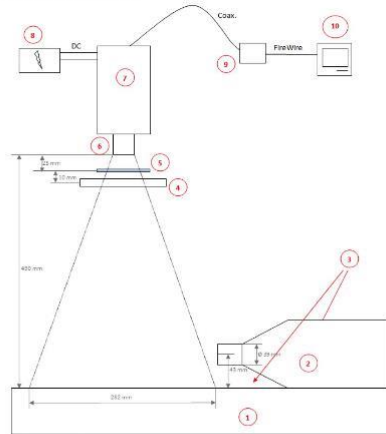


Figure 1: Croquis du montage

3.4 Liste de matériel

Type	Marque	Model	N° Heig-vd
1. Table éclairante	Hancocks	01-B701644	DBM-310
2. Bouteille verte			
3. Papier pour cacher la table éclairante de chaque côté de la bouteille			
4. Filtre polarisant	Hoya	52mm PL	
5. Filtre couleur cyan 60	Roscolux	34260 - Trans. 50%	
6. Objectif	Computar	8.5mm - 1:1.3 - 2/3" C	
7. Camera	CCD Camera	CV-950E Série P000016	DBM-GEN
8. Alimentation camera	Delta Elektronik	E 030-1 Série D6112	02E-145
9. Boîte d'acquisition Coax-1394	ImagingSource	DFG-1394-1e	
10. Ordinateur avec AXIS Capture			

Autres exemples

M. Gilliéron et S. Kirchner, 2008
Opacité 2 de 2

Pseudocouleurs

0: noir,
1-30: bleu,... c... vert...j...220-254: rouge,
255: blanc

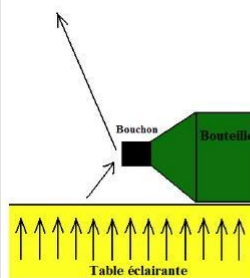


Figure 2: Effet miroir sur le bouchon



Image 6: Effet miroir diminué

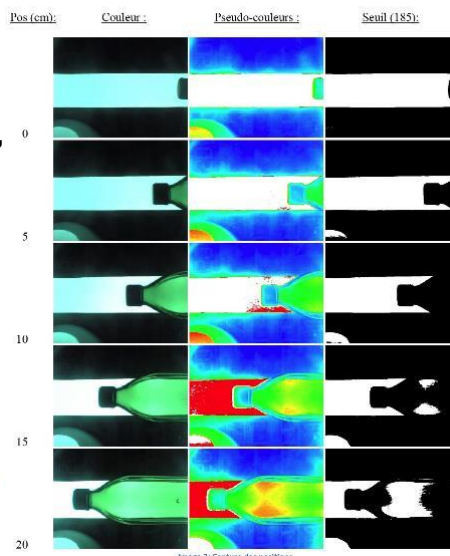


Image 3: Capture des positions

Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

120

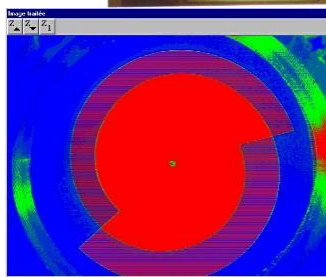
Autres exemples

Couleur
(filtre)

Ecran fausses
couleurs

Ecran niveaux
de gris

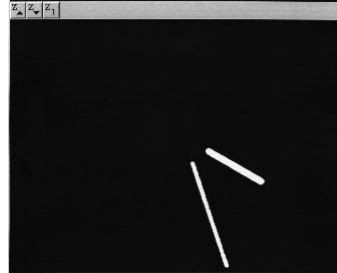
Palet rouge



Palet vert



Phosphorescence
(Eclairage UV)



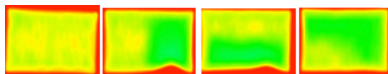
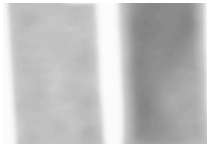
Vitesse,
déplacement
(stroboscope,
demi-balayage)

Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

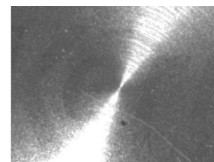
121

Autres exemples

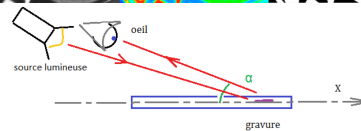
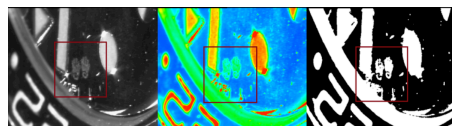
Transmission, infrarouges,
objectif télécentrique



sachets de sucre, vide et plein*



modes visible et infrarouge *



* Büchler-Grivet 2013 gravure, perçue avec objectif télécentrique *

Robotique et automatisation, JDD/JDZ 01.04.2014

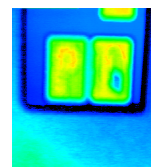
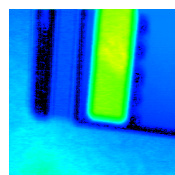
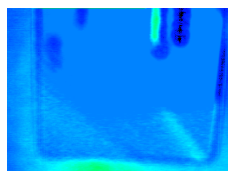
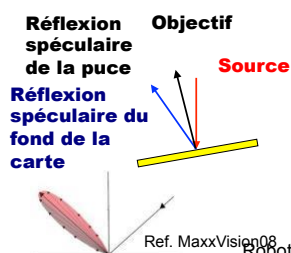
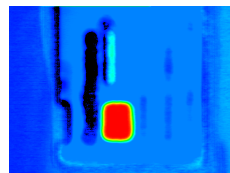
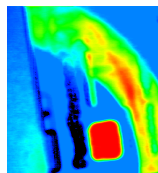
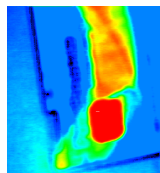
122

Autres exemples

Spécularité
(angle, sol. 1)

1 de 2

F. Maiorana et B. Rochat, mai 2008



Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

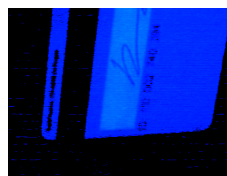
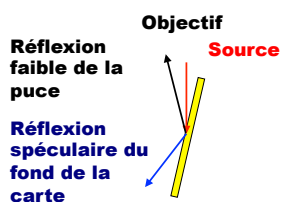
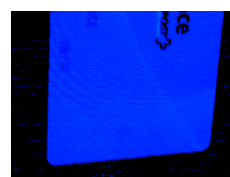
123

Autres exemples

Spécularité
(angle, sol. 2)

2 de 2

F. Maiorana et B. Rochat, mai 2008



Ici les images sont trop sombres, mais principe OK

Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

124

Autres exemples

distance

JDZ, 2011



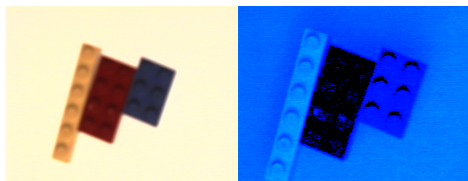
Robotique et automatisation, JDD/JDZ 012.01.14

125

Autres exemples

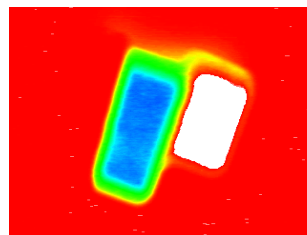
Filtrage de couleurs

F. Maiorana et B. Rochat, mai 2008



Original

filtré en bleu



idem - avec flou et
intensité en pseudocouleur



Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

126

Autres exemples (fluorescence)



Robotique et automatisation, JDD/JDZ 18.12.2013

127

Autres exemples

Y. Pelet et G. de Preux,
2008, Fluorescence

Vrai billet:



Faux billet avec UV
et filtre vert:



Image du billet avec u v



Image du billet avec u v et filtre vert



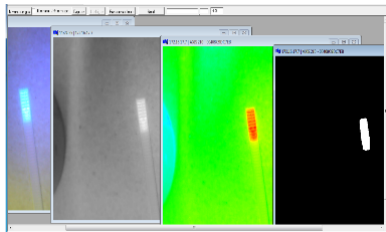
Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

128

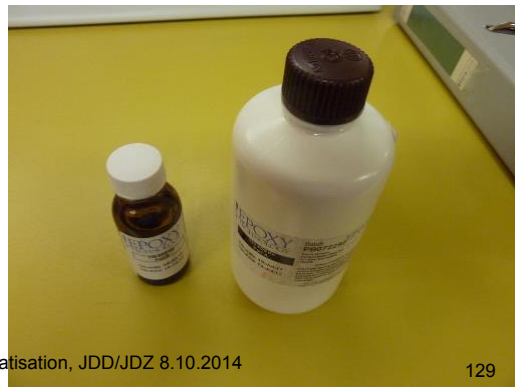
Autres exemples



lecture directe, éclairage ambiant



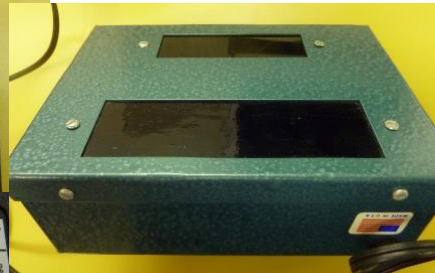
Colles bi-composants dopées – ou non – pour fluorescence



Robotique et automatisation, JDD/JDZ 8.10.2014

129

Autres exemples



Sources – éclairage - pour fluorescence

Robotique et automatisation, JDD/JDZ 18.12.2013

130

Autres exemples



The same scene in the visible spectrum and the long-wavelength infrared. Notice that the plastic bag is opaque to visible light but nearly transparent to infrared (courtesy NASA Spitzer Infrared Telescope team).

It's a common mistake for people to misunderstand the difference between near-infrared imaging and long-wave infrared imaging. Near-infrared imaging is pretty easy to achieve—standard CMOS and CCD imaging chips can easily detect light in the near-infrared region. Long-wave IR requires special sensors, since the light beam has a wavelength 1000 times longer than near-IR. This requires a correspondingly larger geometry in the sensor elements.

LaRA: caméra axis

Robotique et automatisation, JDD/JDZ 18.12.2013

131



Idem pour encre noire



<https://learn.sparkfun.com/tutorials/light/all?print=1>

Autres exemples

1 de 2

Boerio et Martinet, 2008



4 cm (incertitude image)



20 cm \pm 0.5 (hauteur liquide) Réel

Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

132

Autres exemples

2 de 2

Sol. 1 Indice de réfraction (eau-air):

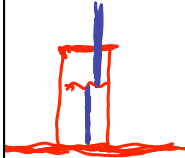


Figure 1 Image réelle réfraction

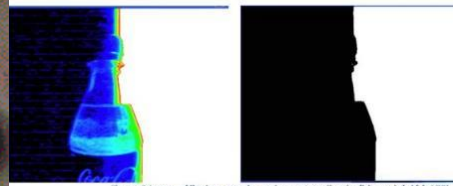


Figure 2 Image réflexion pseudo couleurs et seuil noirs/blancs (réglé à 177)

http://www.google.ch/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0CDgQFjAC&url=http%3A%2F%2Fwww.jeanvilar.net%2Fdepot%2Fcdp%2Fdiapo03.ppt&ei=g2yUs-UHKH_ygPYnoCgCg&usg=AFQjCNGHoMDkxlySwuEMDw8cm40gUcOOvQ&bvm=bv.58187178,d.bGQ

Robotique et automatisation, JDD/JDZ 18.12.2013

133

Autres exemples

2 de 2

Boerio et Martinet, 2008

Sol. 2 Capillarité et réflexion:



Figure 3 Image réelle capillarité

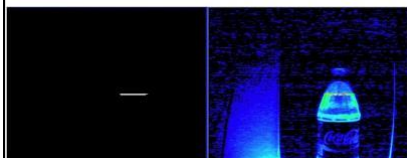


Figure 4 Image capillarité seuil noirs/blancs (réglé à 130) et pseudo couleurs

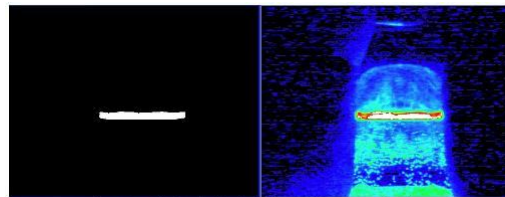


Figure 5 Image finale capillarité seuil noirs/blancs (réglé à 129) et pseudo couleurs

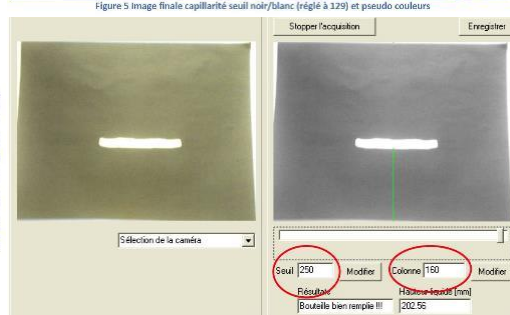


Figure 8 Déclaration seuil et colonne

Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

134

Autres exemples

**Baumer et Comau, 2008,
à Las Vegas**



Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

135

Conclusion

Acquisition d'images:

- Passage du monde réel à un tableau de nombres
- Engineering nécessaire
- Trouver dans un premier temps les éléments discriminants de nature quelconque (proximité, géométrie, vitesse, température, indice de réfraction, opacité, fluorescence, adhérence, etc)
- Dans un deuxième temps, tenter d'utiliser la lumière pour mettre en évidence ces éléments discriminants

Robotique et automatisation, JDD/JDZ 20.04.2009

136