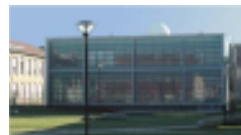


## Caméras / Capteurs



Paris-Saclay

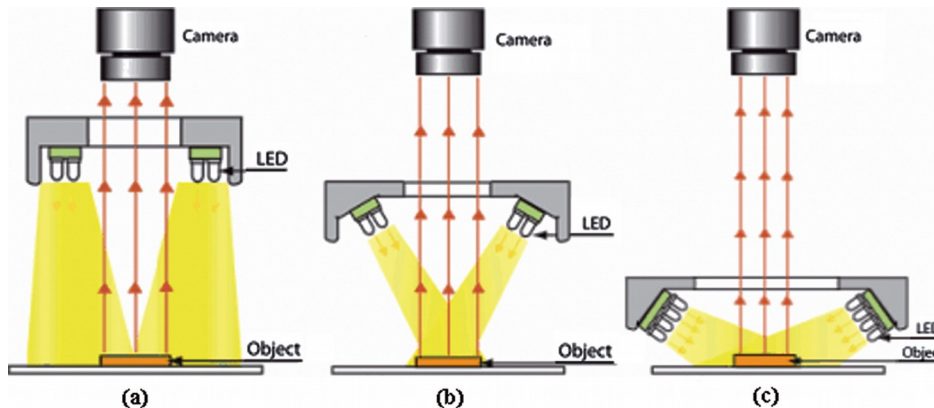


Saint-Étienne



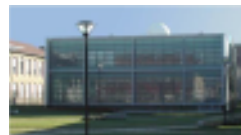
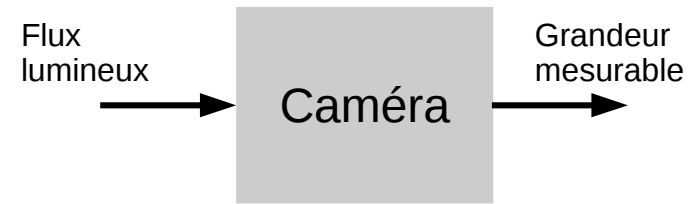
Bordeaux

## Caméra dans un système de vision industrielle

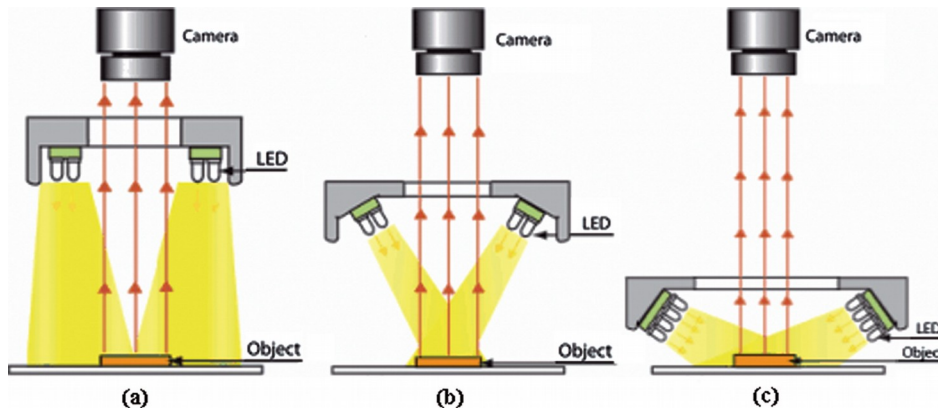


### Caméra

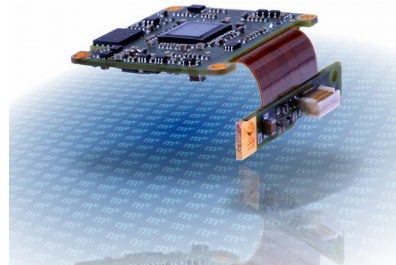
- Dispositif qui transforme un **flux lumineux** en un **signal électrique mesurable**



## Caméra dans un système de vision industrielle

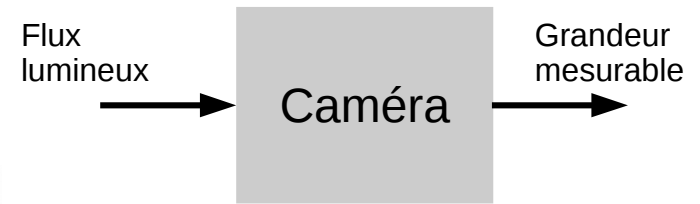


USB  
VISION



### Caméra

- Dispositif qui transforme un **flux lumineux** en un **signal électrique mesurable**

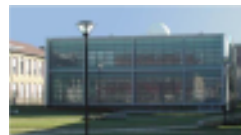


- **Intégrant :**
  - Des **semi-conducteurs photosensibles** transformant des photons en électrons
  - Des **composants électroniques** pour la mise en forme du signal

<http://opticalengineering.spiedigitallibrary.org>



Paris-Saclay



Saint-Étienne

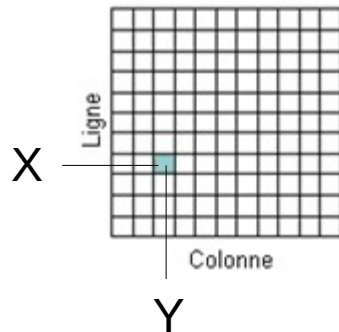


Bordeaux

## Qu'est-ce qu'une image numérique ?

### Matrice de pixels

- $M \times N$  pixels



- Pixel repéré par ses coordonnées X,Y

### Taille de l'image (informatique)

- Taille en bits =  $M \times N \times K \times C$ 
  - 1 image gris 1280 x 1024 x 10 bits = 13 Mbits
  - 1 image 3C 1280 x 1024 x 10 bits = 39 Mbits
- Taille en octets =  $M \times N \times K \times C / 8$ 
  - 1 image gris 1280 x 1024 x 10 bits = 1,6 Mo

### Quantification de l'information

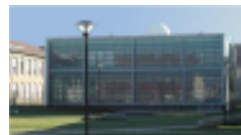
- La nuance d'intensité sur chaque pixel est quantifiée sur un nombre de données binaires : **K bits**
  - Permettant d'avoir  $2^K$  niveaux
  - 1 bit = 2 niveaux = blanc / noir
  - 2 bits = 4 niveaux
  - 10 bits = 1024 niveaux

### Vitesse de transfert

- Transfert = Tbits \* FrameRate
  - 1 image 1280 x 1024 x 10 bits x 30 fps = 393 Mbits/s = 49 Mo/s



Paris-Saclay



Saint-Étienne



Bordeaux

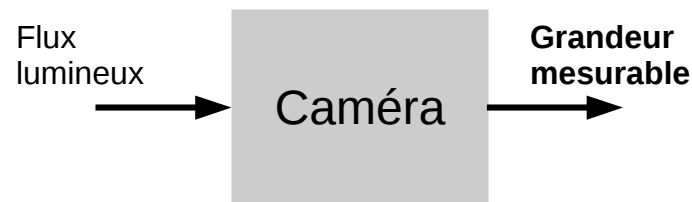
## Différents types de capteurs

### Analogique

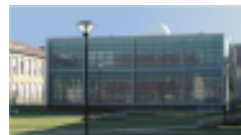
- Délivre un **signal analogique** (tension ou courant)
- Nécessite une carte d'acquisition convertissant en numérique

### Numérique

- Convertit directement l'information en **numérique** (sous forme binaire - bits)
- Carte d'acquisition : stocke et transfère l'image par **PIXEL**



Paris-Saclay



Saint-Étienne

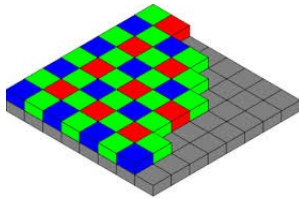
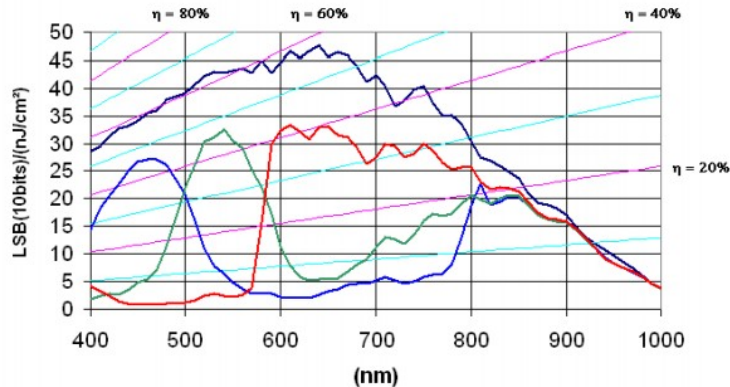


Bordeaux

## Différents types de capteurs

### Multivoies

### Monochrome / Couleur



Caméra IDS uEye

Flux  
lumineux



Caméra



Grandeur  
mesurable

### Analogique

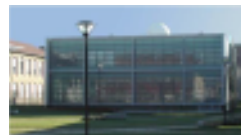
- Délivre un **signal analogique** (tension ou courant)
- Nécessite une carte d'acquisition convertissant en numérique

### Numérique

- Convertit directement l'information en **numérique** (sous forme binaire - bits)
- Carte d'acquisition : stocke et transfère l'image par **PIXEL**



Paris-Saclay



Saint-Étienne



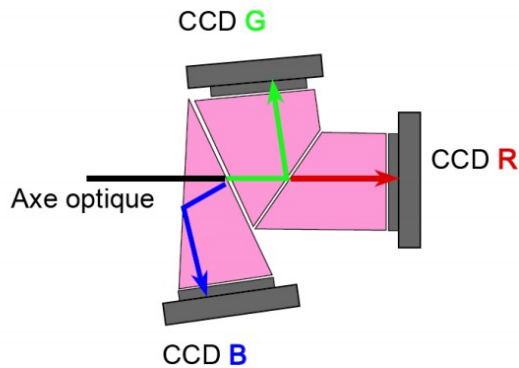
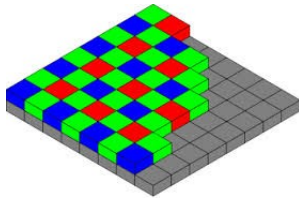
Bordeaux



## Différents types de capteurs

Multivoies

Monochrome / Couleur

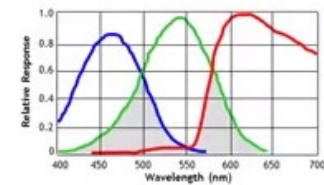
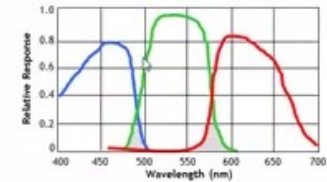


1.4 MP Bayer camera

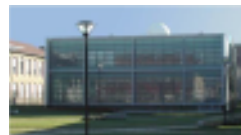


1.4 MP 3CCD camera

- 3-CCD cameras
  - Hard dichroic prism coatings produce steep spectral curves with little overlap
- Bayer cameras
  - Soft polymer dyes in Bayer filters produce much greater overlap causing uncertainty in color values



Paris-Saclay



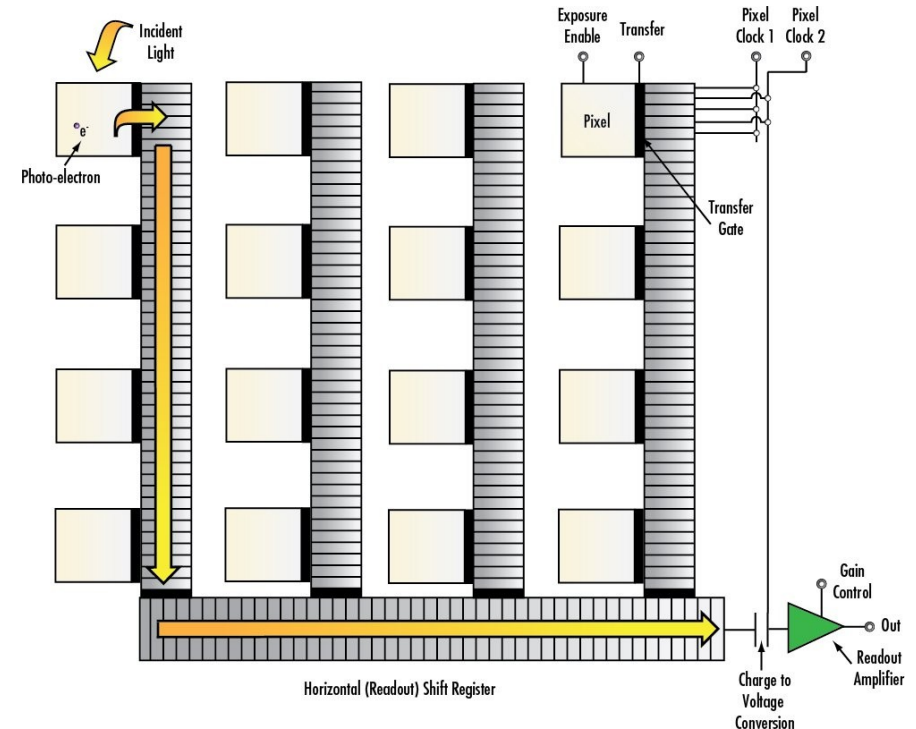
Saint-Étienne



Bordeaux

## Différents types de capteurs / Numérique

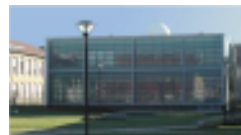
CCD



[www.edmundoptics.com](http://www.edmundoptics.com)



Paris-Saclay



Saint-Étienne

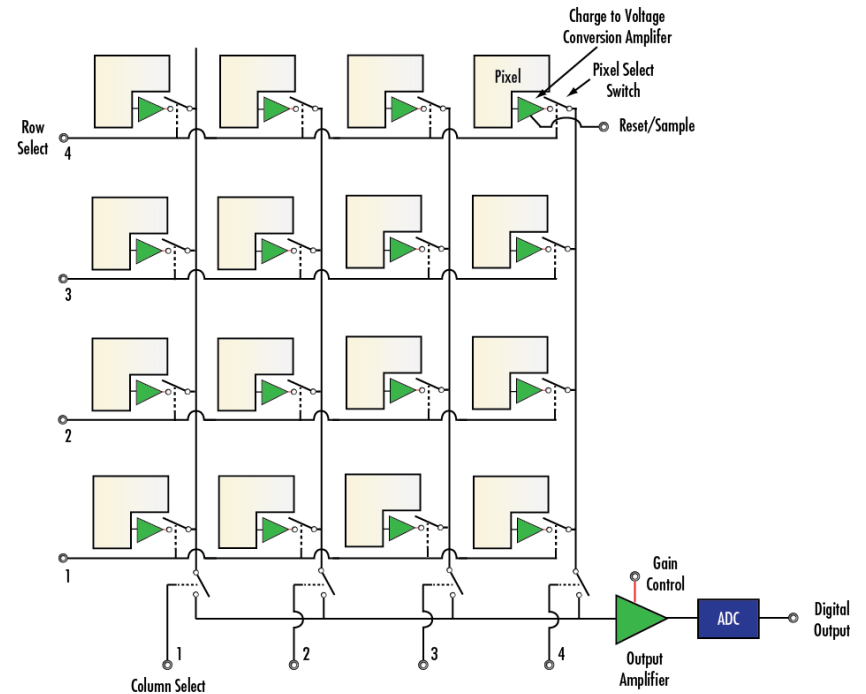


Bordeaux



## Différents types de capteurs / Numérique

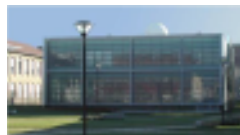
### CMOS



[www.edmundoptics.com](http://www.edmundoptics.com)



Paris-Saclay



Saint-Étienne



Bordeaux

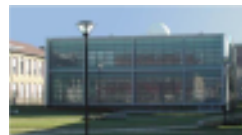
## Différents types de capteurs / Numérique

	CCD	CMOS
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualité d'images élevée</li> <li>• Bruit très faible</li> <li>• Haute sensibilité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Possibilité de lire des zones de la matrice (fenêtrage)</li> <li>• Compact</li> <li>• Faible consommation</li> <li>• Faible coût</li> </ul>
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Saturation à haute luminosité</li> <li>• Pas de possibilité de fenêtrage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bruit</li> <li>• Peu sensible à faible luminosité</li> </ul>

N. Vanderbroucke



Paris-Saclay



Saint-Étienne



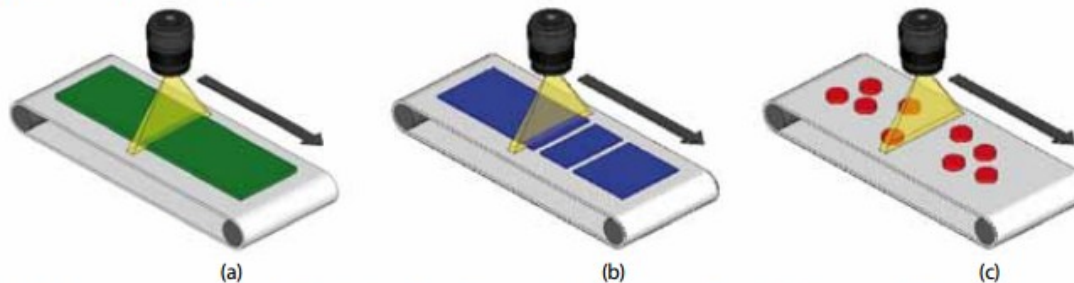
Bordeaux

## Différents types de capteurs / Numérique

Matricielle

Linéaire

### Les principales applications de la vision linéaire



Les caméras linéaires sont couramment utilisées dans l'inspection de produits en défilement continu (a) ou dans le contrôle de produits de longueur variable (b). L'acquisition, effectuée ligne par ligne, est en effet indépendante de la longueur de l'objet ou de ses proportions. On utilise aussi la technologie linéaire pour le contrôle de produits en vrac (c). Il n'est pas nécessaire de "recoller" plusieurs images successives au moment du traitement.

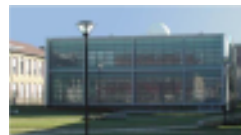
Stemmer Imaging



[www.mesures.com](http://www.mesures.com) / Capteurs linéaires



Paris-Saclay



Saint-Étienne



Bordeaux

## Différents types de capteurs / Numérique

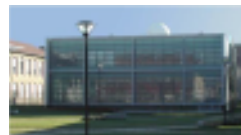
### Interface de transfert

Format	Débit théorique (Gbits/s)	Longueur de câble (m)
<b>USB</b>	0,48 (2.0) 5 (3.0)	5
<b>IEEE 1394 (Firewire)</b>	0,4 (1394a) 0,8 (1394b)	4,5 (1394a) 100 (1394b)
<b>Camera Link</b>	2 (Base)	10 (Base)
<b>GigE Vision</b>	1	100
<b>CoaxPress</b>	1,25 (CXP-1) 3,125 (CXP-3) 6,25 (CXP-6)	105 (CXP-1) 85 (CXP-3) 35 (CXP-6)

N. Vanderbroucke



Paris-Saclay



Saint-Étienne



Bordeaux

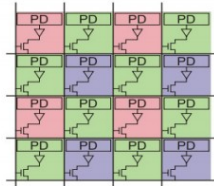
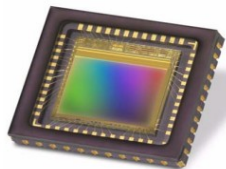
## Etude d'un capteur CMOS

### Caractéristiques

- *Capteur :*
  - *CMOS – 10 bits*
  - *Matriciel : 1280 x 1024 pixels*
  - *Pixels : 5.3 μm*
  - *USB 2.0*

Capteur EV76C560 Typical electro-optical performance @ 25°C and 65°C, nominal pixel clock

Parameter		Unit	Typical value	
Sensor characteristics	Resolution	pixels	1280 (H) × 1024 (V)	
	Image size	mm inches	6.9 (H) × 5.5 (V) - 8.7 (diagonal) ≈ 1/1.8	
	Pixel size (square)	μm	5.3 × 5.3	
	Aspect ratio		5 / 4	
	Max frame rate	fps	60 @ full format	
	Pixel rate	Mpixels / s	90 -> 120	
	Bit depth	bits	10	
	Pixel performance			@ 25°C
Dynamic range		dB	>62	>57
Qsat		ke-	12	
SNR Max		dB	41	39
MTF at Nyquist, λ=550 nm		%	50	
Dark signal <sup>(1)</sup>		LSB <sub>10</sub> /s	24	420
DSNU <sup>(1)</sup>		LSB <sub>10</sub> /s	6	116
PRNU <sup>(2)</sup> (RMS)		%	<1	
Responsivity <sup>(3)</sup>	LSB <sub>10</sub> /(Lux.s)	6600		
Electrical interface	Power supplies	V	3.3 & 1.8	
	Power consumption: Functional <sup>(4)</sup> Standby	mW μW	< 200 mW 180	



Paris-Saclay

1. Min gain, 10 bits.
2. Measured @ Vsat/2, min gain.
3. 3200K, window with AR coating, IR cutoff filter BG38 2 mm.
4. @ 60 fps, full format, with 10 pF on each output.

## Etude d'un capteur CMOS

Capteur EV76C560 Typical electro-optical performance @ 25°C and 65°C, nominal pixel clock

### Caractéristiques

- **Sensibilité / Réponse**
  - Relation entre flux lumineux et grandeur de sortie

Parameter		Unit	Typical value	
Sensor characteristics	Resolution	pixels	1280 (H) × 1024 (V)	
	Image size	mm inches	6.9 (H) × 5.5 (V) - 8.7 (diagonal) ≈ 1/1.8	
	Pixel size (square)	µm	5.3 × 5.3	
	Aspect ratio		5 / 4	
	Max frame rate	fps	60 @ full format	
	Pixel rate	Mpixels / s	90 -> 120	
	Bit depth	bits	10	
Pixel performance			@ 25°C	@ 65°C
	Dynamic range	dB	>62	>57
	Qsat	ke-	12	
	SNR Max	dB	41	39
	MTF at Nyquist, λ=550 nm	%	50	
	Dark signal <sup>(1)</sup>	LSB <sub>10</sub> /s	24	420
	DSNU <sup>(1)</sup>	LSB <sub>10</sub> /s	6	116
	PRNU <sup>(2)</sup> (RMS)	%	<1	
Responsivity <sup>(3)</sup>	LSB <sub>10</sub> /(Lux.s)	6600		
Electrical interface	Power supplies	V	3.3 & 1.8	
	Power consumption: Functional <sup>(4)</sup> Standby	mW µW	< 200 mW 180	



Paris-Saclay

1. Min gain, 10 bits.
2. Measured @ Vsat/2, min gain.
3. 3200K, window with AR coating, IR cutoff filter BG38 2 mm.
4. @ 60 fps, full format, with 10 pF on each output.

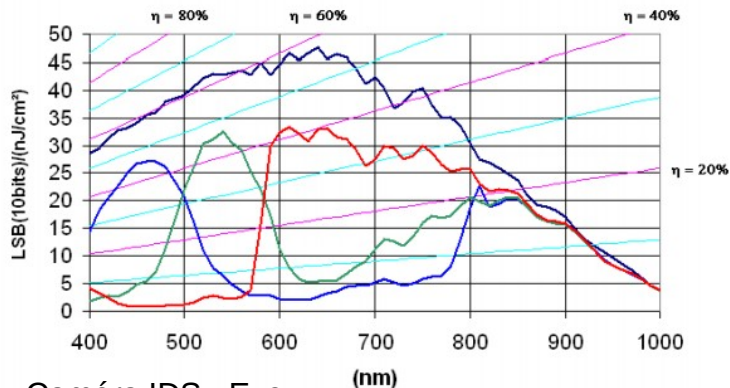


## Etude d'un capteur CMOS

Capteur EV76C560 Typical electro-optical performance @ 25°C and 65°C, nominal pixel clock

### Caractéristiques

- **Sensibilité / Réponse**
  - Relation entre flux lumineux et grandeur de sortie
- **Sensibilité spectrale**
  - Réponse en fonction de la longueur d'onde



Caméra IDS uEye



Paris-Saclay

Parameter		Unit	Typical value	
Sensor characteristics	Resolution	pixels	1280 (H) × 1024 (V)	
	Image size	mm inches	6.9 (H) × 5.5 (V) - 8.7 (diagonal) ≈ 1/1.8	
	Pixel size (square)	µm	5.3 × 5.3	
	Aspect ratio		5 / 4	
	Max frame rate	fps	60 @ full format	
	Pixel rate	Mpixels / s	90 -> 120	
	Bit depth	bits	10	
Pixel performance			@ 25°C	@ 65°C
	Dynamic range	dB	>62	>57
	Qsat	ke-	12	
	SNR Max	dB	41	39
	MTF at Nyquist, λ=550 nm	%	50	
	Dark signal <sup>(1)</sup>	LSB <sub>10</sub> /s	24	420
	DSNU <sup>(1)</sup>	LSB <sub>10</sub> /s	6	116
	PRNU <sup>(2)</sup> (RMS)	%	<1	
	Responsivity <sup>(3)</sup>	LSB <sub>10</sub> /(Lux.s)	6600	
	Power supplies	V	3.3 & 1.8	
Power consumption:	Functional <sup>(4)</sup>	mW	< 200 mW	
	Standby	µW	180	

1. Min gain, 10 bits.
2. Measured @ Vsat/2, min gain.
3. 3200K, window with AR coating, IR cutoff filter BG38 2 mm.
4. @ 60 fps, full format, with 10 pF on each output.

## Etude d'un capteur CMOS

Capteur EV76C560 Typical electro-optical performance @ 25°C and 65°C, nominal pixel clock

### Caractéristiques

- **Sensibilité / Réponse**
  - Relation entre flux lumineux et grandeur de sortie
- **Sensibilité spectrale**
  - Réponse en fonction de la longueur d'onde
- **Rapport signal à bruit**
  - Rapport entre signal utile et niveau de bruit présent sans signal (électronique)
- **Fréquence d'acquisition**
- **Température de fonctionnement**
- **Résolution du capteur**

Parameter		Unit	Typical value	
Sensor characteristics	Resolution	pixels	1280 (H) × 1024 (V)	
	Image size	mm inches	6.9 (H) × 5.5 (V) - 8.7 (diagonal) ≈ 1/1.8	
	Pixel size (square)	µm	5.3 × 5.3	
	Aspect ratio		5 / 4	
	Max frame rate	fps	60 @ full format	
	Pixel rate	Mpixels / s	90 -> 120	
	Bit depth	bits	10	
Pixel performance			@ 25°C	@ 65°C
	Dynamic range	dB	>62	>57
	Qsat	ke-	12	
	SNR Max	dB	41	39
	MTF at Nyquist, λ=550 nm	%	50	
	Dark signal <sup>(1)</sup>	LSB <sub>10</sub> /s	24	420
	DSNU <sup>(1)</sup>	LSB <sub>10</sub> /s	6	116
	PRNU <sup>(2)</sup> (RMS)	%	<1	
Responsivity <sup>(3)</sup>	LSB <sub>10</sub> /(Lux.s)	6600		
Electrical interface	Power supplies	V	3.3 & 1.8	
	Power consumption: Functional <sup>(4)</sup> Standby	mW µW	< 200 mW 180	



Paris-Saclay

1. Min gain, 10 bits.
2. Measured @ Vsat/2, min gain.
3. 3200K, window with AR coating, IR cutoff filter BG38 2 mm.
4. @ 60 fps, full format, with 10 pF on each output.

## Etude d'un capteur CMOS

### Caractéristiques

- **Sensibilité / Réponse**
  - Relation entre flux lumineux et grandeur de sortie
- **Sensibilité spectrale**
  - Réponse en fonction de la longueur d'onde
- **Rapport signal à bruit**
  - Rapport entre signal utile et niveau de bruit présent sans signal (électronique)
- **Fréquence d'acquisition**
- **Température de fonctionnement**
- **Résolution du capteur / Taille**

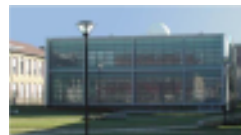
Dénomination	Résolution	Rapport	Taille image (pixels)
QVGA	320 × 240	4:3	76 800
VGA	640 × 480	4:3	307 200
SVGA	800 × 600	4:3	480 000
XGA	1024 × 768	4:3	786 432
SXGA	1280 × 1024	5:4	1 310 720
UXGA	1600 × 1200	4:3	1 920 000
QXGA	2048 × 1536	4:3	3 145 728
QSXGA	2560 × 2048	5:4	5 242 880

Dénomination	Taille (mm)	Rapport	Diagonale (mm)
1/4"	3,2 × 2,4	4:3	4
1/3"	4,8 × 3,6	4:3	6
1/2"	6,4 × 4,8	4:3	8
1/1,8"	7,176 × 5,319	4:3	8,933
2/3"	8,8 × 6,6	4:3	11
1"	12,8 × 9,6	4:3	16
4/3"	18 × 13,5	4:3	22,5

N. Vanderbroucke



Paris-Saclay

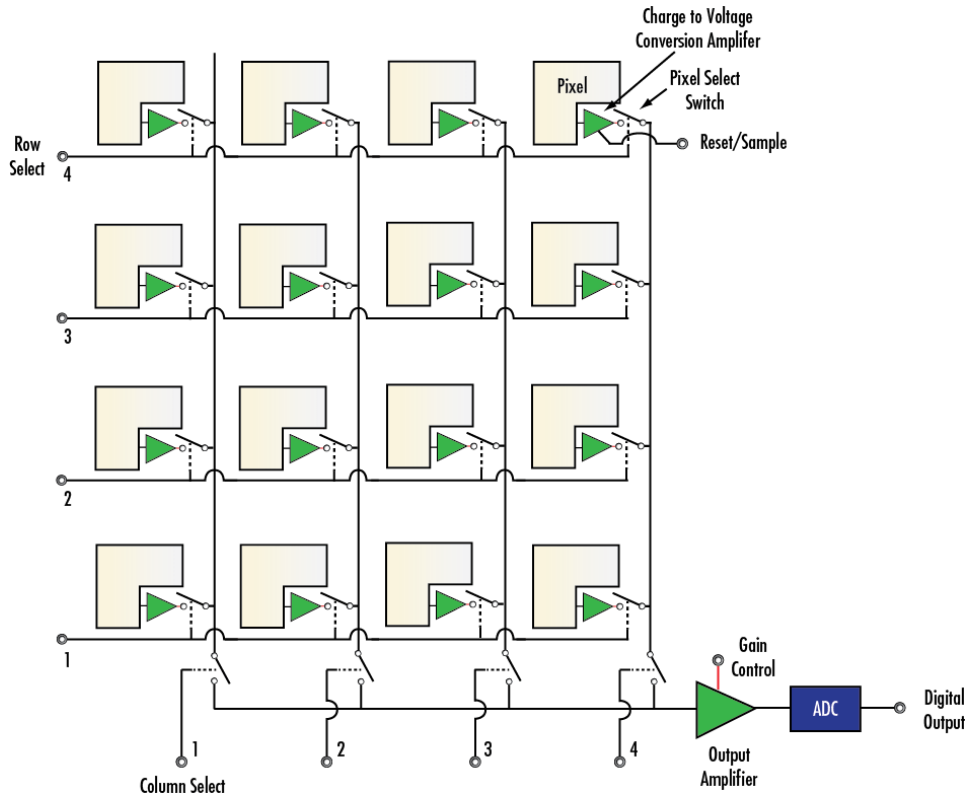


Saint-Étienne



Bordeaux

## Acquisition d'une image / CMOS



### En 2 étapes

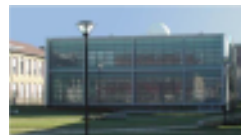
- **Temps d'intégration**
  - Accumulation de charges
- **Temps de transfert**
  - Transfert des charges

### Démo

- **Temps d'intégration**



Paris-Saclay

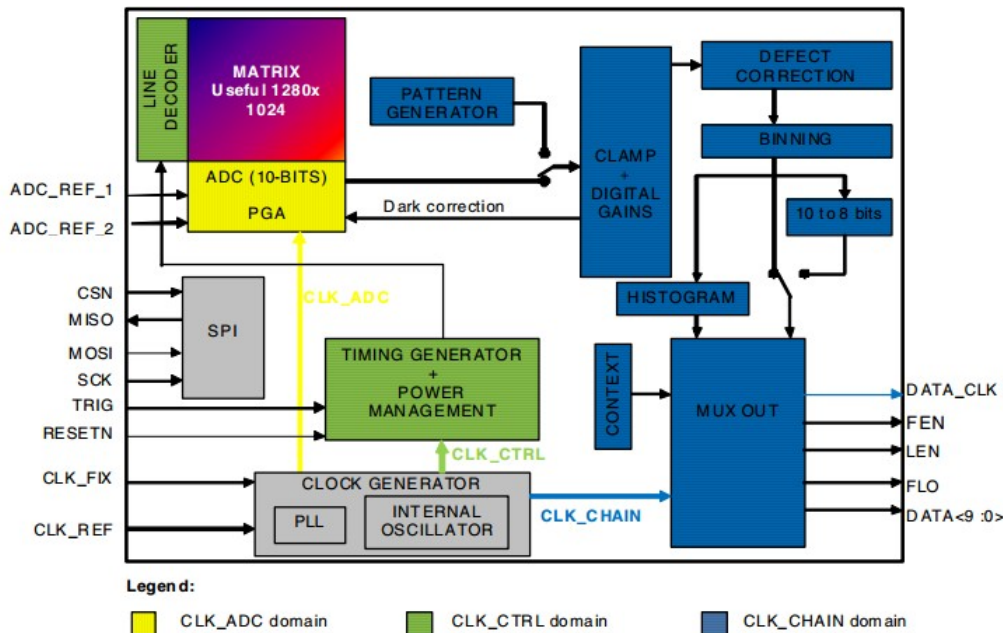


Saint-Étienne



Bordeaux

## Capteur / Paramètres importants



### Temps d'intégration

### Gain

- **Analogique**
  - Configurable sur certaines caméras
- **Numérique**
  - Conversion analogique-numérique

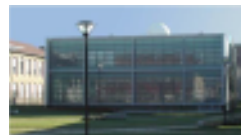
$$\text{Gain} = 2^{P-2} \times \left( 1 + \frac{G}{64} \right)$$

### Démo

- **Gain**



Paris-Saclay



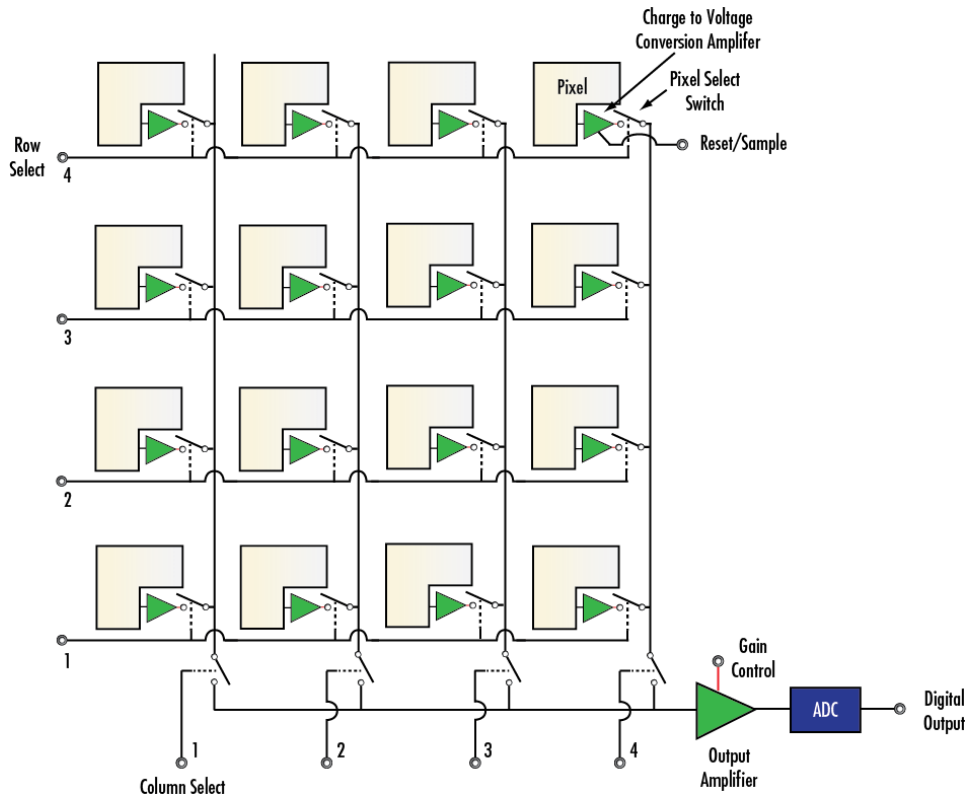
Saint-Étienne



Bordeaux



## Capteur / Paramètres importants



Temps d'intégration

Gain

Offset

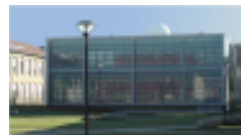
- **Facteur additif** permettant de détecter de faibles quantités de photons

Démo

- **Offset / obscurité**



Paris-Saclay



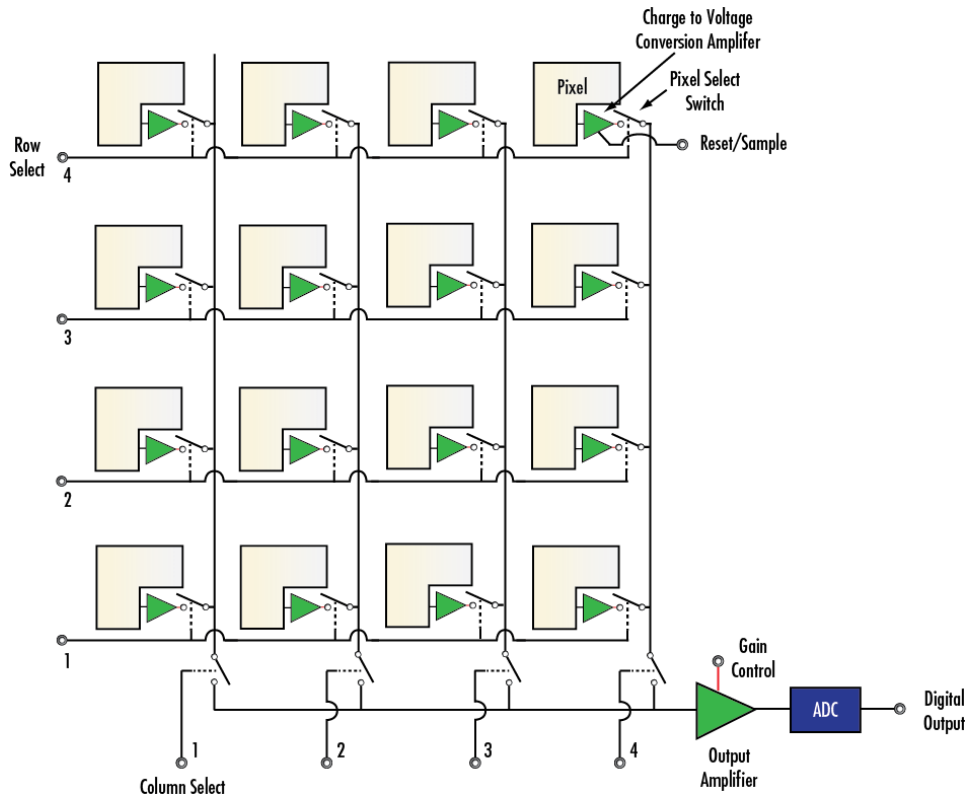
Saint-Étienne



Bordeaux



## Capteur / Paramètres importants

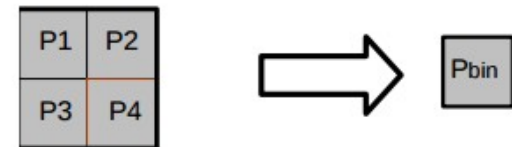


Temps d'intégration

Gain

Offset

Binning

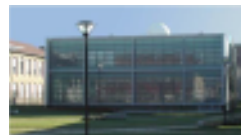


Démo

➤ **Binning 2x2**



Paris-Saclay



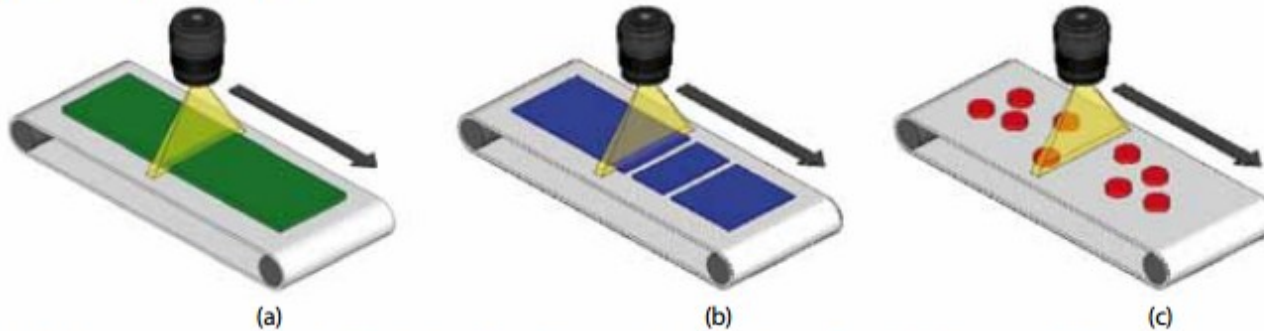
Saint-Étienne



Bordeaux

## Caméras linéaires

### Les principales applications de la vision linéaire



Les caméras linéaires sont couramment utilisées dans l'inspection de produits en défilement continu (a) ou dans le contrôle de produits de longueur variable (b). L'acquisition, effectuée ligne par ligne, est en effet indépendante de la longueur de l'objet ou de ses proportions. On utilise aussi la technologie linéaire pour le contrôle de produits en vrac (c). Il n'est pas nécessaire de "recoller" plusieurs images successives au moment du traitement.

Stemmer Imaging

**VTDI**

VT Series

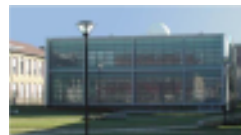
High Sensitivity &  
High Speed TDI Line Scan Cameras



[www.mesures.com](http://www.mesures.com) / Capteurs linéaires



Paris-Saclay

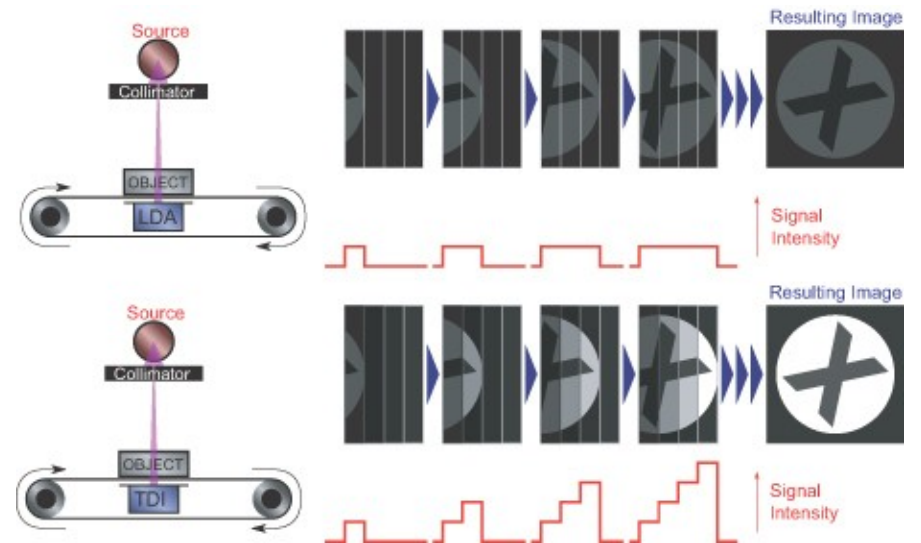


Saint-Étienne



Bordeaux

## Caméras linéaires



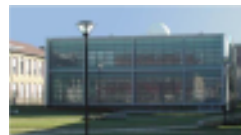
**VTDI**

VT Series

High Sensitivity &  
High Speed TDI Line Scan Cameras



Paris-Saclay



Saint-Étienne



Bordeaux