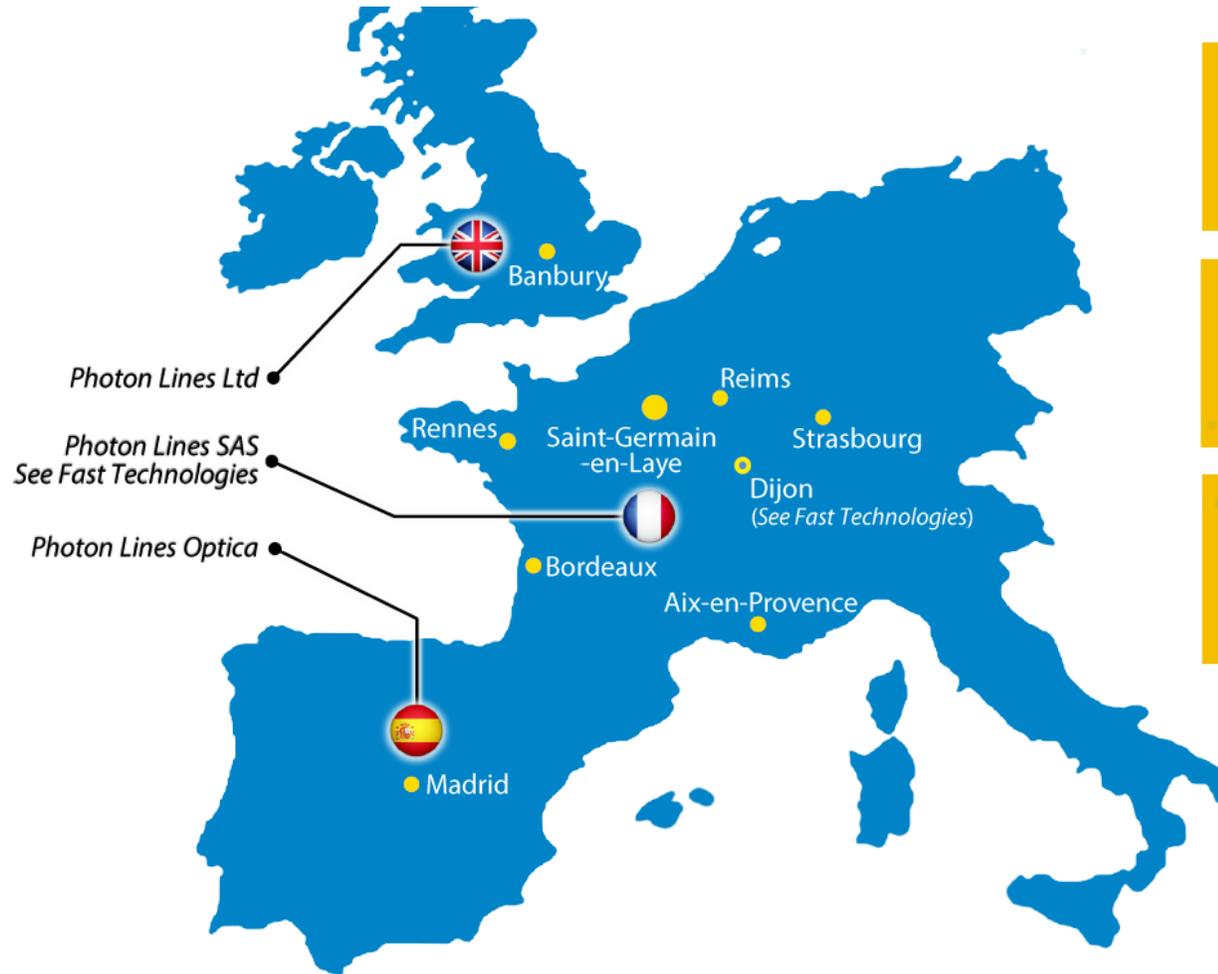


# eyeCAR : Nouvelle Stratégie de Vision Intelligente Pour l'Aide à la Conduite

THOMAS GELOT, PHD

---

# Le groupe Photon Lines



**Créé en 2001**



**25 personnes  
(groupe)**



**7 000 000 €**

# Nos activités

## Distributeur d'instrumentation optique



Industrie



Recherche



Forensique



Télécoms

- Caméras rapides et scientifiques
- Spectromètres, caméras multi- / hyperspectrales
- Systèmes d'éclairage, lasers
- Composants optiques, tables optiques
- Systèmes d'analyse optique, de bio-imagerie
- Soudeuses de fibres optiques, réflectomètres
- Logiciels (trajectographie, chimiométrie, traitement de l'image,...)



## Fournisseur de solutions techniques et scientifiques pour la recherche et l'industrie

- Études techniques et scientifiques (notre bureau R&D)
- Formations (imagerie, spectroscopie, trajectographie,...)
- Support technique approfondi à long terme



# Le projet eyeCAR : Contexte Global

## ETUDE DE FAISABILITE

Etude de marché

Besoin fonctionnel

Offre existante

Conditions d'insertion du marché

Cahier des Charge Fonctionnel

Situations de vie

Fonctions de contraintes  
Fonctions principales

Spécifications techniques

Dimensionnement du capteur / des optiques

Frame rate

Algorithmes de détection

Etc....

## CAMERA ADAS



## CONDITIONS CONTRAIGNANTES



# SOMMAIRE :

---

## I – eyeCAR : Résumé Etude de Marché

- Description du besoin : attentes des usagers + données sécurité routière
- Description de l'offre : technologies existantes + focus sur camera ADAS
- Marché eyeCAR : adéquation entre besoin et offre

## II – eyeCAR : Capteur orienté vers l'HDR

- Définition, objectifs et enjeux de l'HDR
- Etat de l'art des capteurs existant
- Choix d'un capteur logarithmique

## III – eyeCAR : Pré-étude technique

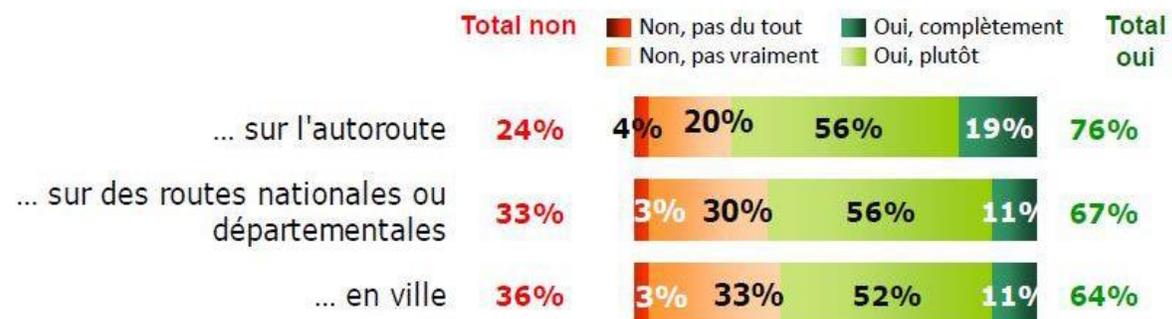
- Prise en main, délimitation et tests du capteur logarithmique
- Traitement d'image temps réel embarqué : contraintes, choix de l'algorithme et perspectives

# I- Le besoin : Attentes des usagers

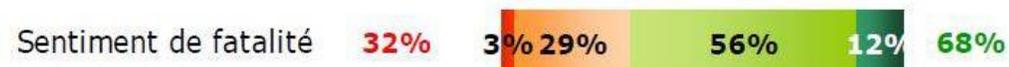
## Parmi les automobilistes français :

- **31 %** : expriment de **l'insécurité** au volant

Q35. Vous sentez-vous en sécurité aujourd'hui lorsque vous conduisez... ?



Q36. Et avez-vous le sentiment de pouvoir agir sur les risques d'accident de la route ?



Source : Baromètre prévention routière, Allianz, Base 3350 personnes

# I- Le besoin : Attentes des usagers

## Parmi les automobilistes français :

- **31 %** : expriment de **l'insécurité** au volant
- **32 %** : Sources d'Accidents = **vigilance**

Q44. Selon vous, quelles sont les principales sources d'accidents de la route ?

Question ouverte réponses spontanées

Base : ensemble, 3 350 personnes ayant le permis auto ou moto



© Copyright Allianz SE 3 mars 2017

Source : Baromètre prévention routière, Allianz, Base 3350 personnes

# I- Le besoin : Attentes des usagers

## Parmi les automobilistes français :

- **31 %** : expriment de **l'insécurité** au volant
- **32 %** : Sources d'Accidents = **vigilance**
- **64 %** : Ne savent pas que **l'hiver** est la période la plus accidentogène

Q45. Et d'après vous, à quelle période de l'année les accidents de la route sont-ils plus fréquents ?

Base : ensemble, 3 350 personnes ayant le permis auto ou moto



Source : Baromètre prévention routière, Allianz, Base 3350 personnes

# I- Le besoin : Attentes des usagers

## Parmi les automobilistes français :

- **31 %** : expriment de **l'insécurité** au volant
- **32 %** : Sources d'Accidents = **vigilance**
- **64 %** : Ne savent pas que **l'hiver** est la période la plus accidentogène
- **86 %** : intéressés par un système de **détection** de piétons / obstacles, **59%** seraient capables de payer **plus cher** une voiture équipée

**Fig. 22** ▶ Indépendamment de leur prix, diriez-vous que vous êtes intéressé par ces services/ fonctionnalités pouvant être offerts par une voiture connectée ?

Source : BIPE - L'Observatoire Cetelem.



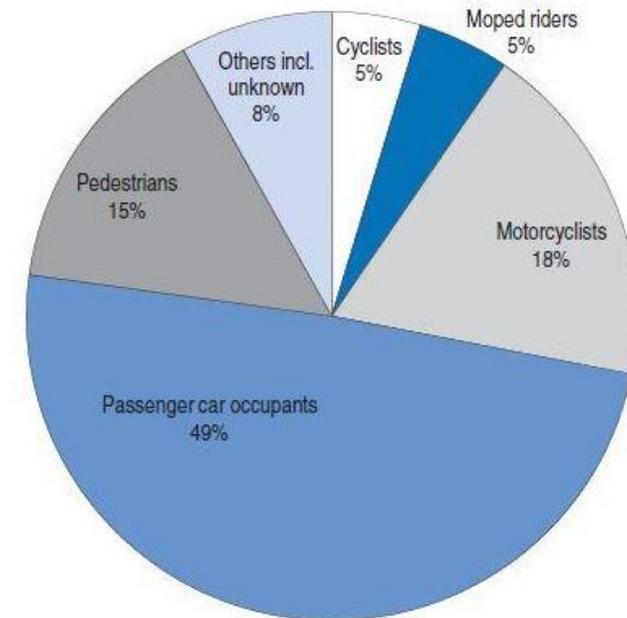
Source : observatoire Cetelem 2016, les attentes des usagers en termes de voiture « autonome »

# I- Le besoin : Données de sécurité routières

## Quelles cibles ?

- Majoritairement des **piétons** et **motocyclistes**

Figure 12.2. Road fatalities by road user group in percentage of total 2014



Source : International Transport Forum , IRTAD, Road safety annual report 2016

# I- Le besoin : Données de sécurité routières

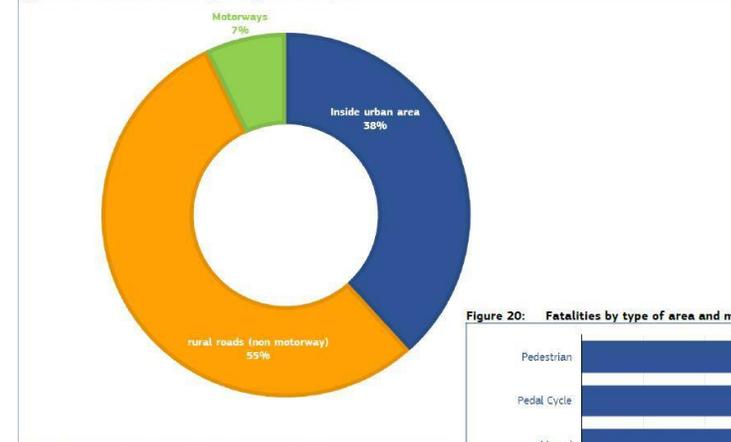
## Quelles cibles ?

- Majoritairement des **piétons** et **motocyclistes**

## Quels types de routes ?

- Majoritairement en **zones urbaines** et **routes rurales**

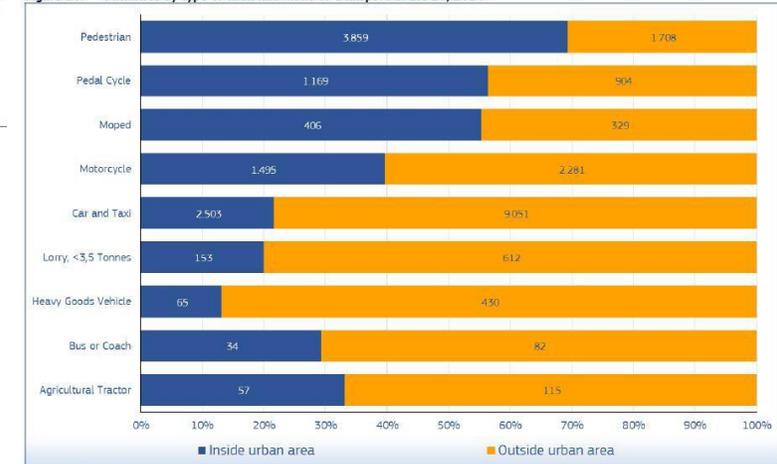
Figure 12: Share of fatalities by area type in the EU, 2014



Source: CARE (EU road accidents database) or national publications  
Last update: May 2016

Source : European Road Safety Observatory, « annual accident report 2016 »

Figure 20: Fatalities by type of area and mode of transport in the EU, 2014



Source: CARE (EU road accidents database) or national publications  
Last update: May 2016

# I- Le besoin : Données de sécurité routières

## Quelles cibles ?

- Majoritairement des **piétons** et **motocyclistes**

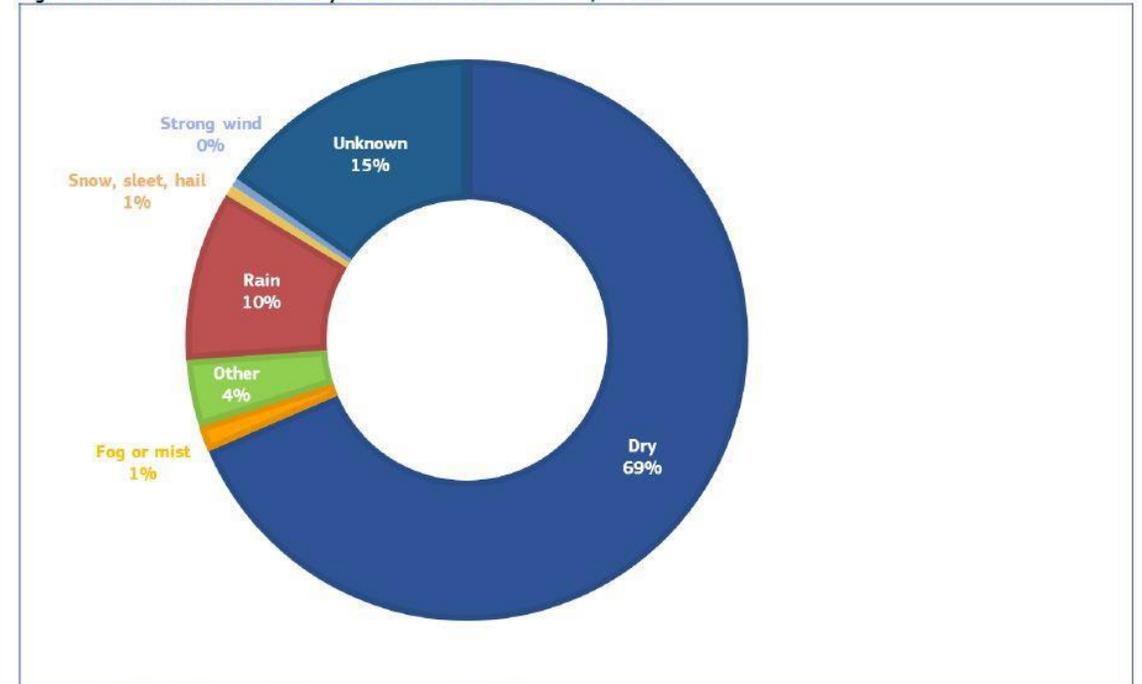
## Quels types de routes ?

- Majoritairement en **zones urbaines** et **routes rurales**

## Quelle météo ?

- **69 %** temps **sec**, **1 %** **Brouillard**, **1%** **Neige...**

Figure 28: Number of fatalities by weather conditions in the EU, 2014



Source: CARE (EU road accidents database) or national publications

Last update: May 2016

Source : European Road Safety Observatory, « annual accident report 2016 »

# I- Le besoin : Données de sécurité routières

## Quelles cibles ?

- Majoritairement des **piétons** et **motocyclistes**

## Quels types de routes ?

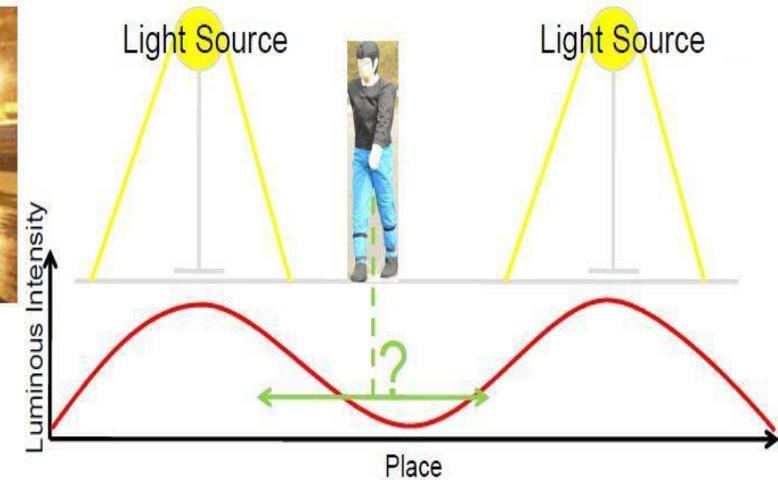
- Majoritairement en **zones urbaines** et **routes rurales**

## Quelle météo ?

- **69 %** temps **sec**, **1 %** **Brouillard**, **1%** **Neige...**

## Quel éclairage ?

- KSI : 57% jour ; 43% nuit
- Morts : **30%** jour ; **70 %** nuit



12

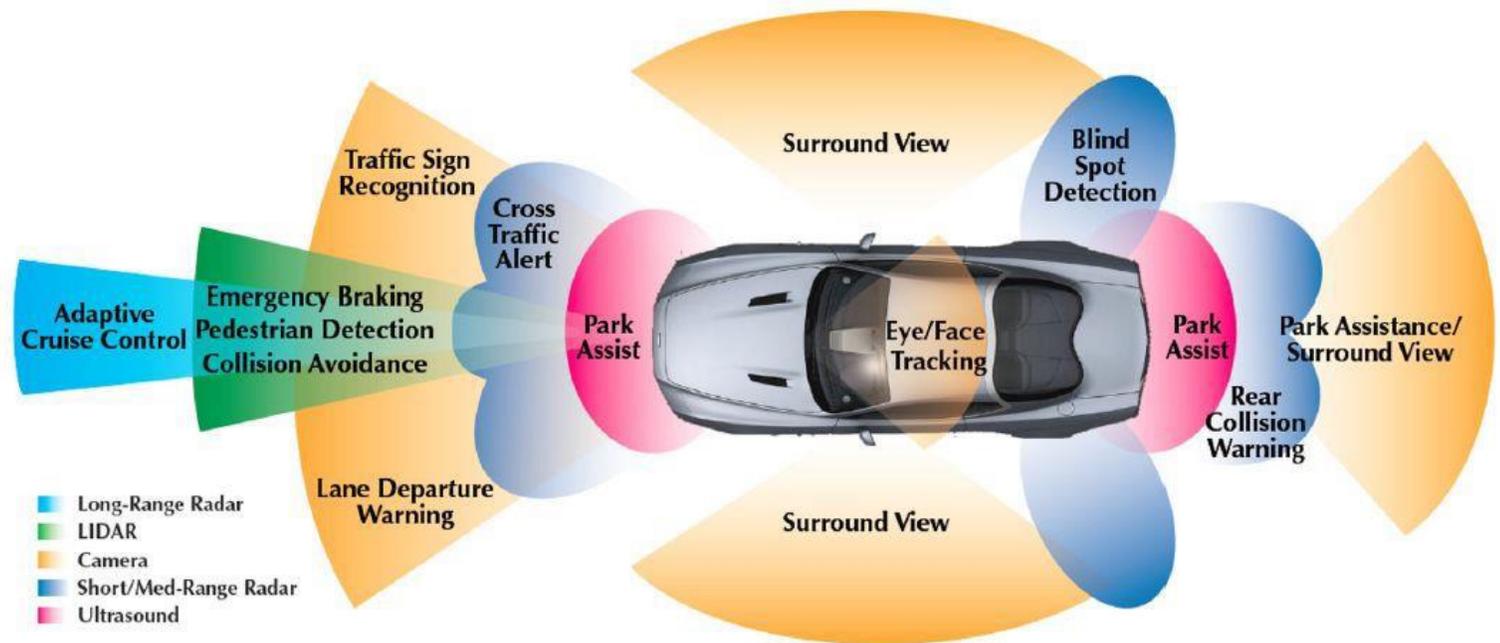
**Eclairage Urbain présent dans la majorité des cas !!!!**

Source Euro NCAP's Roas Map 2020 – The next steps for vulnerable Road User AEB assesment

# I- L'offre : Technologies d'aide à la conduite

Différentes technologies à disposition avec :

- Fonctions plus ou moins dédiées



Source : WCP, Texas Instruments

# I- L'offre : Technologies d'aide à la conduite

Différentes technologies à disposition avec :

- **Fonctions** plus ou moins **dédiées**
- **Avantages** et **inconvenients** propres

Performances comparées sous conditions spécifiques	Camera	Radar	LiDAR
Vision nocture, avec peu ou sans lumière	Faible sensibilité	Très bon (technologie peu affectée par les conditions lumineuses)	Très bon
Conditions d'éclairage variable	Sature la camera	Très bon (technologie peu affectée par les conditions lumineuses)	Très bon
Intempéries (pluie, neige, brouillard)	Raccourci la portée	Très bon	Raccourci la portée
Résolution angulaire	Faible à longue portée	Actuellement (2-5 deg) - En développement (0.5-1 deg)	0.1 Deg
Couleur et contraste	oui	non	Pas de couleur - limité à des informations de contraste
Cout actuel de la technologie	Faible (2MP résolution)	Moyen (24 GHz RADAR)	Elevé

Source : Hamamatsu, Jake Li, LiDAR for ADAS and Autonomous driving, sensors EXPO 2018

# I- L'offre : Technologies d'aide à la conduite

Différentes technologies à disposition avec :

- Fonctions plus ou moins dédiées
- Avantages et inconvénients propres
- Futur = combinaisons Radar, Lidar, Camera ?

Legend:   Most likely used fusion solution in future    ● Good    ● Fair    ● Poor

	Camera	Radar	LiDAR	Ultrasonic	LiDAR+Radar+Camera
Object detection	●	●	●	●	●
Object classification	●	●	●	●	●
Distance estimation	●	●	●	●	●
Object edge precision	●	●	●	●	●
Lane tracking	●	●	●	●	●
Range of visibility	●	●	●	●	●
Functionality in bad weather	●	●	●	●	●
Functionality in poor lighting	●	●	●	●	●

*"Sensor fusion is key because the more complex features get, the more redundancy you need. Every autonomous vehicle is going to have some combination of LiDAR, Radar and camera."  
 – ADAS engineer at a prominent OEM*

Source : Sensor Fusion Key to Autonomous Sensing, Etude WCB, septembre 2016

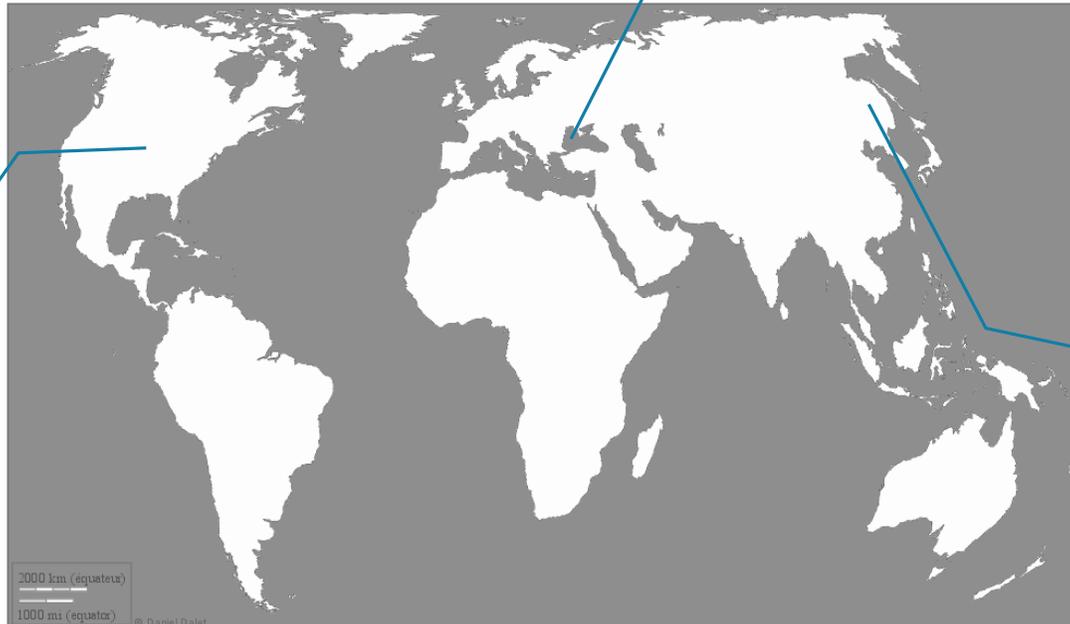
# I- L'offre : Exemples de Camera ADAS sur le marché

Hors constructeurs / équipementiers automobile de rang 1



## NAVMII Nicoco 2

- Datas ?



## Mobileye 6 (2016)

- Aptina MT9V024
- 1/3 ", 640x480
- 38° FOV H
- 55 dB linear
- EyeQ family SoC devices



## PLK Technologies

- Roadscope and optian family
- Full HD sensor



# I- eyeCAR : vers une meilleure adéquation offre camera ADAS / besoins

1. Les dispositifs à base de camera actuels (hors équipementiers de rang 1) **ne sont évalués que dans des conditions climatiques et de luminosité favorables,**
2. Ils ne révèlent pas les potentiels dangers posés par les limites de ces capteurs (< 55 dB, 12bits).



3. Or, les données de sécurité routière tendent à montrer que parmi la totalité des accidents impliquant des piétons ou motocyclistes, le nombre de morts est plus élevé la nuit, avec éclairage urbain ou péri-urbain (donc loin des conditions de luminosité favorables).

# RECAPITULATIF :

## I – eyeCAR : Résumé Etude de Marché

- Description du besoin : attentes des usagers + données sécurité routière
  - Il existe un marché pour la présence de dispositifs d'aide à la conduite, notamment pour accentuer la vigilance des conducteurs et éviter des collisions
  - Le nombre d'accidents mortels est plus important en hiver, la nuit, sur les routes péri-urbaines et urbaines à éclairage
  - Le nombre d'accidents mortels est plus important par temps sec
- Description de l'offre : technologies existantes + focus sur camera ADAS
  - On se dirige probablement vers une fusion et nécessité de redondance des 3 dispositifs majeurs : il peut être intéressant d'upgrader les performances à bas niveau de lumière et à fort éblouissement des capteurs de vision standards
- Marché eyeCAR : adéquation entre besoin et offre
  - La dynamique des capteurs de vision standard n'est pas réellement adaptée aux données statistiques d'accidentologie, qui semblent mettre en avant des facteurs liés à l'éclairage, en plus du taux de fréquentation

# II- Nouvelles stratégies : Face aux Limites des caméras embaquées : vers l'HDR

## Dynamique:

- **Éventail de détection** d'un capteur entre son **seuil minimum** (pixel « noir »), et **maximum** (pixel « blanc »)

## HDR, Haute Dynamique:

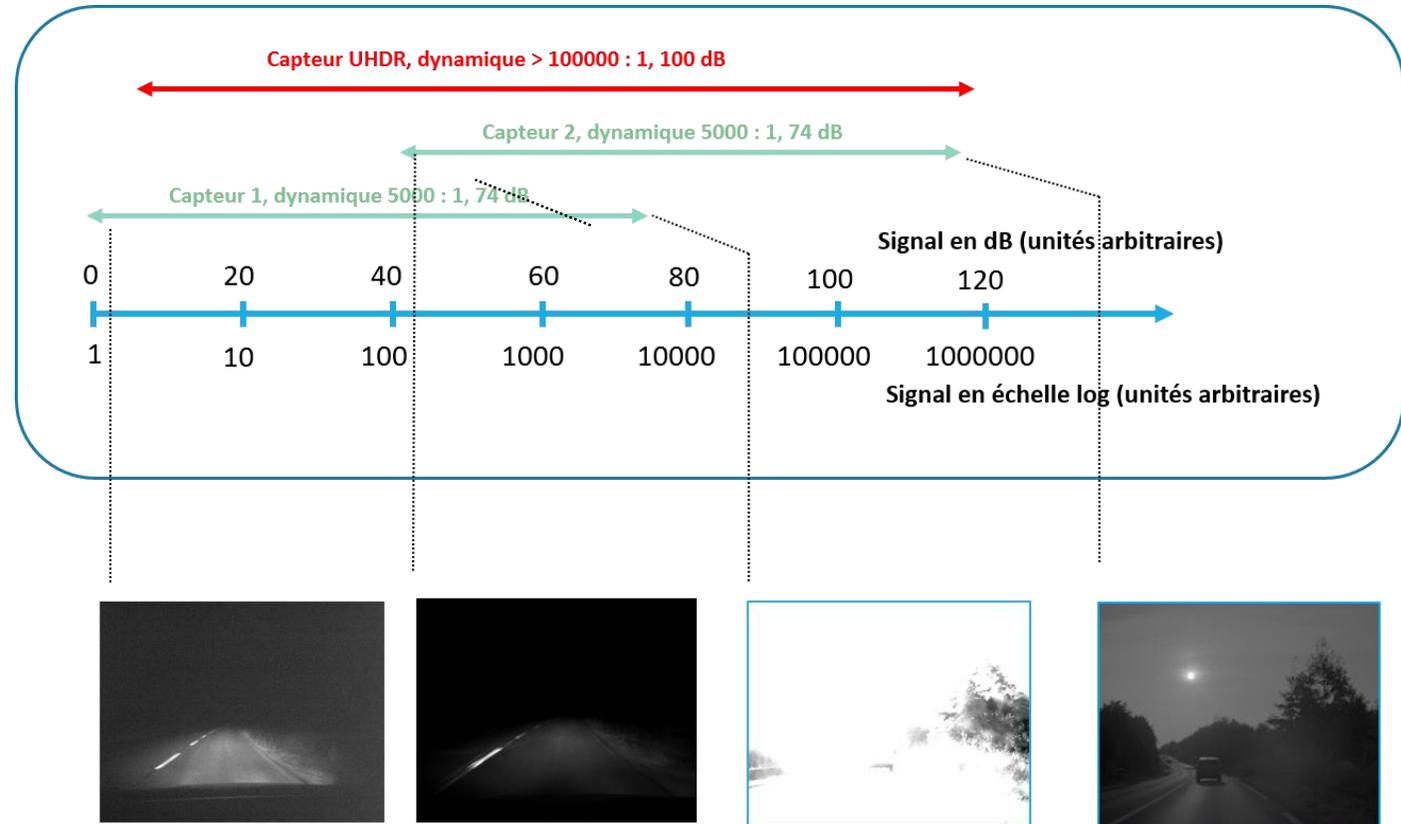
- **Dynamique** dont l'éventail de détection **> 80 dB**

## Objectifs:

- **Révéler les détails** normalement **invisibles** dans les zones **surexposées, sous-exposées ou sous-contrastées**

## Enjeux:

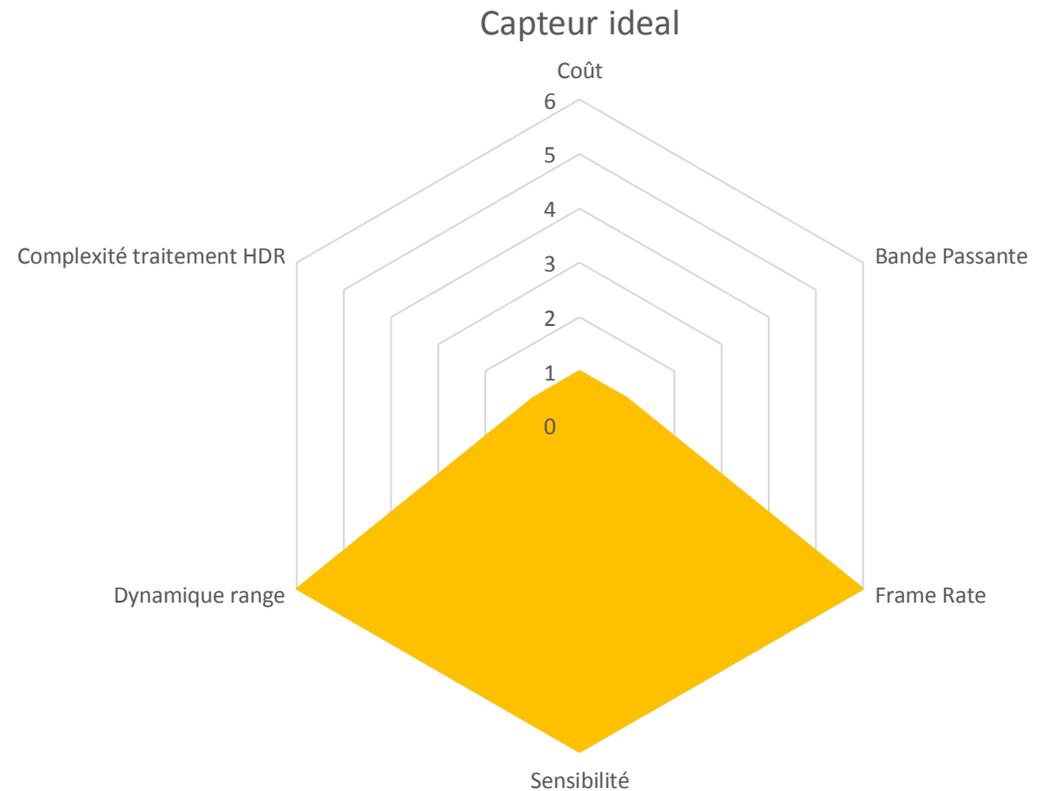
- **Percevoir et interpréter en temps réel** l'environnement du véhicule **quelle que soit la luminosité ambiante**



# II- Nouvelles stratégies : Face aux Limites des caméras embaquées : vers l'HDR

## ○ Capteur HDR idéal:

- Minimiser le coût / complexité du traitement HDR / la bande passante
- Maximiser la dynamique / sensibilité / la cadence

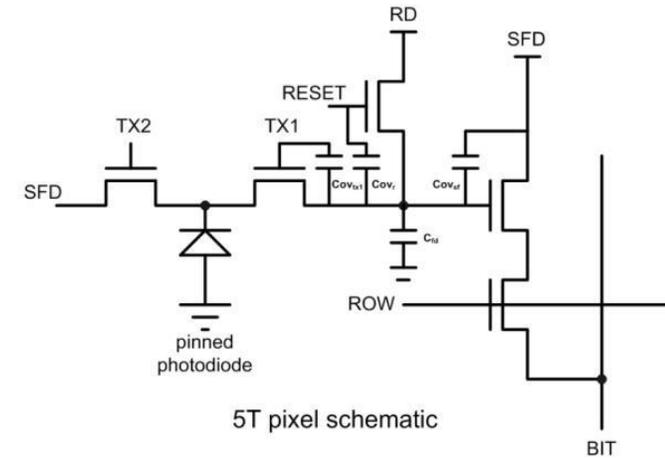
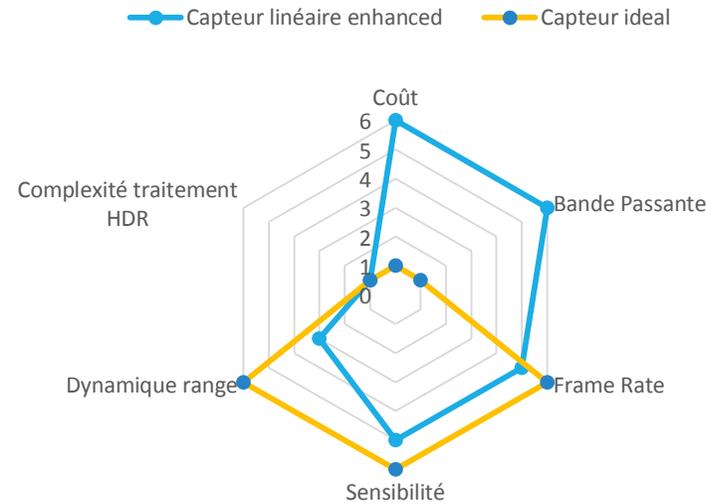


# II- Nouvelles stratégies : Face aux Limites des caméras embaquées : vers l'HDR

## ○ Capteur HDR idéal:

## ○ Capteur linéaire augmenté:

- Optimisation architecture pixel pour diminuer le bruit de lecture et augmenter le puit quantique
- ++ : excellente sensibilité et cadence
- - - : Nécessité de digitaliser les images sur 16 bits et plus → Bande passante très lourde
  - Coût assez élevé



parameter	Sony ICX285 CCD	Sony IMX174 CMOS	CMOSIS CMV4000 CMOS	BAE Fairchild CIS2020A sCMOS
fullwell capacity [e <sup>-</sup> ]	18 000	30 000	13 500	30 000
total readout noise [e <sup>-</sup> ]	5	6	13.5	0.8
dynamic range	3600 : 1	5000 : 1	1000 : 1	37 500 : 1
dynamic range [dB]	71.1	74	60	91.5

# II- Nouvelles stratégies : Face aux Limites des caméras embaquées : vers l'HDR

○ Capteur HDR idéal:

○ Capteur linéaire augmenté:

○ Capteur HDR à dynamique séquentielle (HDR bracketing):

○ Acquisition séquentielle d'images sous / sur / idéalement exposée (via changement du temps d'exposition ou du gain ou du diaphragme) puis reconstruction ultérieure de l'image HDR

○ ++ : Coût faible

○ -- : Suppose que l'image est stable pendant les acquisitions

Cadence effective divisée par 3 au minimum

Reconstruction de l'image complexe

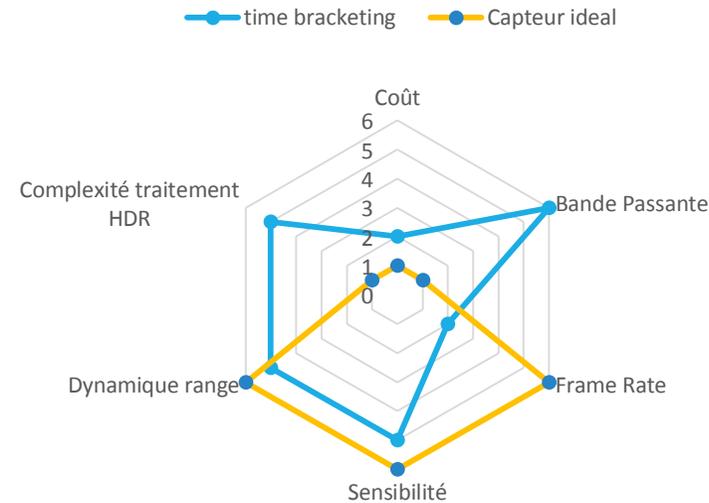


Image : Kevin McCoy / Wikimedia Commons, license : Creative Commons Attribution ShareAlike 3,0

# II- Nouvelles stratégies : Face aux Limites des caméras embaquées : vers l'HDR

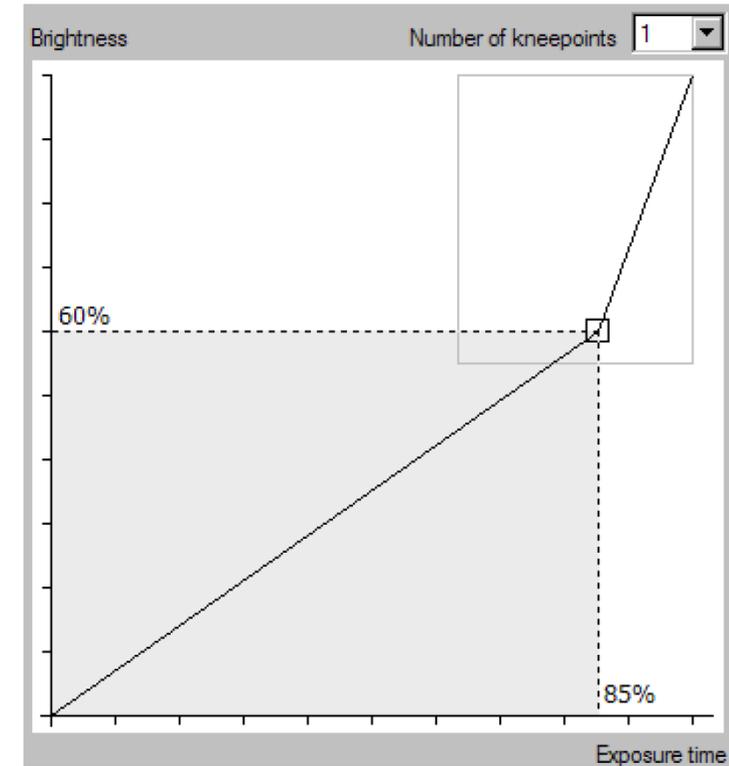
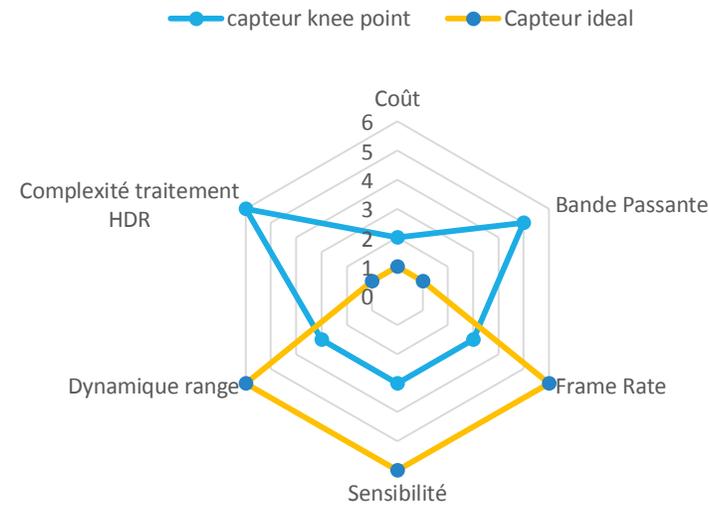
- Capteur HDR idéal:

- Capteur linéaire augmenté:

- Capteur HDR à dynamique séquentielle:

- Capteur à dynamique composite (knee points):

- -Point d'inflexion dans la courbe de gain afin d'approximer une courbe de type Gamma
- - - : Ajustement manuel, pas de feedback, pas robuste aux changements drastiques de luminosité



Source : IDS, White Paper, High Dynamic Range imaging : Images and Sensors, Fundamentals, Methode of functioning, Application. 2009

# II- Nouvelles stratégies : Face aux Limites des caméras embaquées : vers l'HDR

## ○ Capteur HDR idéal:

## ○ Capteur linéaire augmenté:

## ○ Capteur HDR à dynamique séquentielle:

## ○ Capteur à dynamique composite (knee points):

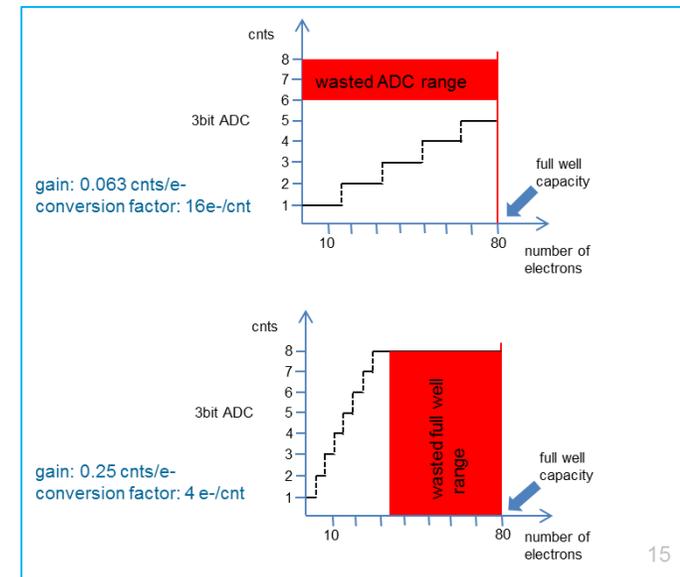
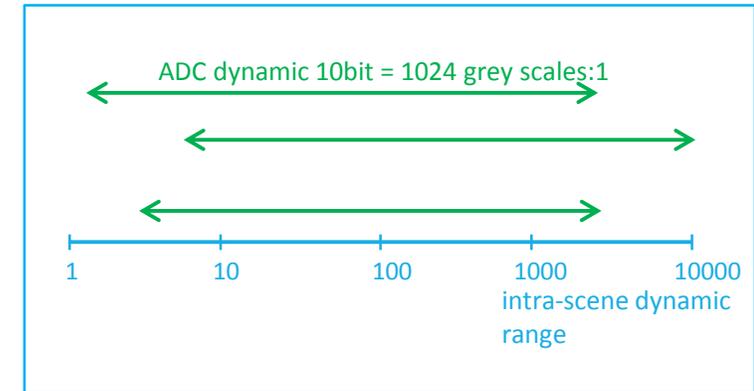
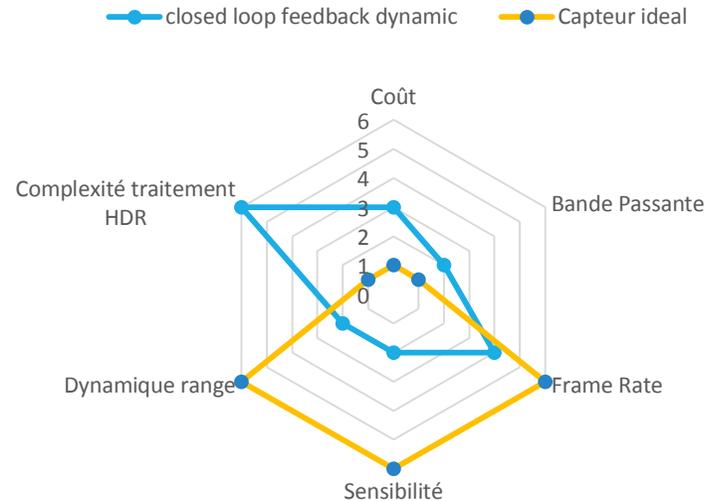
## ○ Closed-loop feedback dynamic : Auto-exposure ou AGC:

- Le gain est automatiquement ajusté en fonction du contenu de l'image
- La dynamique totale de la camera ne change pas
- - - : Pertes d'information dans les extremum de l'histogramme de l'image, peu adapté à une scène de large dynamique (effet phare)

Gain trop faible = dynamique sous exploitée

Gain trop fort = saturation du pixel avant que le puit quantique ne soit complètement rempli

Nécessite du post-processing pour le feedback, non natif



# II- Nouvelles stratégies : Face aux Limites des caméras embaquées : vers l'HDR

- Capteur HDR idéal:
  - Capteur linéaire augmenté:
  - Capteur HDR à dynamique séquentielle:
  - Capteur à dynamique composite (knee points):
  - Closed-loop feedback dynamic : Auto-exposure ou AGC:
  - Capteur à temps d'exposition variable spatialement
    - On assigne différents temps d'exposition aux pixel adjacents
    - -- : Diminution résolution spatiale au profit de la sensibilité aux luminances
- Post traitements pour recombinaison l'image finale

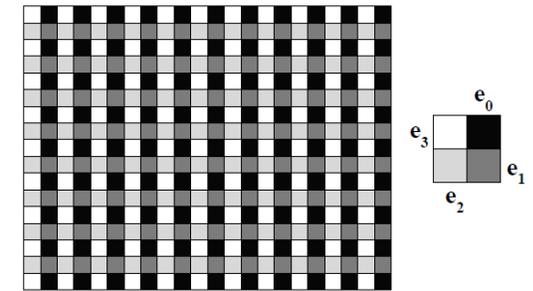
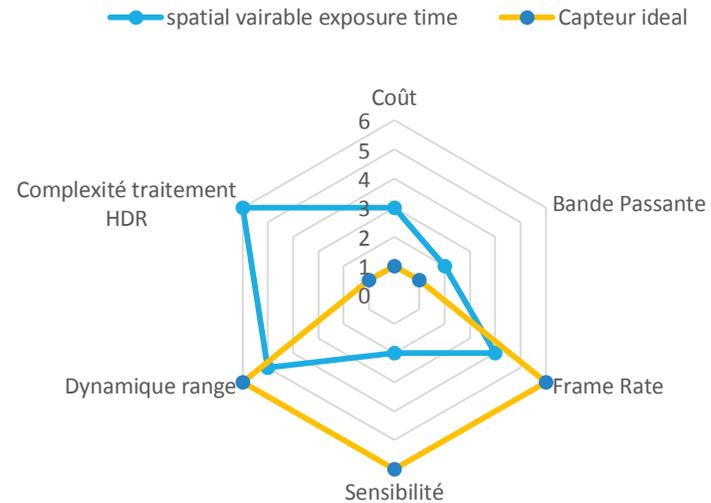
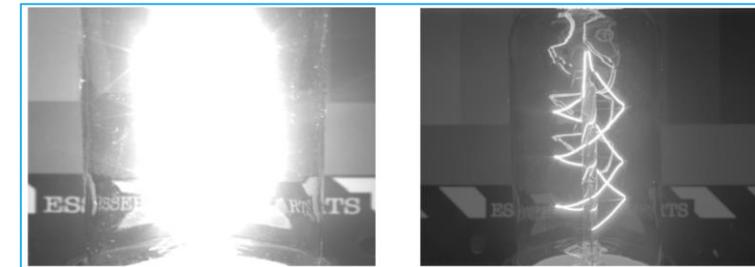
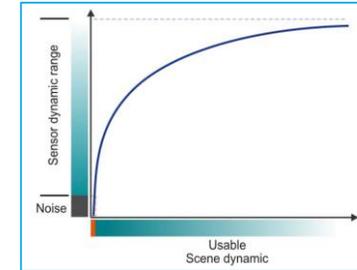
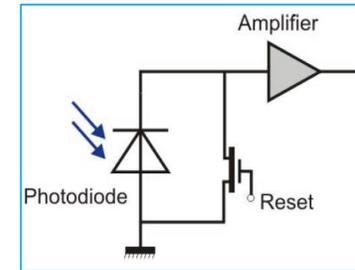
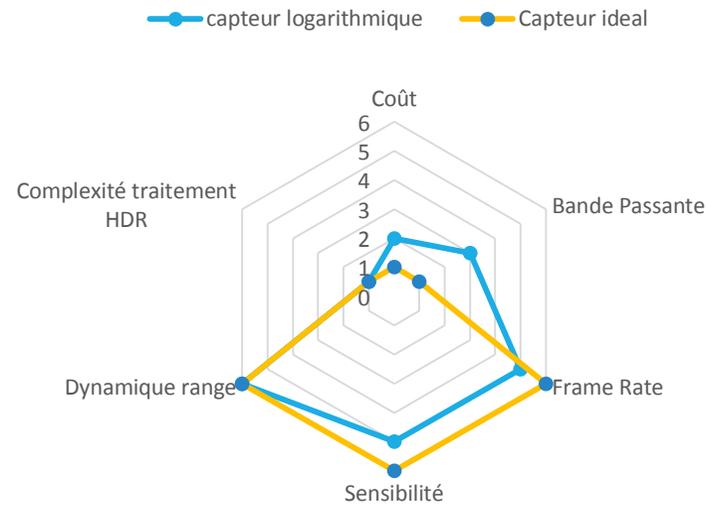


Figure 1: Pixel exposures (or sensitivities) can be spatially varied to simultaneously sample scene radiance along spatial as well as dynamic range dimensions. The captured image is used to compute a high dynamic range image of the scene.

# II- Nouvelles stratégies : Face aux Limites des caméras embaquées : vers l'HDR

## ○ Capteur Logarithmique :

- Au sein de chaque pixel, la photo-diode fonctionne en mode « **cellule photo-voltaïque** » et produit **directement un courant logarithmique** en fonction de la quantité de lumière reçue.
- ++ : **UHDR intrinsèque** au capteur, pas d'ajustement des paramètres de l'image, pas de post-processing
- ++ : **Contraste de l'image constant**, insensible aux variations globales d'illumination dans le champ
- ++ : Faible consommation de courant
- ++ : Coût faible à modéré



Source : IDS, White Paper, High Dynamic Range imaging : Images and Sensors, Fundamentals, Methode of functioning, Application. 2009

# RECAPITULATIF :

## II – eyeCAR : Capteur orienté vers l'HDR

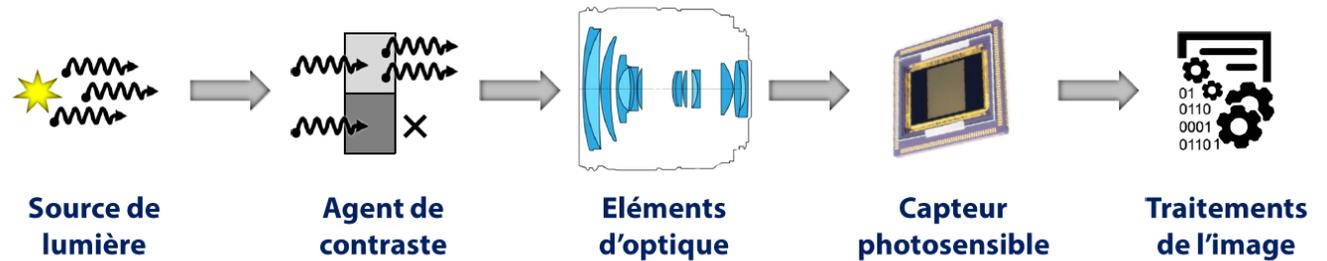
- Définition, objectifs et enjeux de l'HDR
  - En augmentant la dynamique intrinsèque des capteurs, on peut révéler des détails dans les zones sur / sous exposées. Les capteurs HDR sont moins sensibles à l'éblouissement.
- Etat de l'art des capteurs existant
  - La plupart des capteurs HDR nécessitent soit un post traitement, soit un ajustement en temps réel des paramètres composant l'image.
- Choix d'un capteur logarithmique
  - UHDR natif au sein du pixel, pas d'ajustement, pas de post-processing : libère des ressources pour le calcul
  - Insensible aux variations lumineuses globales de la scène, enregistre directement les variations de réflectance des objets.

# III- Etude technique : contraintes technologiques

*Sécurité optimale,  
en toutes conditions,  
sur tout types de cibles*

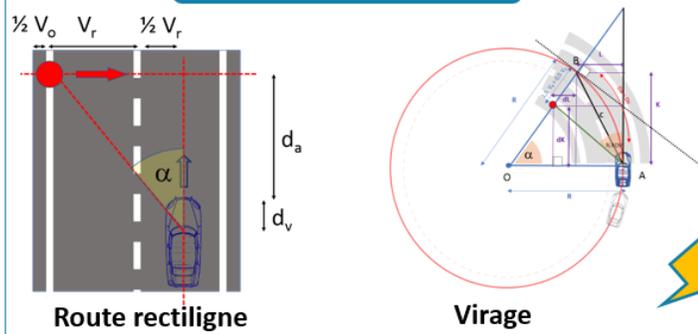


## *La chaîne de l'imagerie numérique...*



# III- Capteur / dimensionnement

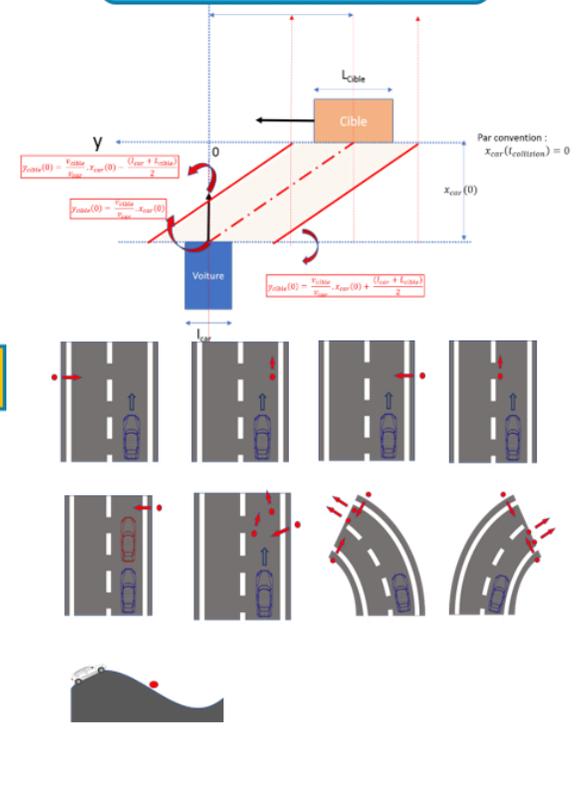
## FOV horizontal



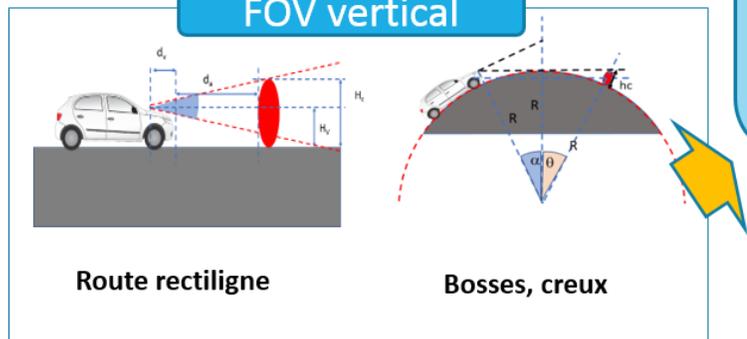
## Cibles, environnement

- Cibles : type, vitesse, taille....
- Routes : largeur, type de voies....
- Météo : adhérence....
- Conducteur : temps de réaction, vitesses initiales....

## Scenarii Collisionnels



## FOV vertical



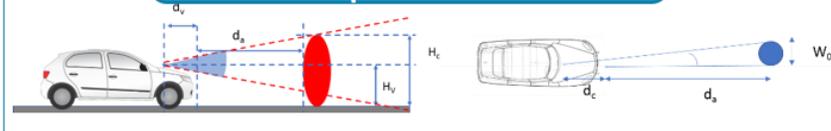
## Capteur

- Dimension HxV
- Taille de pixels
- Résolution
- Cadence
- ...

## Optiques

- Diamètre
- Focale
- Diaphragme de champ...

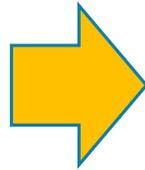
## Résolutions angulaires, portée



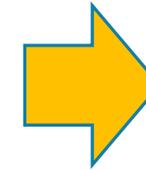
# III- Capteur / dimensionnement

## Cas du capteur Idéal

Exemple d'hypothèses prises en compte	
Distance d'arrêt :	0 à 130 kmh
Cibles :	Piétons, motocyclistes, jusqu'à déplacement perpendiculaires à pleine vitesse potentielle
Géométrie des routes :	Toutes
Conditions de freinage	Difficiles



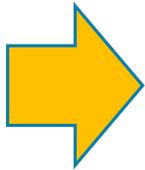
Capteur Idéal	
Dimensions	22000x2000 pixels
Pitch	6.5 µm
FOV horizontale	148°
Focale	5 mm
Frame Rate	> 65 Hz



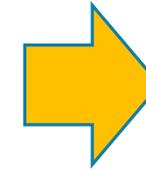
Ce capteur n'existe pas, ingérable en termes de coût

## Cas du capteur NIT MC1105-1VB

Capteur NIT MC1105-1VB	
Dimensions	1280x1024 pixels
Pitch	10,6 µm
FOV horizontale	60°
Focale	30 mm
Frame Rate	> 65 Hz



Exemple d'hypothèses prises en compte	
Distance d'arrêt / portée :	16 à 70 kmh À 30 km,h détecte tout les piétons ayant une vitesse inférieure ou égale à 5 km situés au-delà de la distance d'arrêt A 10 kmh, ne detecte pas les cibles avant une distance d'arrêt de 7m
Cibles :	
Géométrie des routes :	Ligne droite, double voies,
Conditions de freinage	Difficiles

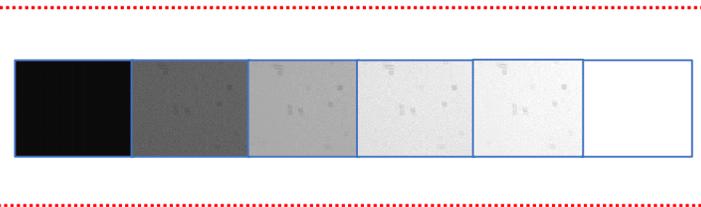
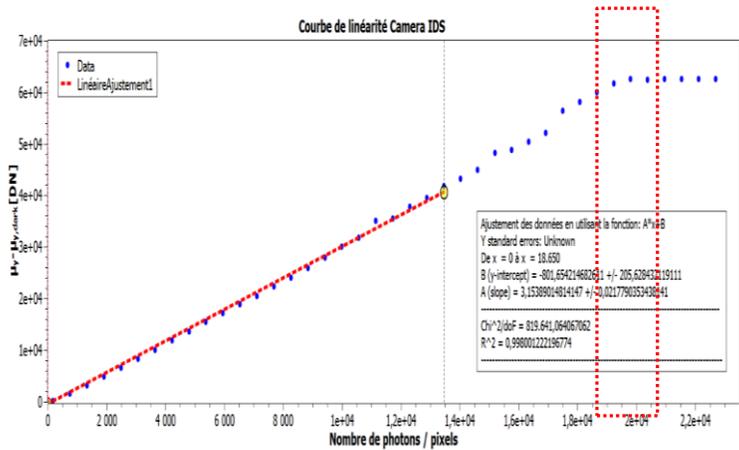


Capteur adapté en conduite urbaine, non adapté en conduite sur autoroute

# III- Dynamique du capteur



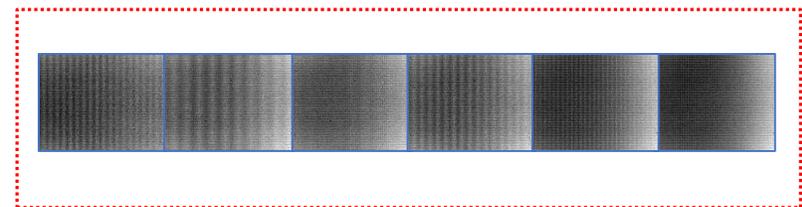
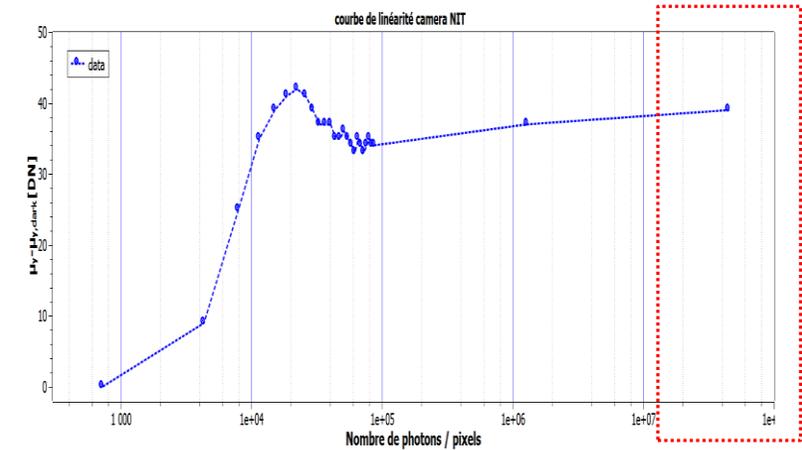
Courbe de linéarité mesurée : IDS



Modèle	IDS : UI-3140CP Rev2
Taille capteur	1280x1024
Taille pixel	4.8 $\mu\text{m}$
Dynamic Range	<b>&lt;60 dB</b>
Digitalisation	12 bits
Cadence	220 Hz



Courbe de linéarité mesurée : NIT



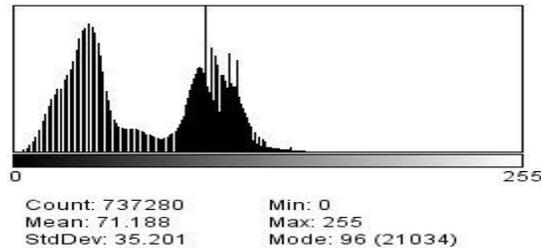
Modèle	NIT : MC-1003-1VB
Taille capteur	1280x1024
Taille pixel	6.8 $\mu\text{m}$
Dynamic Range	<b>140 dB</b>
Digitalisation	12 bits
Cadence :	40 Hz

# III- Dynamique du capteur : conduite de jour soleil rasant de face



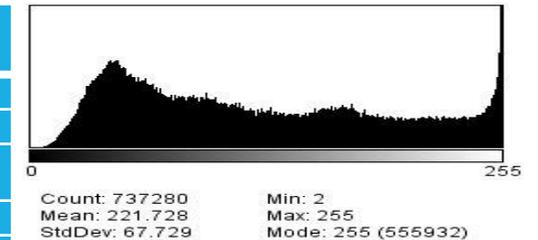
Modèle	NIT : MC-1003-1VB
Taille capteur	1280x1024
Taille pixel	6.8 $\mu\text{m}$
Dynamic Range	<b>140 dB</b>
Digitalisation	12 bits
Cadence :	40 Hz

Paramètres expérimentaux
80 MHz
31 fps
<b>300 <math>\mu\text{s}</math></b>
Focale 16 mm -F# ?
22°C



Modèle	IDS : UI-3140CP Rev2
Taille capteur	1280x1024
Taille pixel	4.8 $\mu\text{m}$
Dynamic Range	<b>&lt;60 dB</b>
Digitalisation	12 bits
Cadence	220 Hz

Paramètres expérimentaux
80 MHz
31 fps
<b>300 <math>\mu\text{s}</math></b>
Focale 16 mm -F# ?
22°C

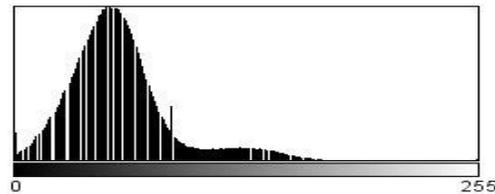


# III- Dynamique du capteur : conduite de nuit sans éclairage extérieur



Modèle	NIT : MC-1003-1VB
Taille capteur	1280x1024
Taille pixel	6.8 $\mu\text{m}$
Dynamic Range	<b>140 dB</b>
Digitalisation	12 bits
Cadence :	40 Hz

Paramètres expérimentaux	
80 MHz	
25 fps	
<b>300 <math>\mu\text{s}</math></b>	
Focale 16 mm -F# ?	
22°C	



Count: 1024000  
 Mean: 58.829  
 StdDev: 29.556  
 Min: 0  
 Max: 255  
 Mode: 52 (23865)



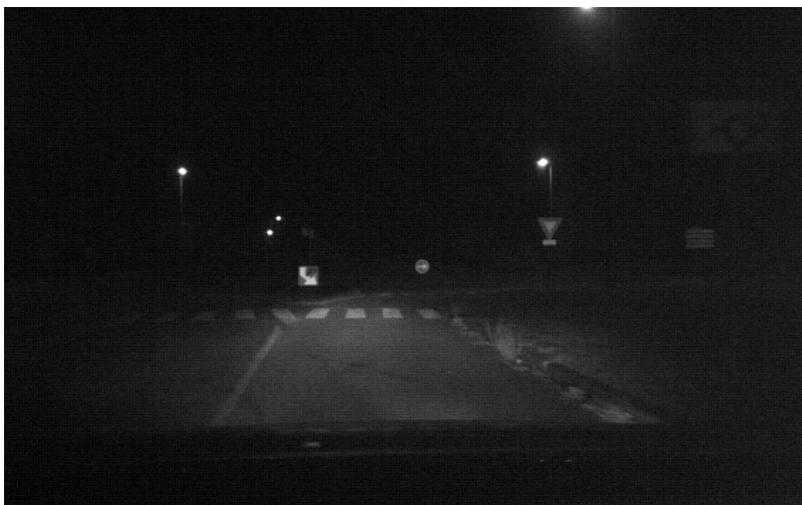
Modèle	IDS : UI-3140CP Rev2
Taille capteur	1280x1024
Taille pixel	4.8 $\mu\text{m}$
Dynamic Range	<b>&lt;60 dB</b>
Digitalisation	12 bits
Cadence	220 Hz

Paramètres expérimentaux	
80 MHz	
25 fps	
<b>40 ms</b>	
Focale 16 mm -F# ?	
22°C	



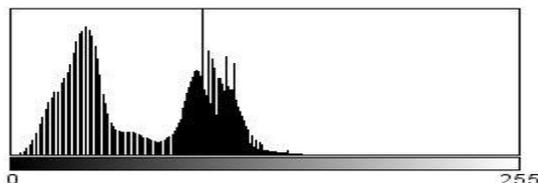
Count: 1024000  
 Mean: 8.019  
 StdDev: 16.754  
 Min: 0  
 Max: 255  
 Mode: 0 (693271)

# III- Dynamique du capteur : conduite de nuit avec éclairage extérieur



Modèle	NIT : MC-1003-1VB
Taille capteur	1280x1024
Taille pixel	6.8 $\mu\text{m}$
Dynamic Range	<b>140 dB</b>
Digitalisation	12 bits
Cadence :	40 Hz

Paramètres expérimentaux
80 MHz
25 fps
<b>300 <math>\mu\text{s}</math></b>
Focale 16 mm -F# ?
22°C

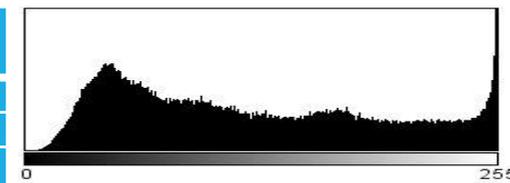


Count: 737280  
 Mean: 71.188  
 StdDev: 35.201  
 Min: 0  
 Max: 255  
 Mode: 96 (21034)



Modèle	IDS : UI-3140CP Rev2
Taille capteur	1280x1024
Taille pixel	4.8 $\mu\text{m}$
Dynamic Range	<b>&lt;60 dB</b>
Digitalisation	12 bits
Cadence	220 Hz

Paramètres expérimentaux
80 MHz
25 fps
<b>40 ms</b>
Focale 16 mm -F# ?
22°C



Count: 737280  
 Mean: 221.728  
 StdDev: 67.729  
 Min: 2  
 Max: 255  
 Mode: 255 (555932)

# III- Traitement d'image temps réel

Objectifs complexes à résoudre :

1- Cibles + Environnement

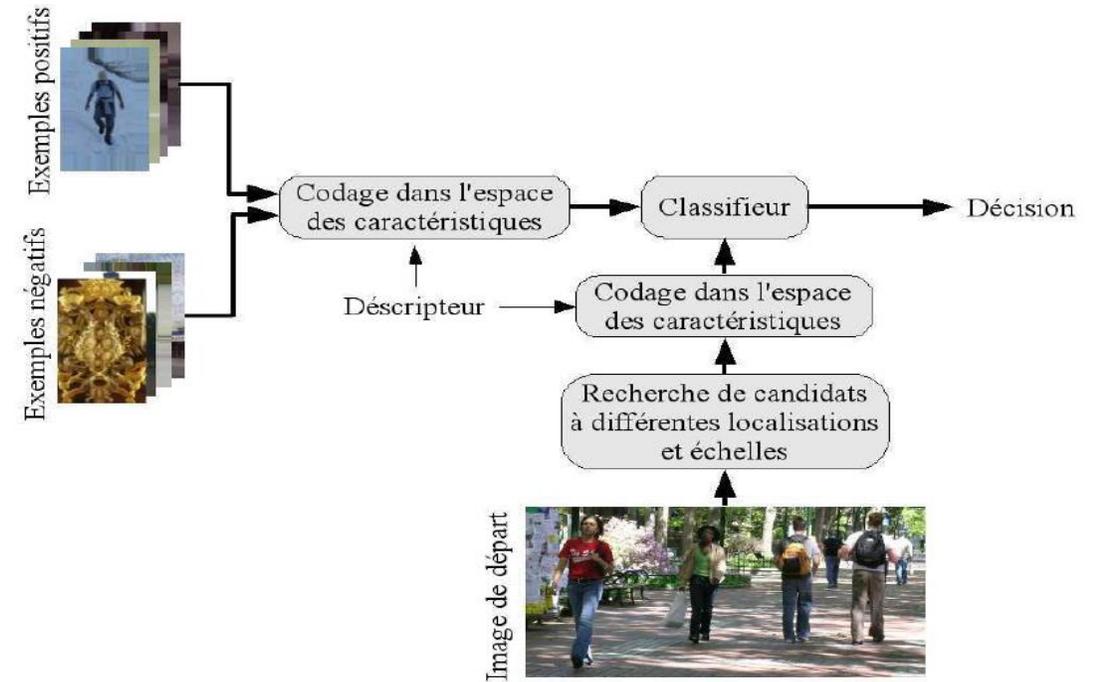


# III- Traitement d'image temps réel

Objectifs complexes à résoudre :

1- Cibles + Environnement

2- Performances sont liées à la complexité des algorithmes VS temps réel + système embarqué



# III - Traitement d'image temps réel

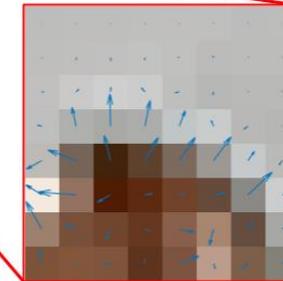
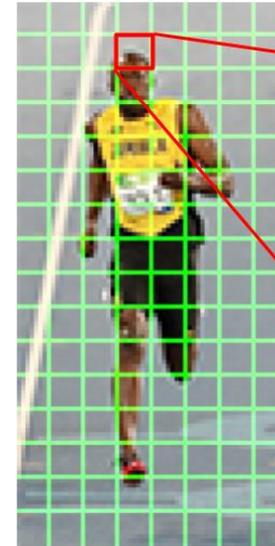
Objectifs complexes à résoudre :

1- Cibles + Environnement

2- Performances sont liées à la complexité des algorithmes VS temps réel + système embarqué

3- Extraction de descripteur visuel : le HOG ;  
Classification à l'aide d'un SVM linéaire.

Implémentation au sein de FPGA ???



2	3	4	4	3	4	2	2
5	11	17	13	7	9	3	4
11	21	23	27	22	17	4	6
23	99	165	135	85	32	26	2
91	155	133	136	144	152	57	28
98	196	76	38	26	60	170	51
165	60	60	27	77	85	43	136
71	13	34	23	108	27	48	110

Gradient Magnitude

80	36	5	10	0	64	90	73
37	9	9	179	78	27	169	166
87	136	173	39	102	163	152	176
76	13	1	168	159	22	125	143
120	70	14	150	145	144	145	143
58	86	119	98	100	101	133	113
30	65	157	75	78	165	145	124
11	170	91	4	110	17	133	110

Gradient Direction

Demander pour la biblio à ce sujet

# III – SeeFast Technologies



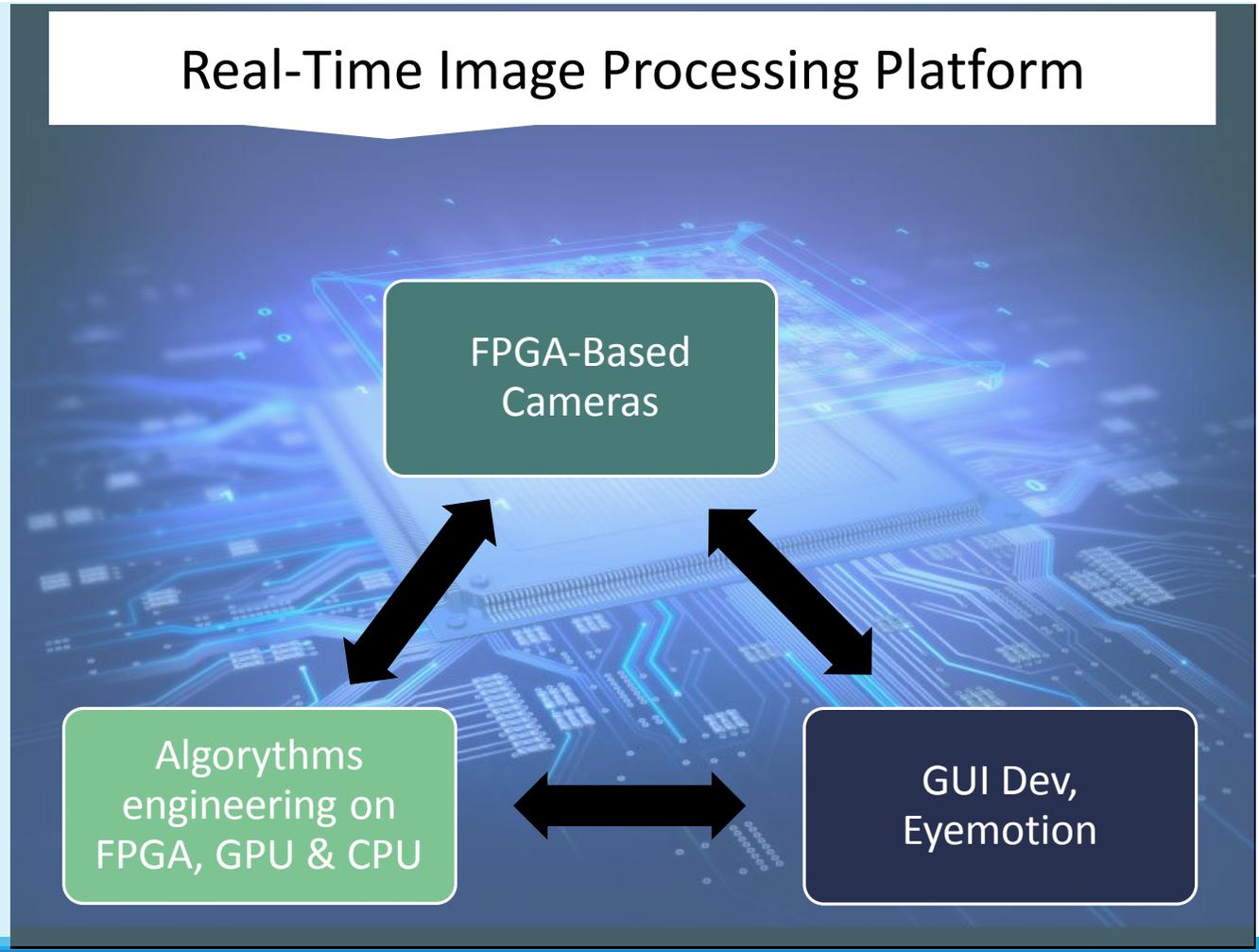
**ProImage500-Eagle**

- 500 fps, 1280 x 1024
- FPGA Zynq (Xilinx)
- 512 MB DDR3, USB3.0
- Trigg I/O , Sync I/O, Strobe out



**ProImage250**

- 250 fps, 640 x 480
- FPGA Spartan3
- 8MB SRAM, USB320
- Trigg I/O, Sync I/O, Strobe out



**Eyemotion** : GUI solution for acquisition, analysis and FPGA Embedded image processing



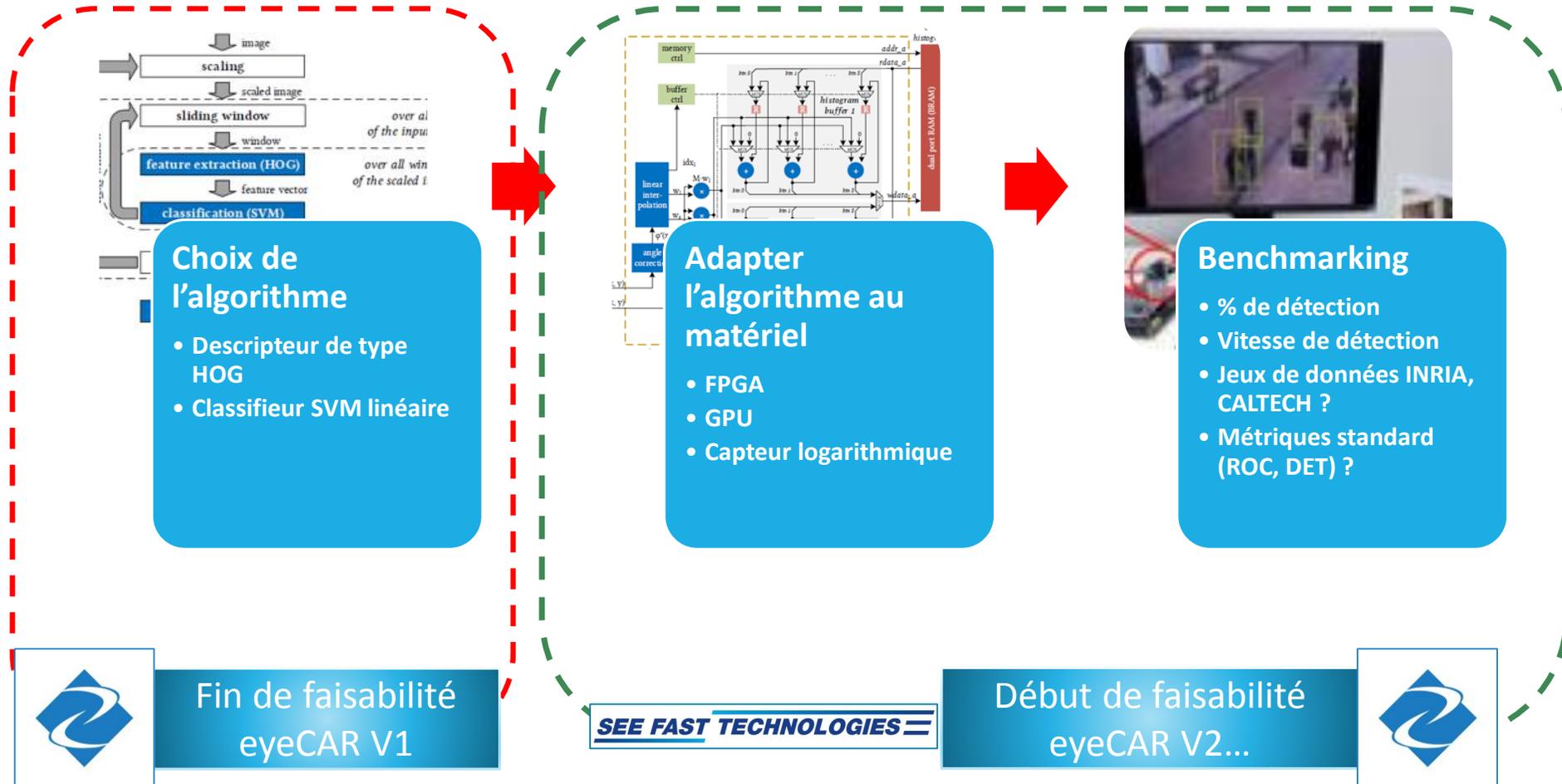
**Custom Algorithm Integration into FPGA, GPU or CPU**  
**VHDL Programming**  
**Electronic cards design for image processing**



PCO Edge +  
Silicon Software



# Traitement d'image temps réel



Illustrations : Durre and al, FPGA'18, February 25-27, Monterey, CA, USA

# Conclusion

---



# Contact



## Photon Lines

Responsables: Eric Dréan, Lionel Gérard

Téléphone: **+33 (0) 1 30 08 99 00**

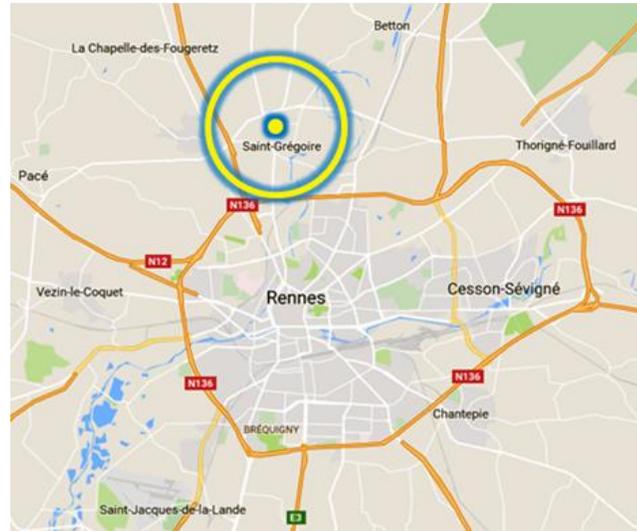
Fax: **+33 (0) 1 30 08 99 09**

E-mail: [info@photonlines.com](mailto:info@photonlines.com)

Parc Pereire, Bât. B - 99 rue Pereire

78100 Saint-Germain-en-Laye

France



## Photon Lines - Études / Formations

Responsable: Dr. Julien Romann

Ligne directe: **+33 (0) 9 72 57 34 52**

Mobile: **+33 (0) 6 77 64 59 03**

E-mail: [ju-romann@photonlines.com](mailto:ju-romann@photonlines.com)

3, Parc Brocéliande

35760 Saint-Grégoire

France