

LYNRED

# Introduction au traitement d'images infrarouges

IESE5 Polytech Grenoble



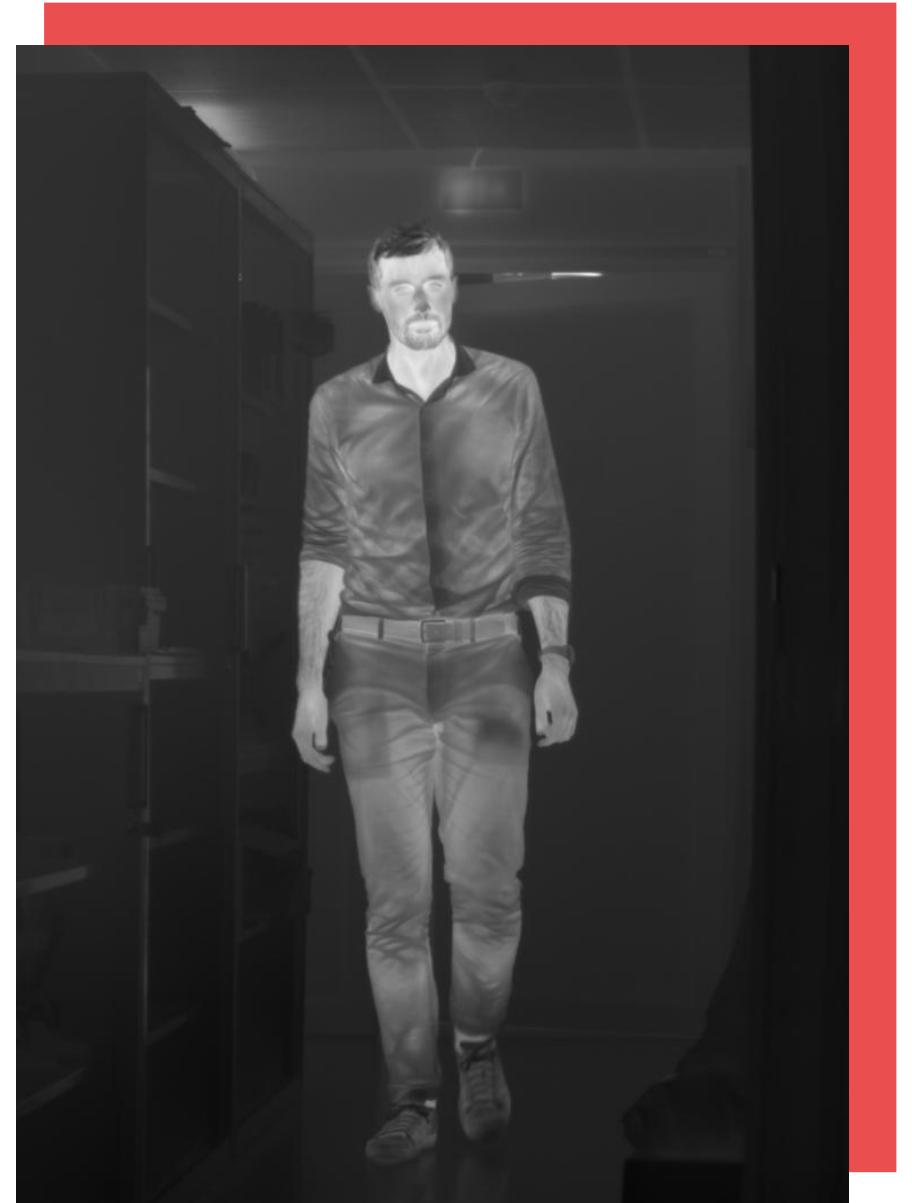


**Nicolas VANNIER**

*Ingénieur laboratoire d'applications*

[nicolas.vannier@lynred.com](mailto:nicolas.vannier@lynred.com)

*Actipole - CS 10021  
364, route de Valence  
38113 Veurey-Voroize, France*



# Objectifs

- ▶ Savoir définir l'imagerie infrarouge
- ▶ Connaitre quelques propriétés et applications de l'imagerie infrarouge
- ▶ Savoir appliquer les corrections de base sur les images infrarouges

# Agenda

1

Qu'est-ce que l'imagerie infrarouge ?

2

Pourquoi faire de l'imagerie infrarouge ?

3

Comment faire de l'imagerie infrarouge ?

# Qu'est-ce que l'imagerie infrarouge ?

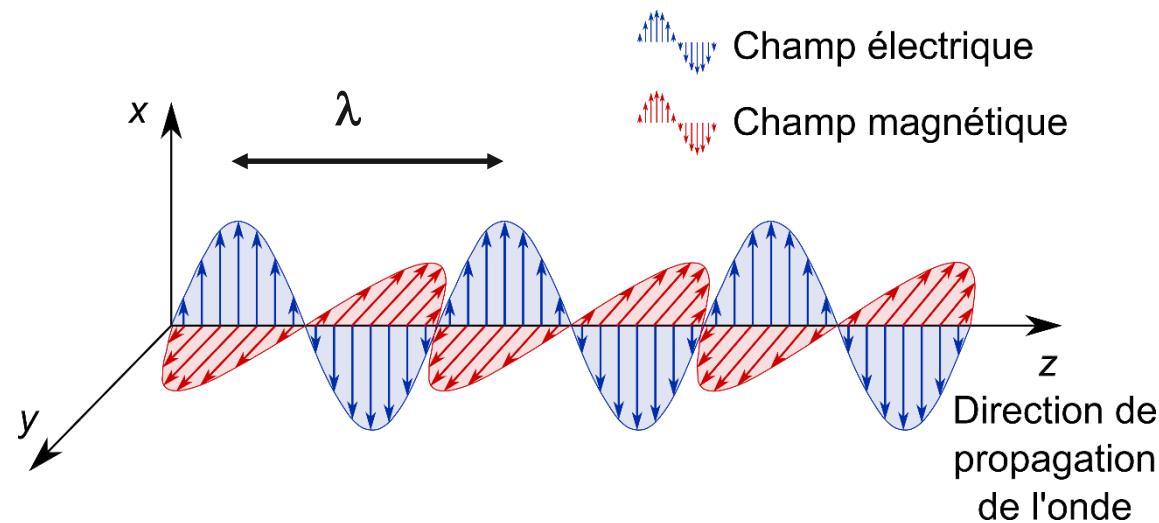
# Onde électromagnétique

- ▶ Mesure du rayonnement infrarouge pour en faire une image
  - Rayonnement modélisé par une onde électromagnétique



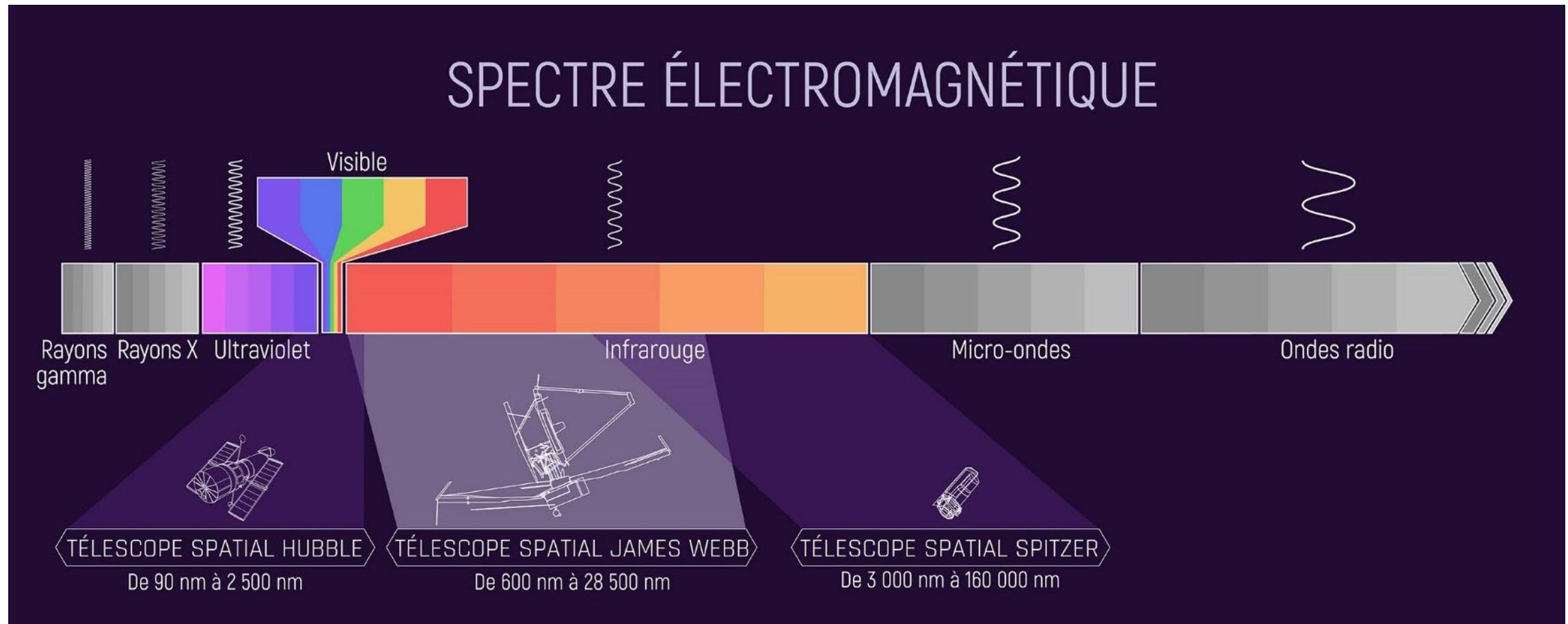
Image infrarouge de nuit

- ▶ Propriétés de l'onde électromagnétique
  - Polarisation (orientation dans le temps)
  - Amplitude**
  - Vitesse  $c : 3.10^8 \text{ m/s}$
  - Longueur d'onde  $\lambda$  / fréquence  $v : \lambda = \frac{c}{v}$**

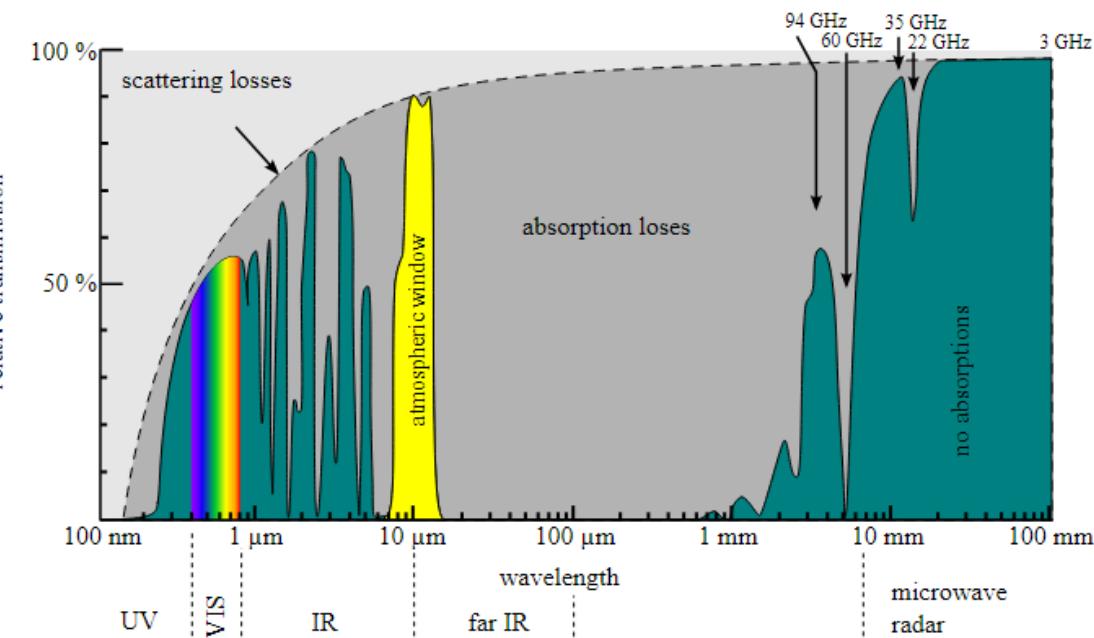
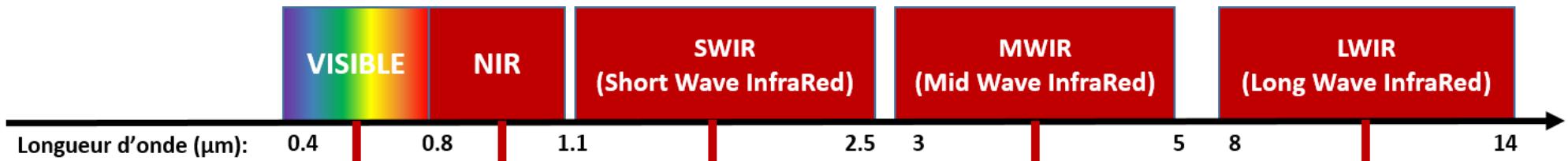


# Rayonnement infrarouge

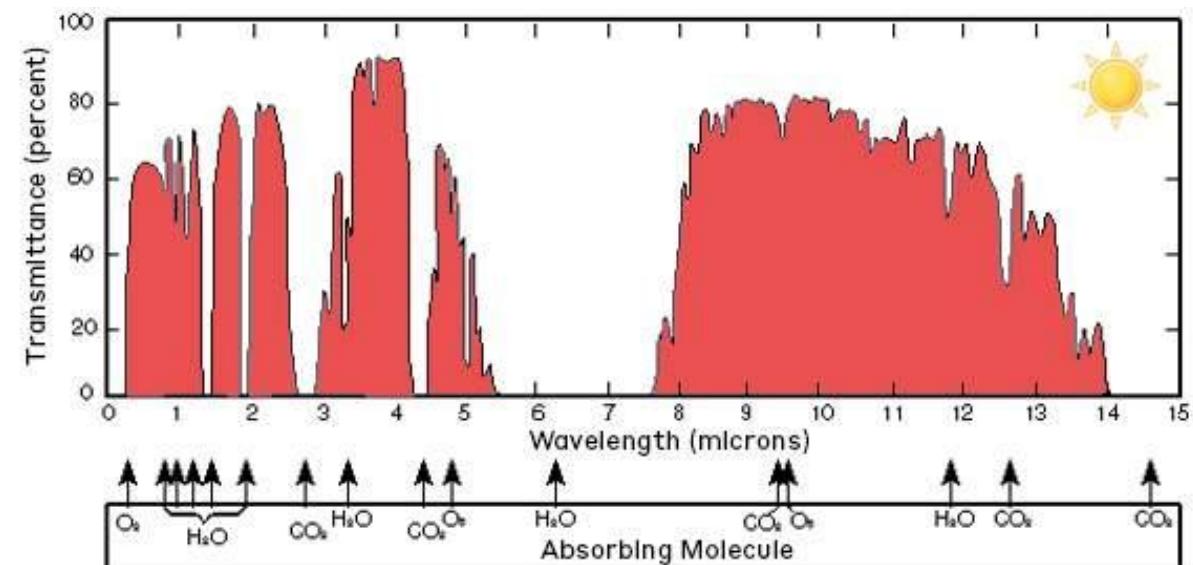
- Longueurs d'ondes comprises entre 780 nm et 100 µm



# Bandes de transmission infrarouge

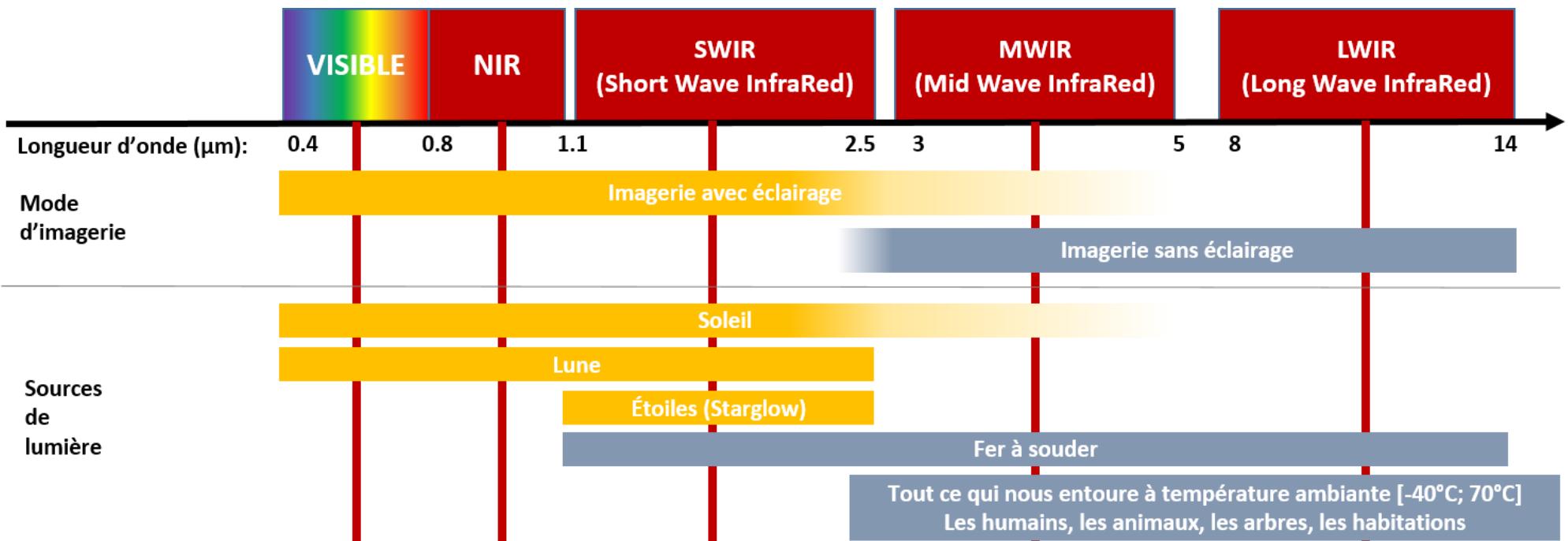


Transmission de l'atmosphère



Pic d'absorption des molécules

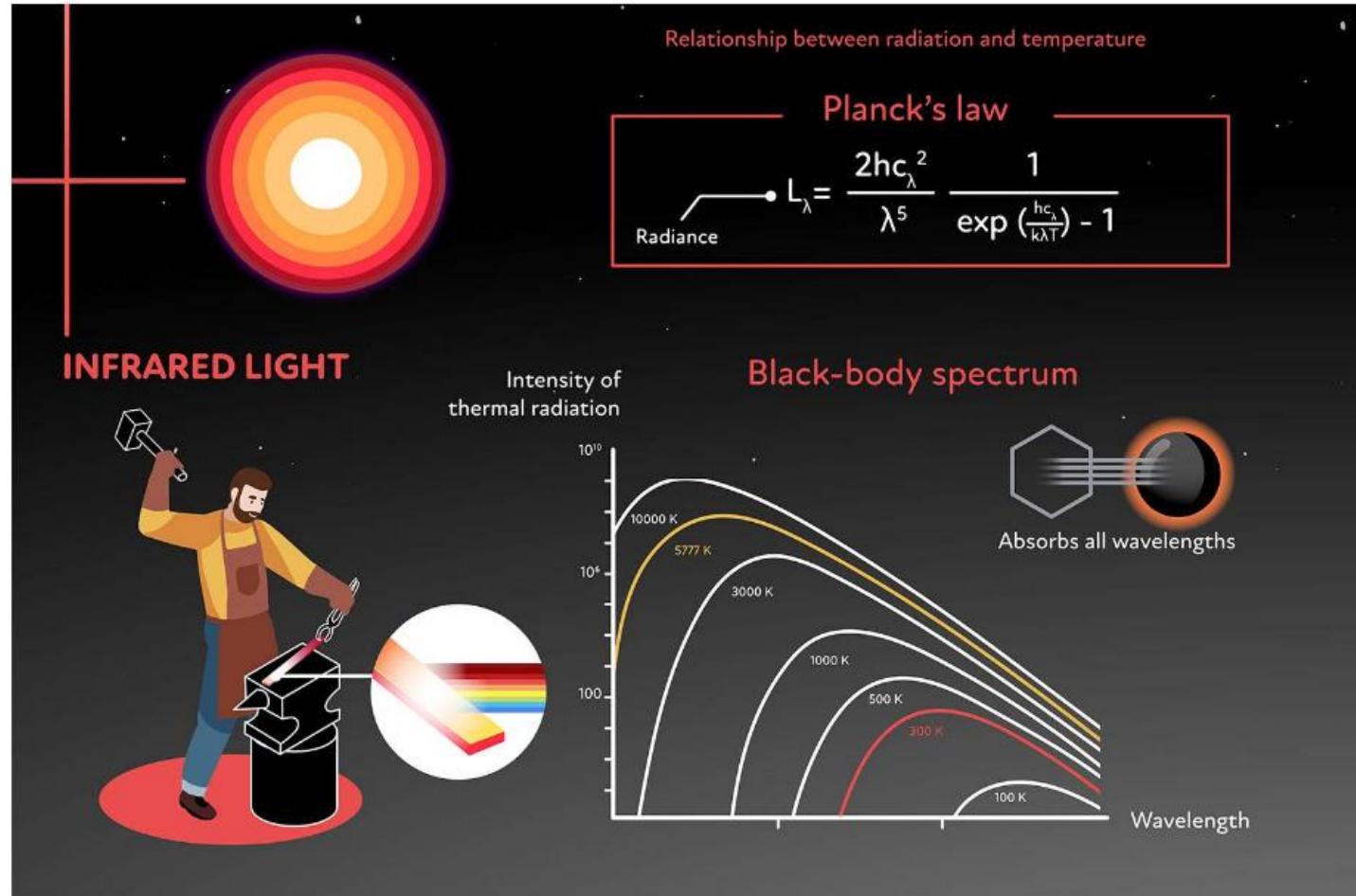
# Les sources de lumière



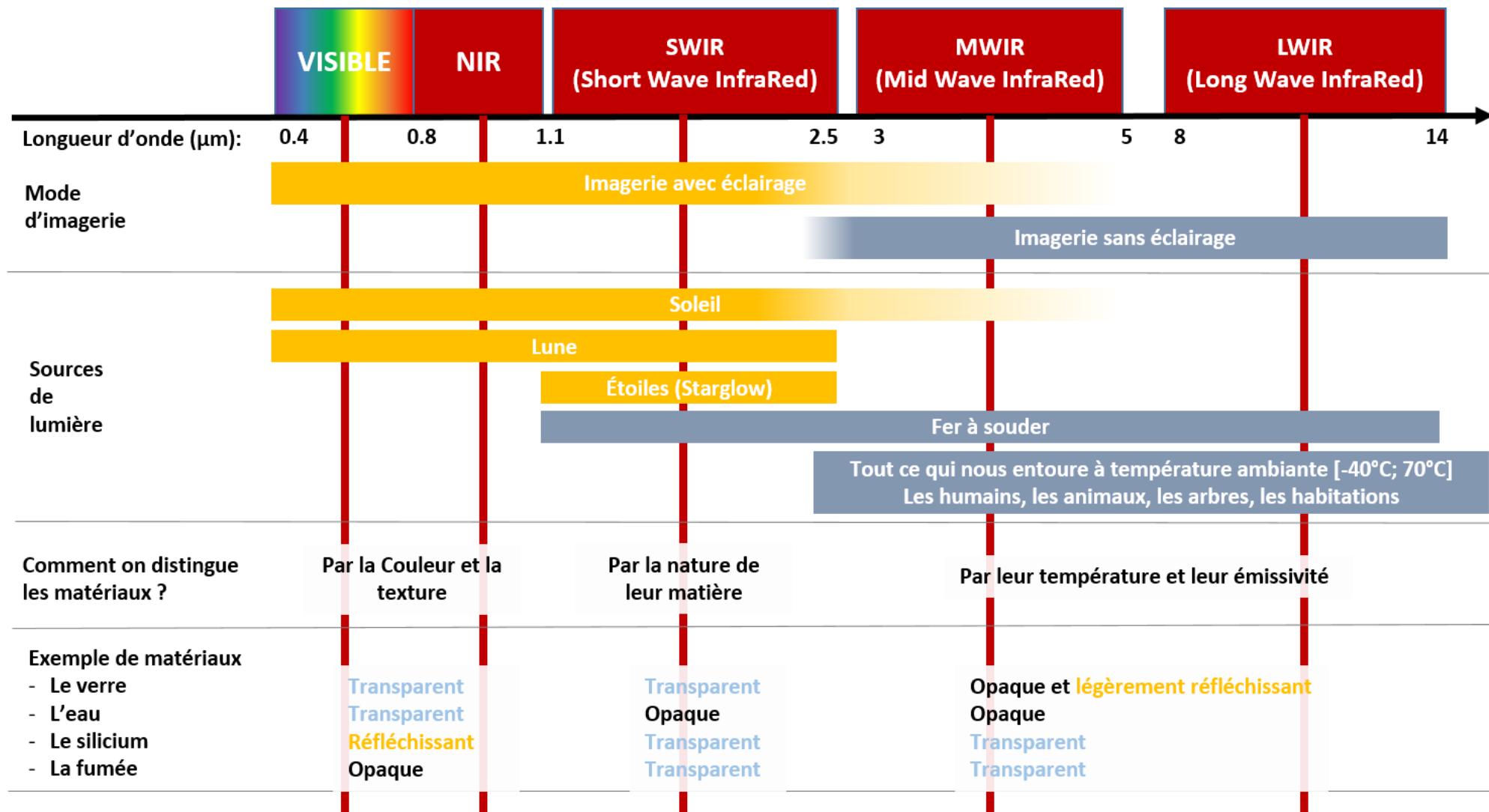
# Relation longueur d'onde et température

## Loi de Planck

LYNRED



# Quelques propriétés de matériaux en infrarouge



## Exemple d'image NIR

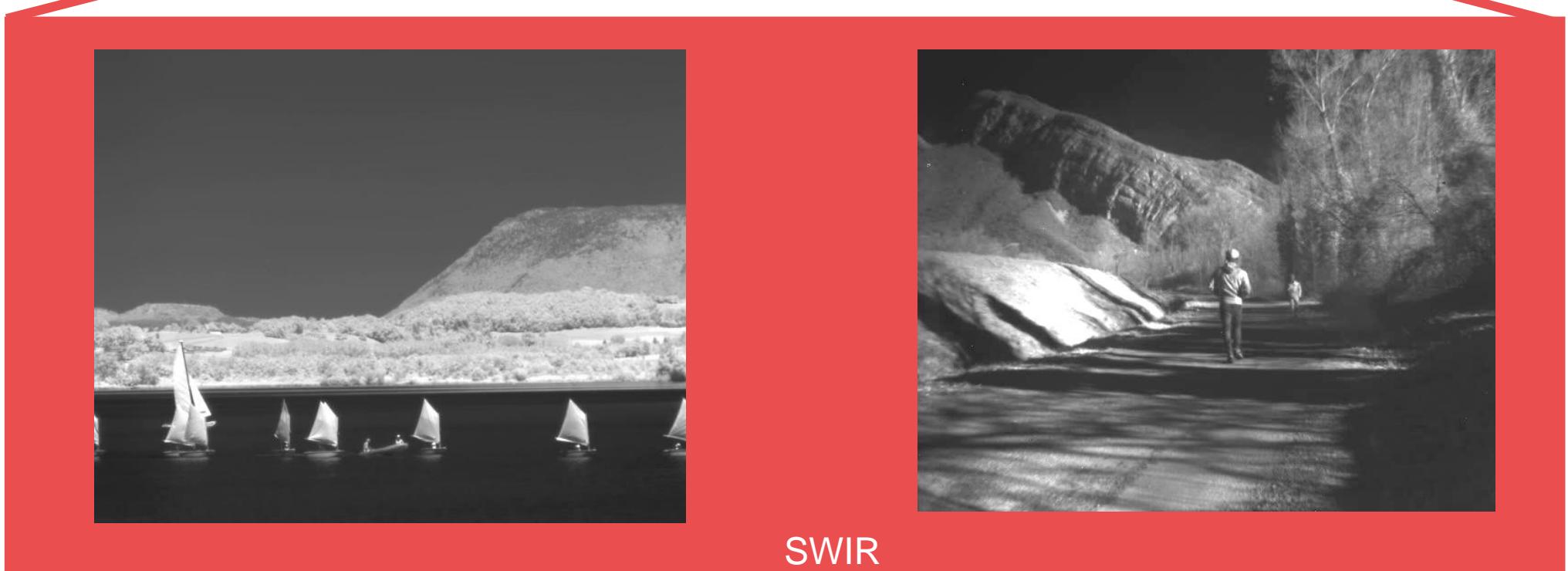
Imagerie avec éclairage



NIR

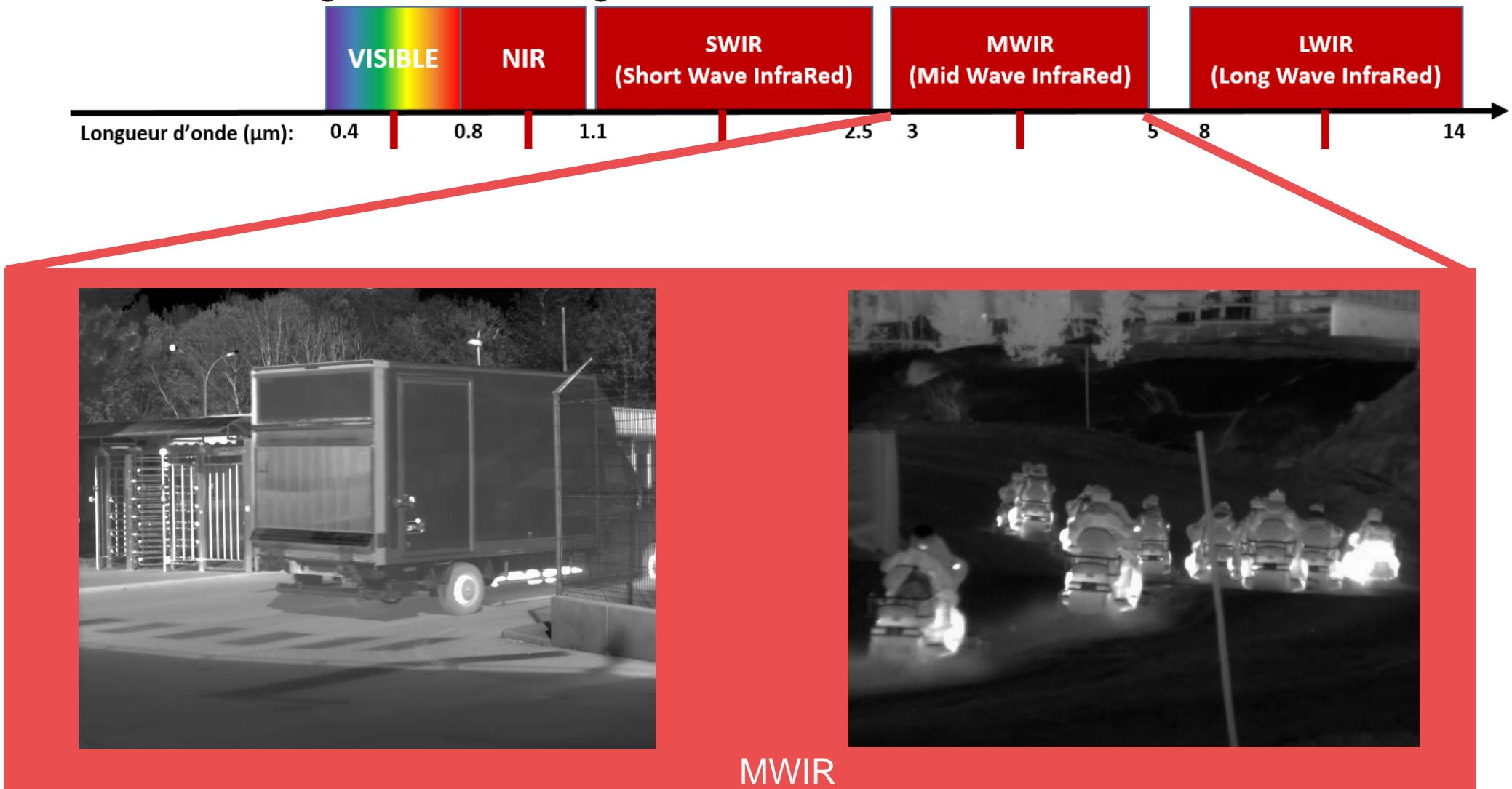
## Exemple d'images SWIR

Imagerie avec éclairage



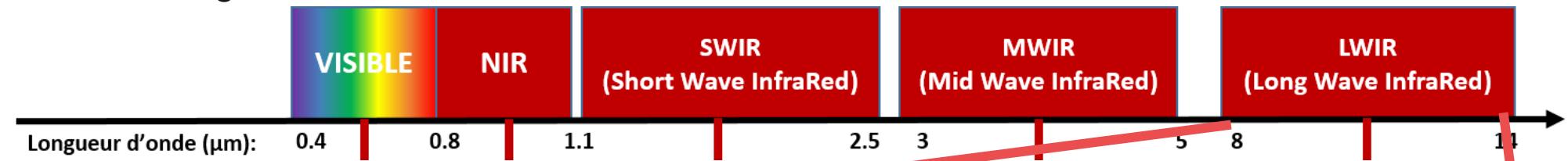
## Exemple d'images MWIR

Imagerie avec mix éclairage et sans éclairage



## Exemple d'images LWIR

Imagerie sans éclairage



LWIR

# Pourquoi faire de l'imagerie infrarouge ?

## Voir la nuit

Fonction Automatic Emergency Braking

LYNRED



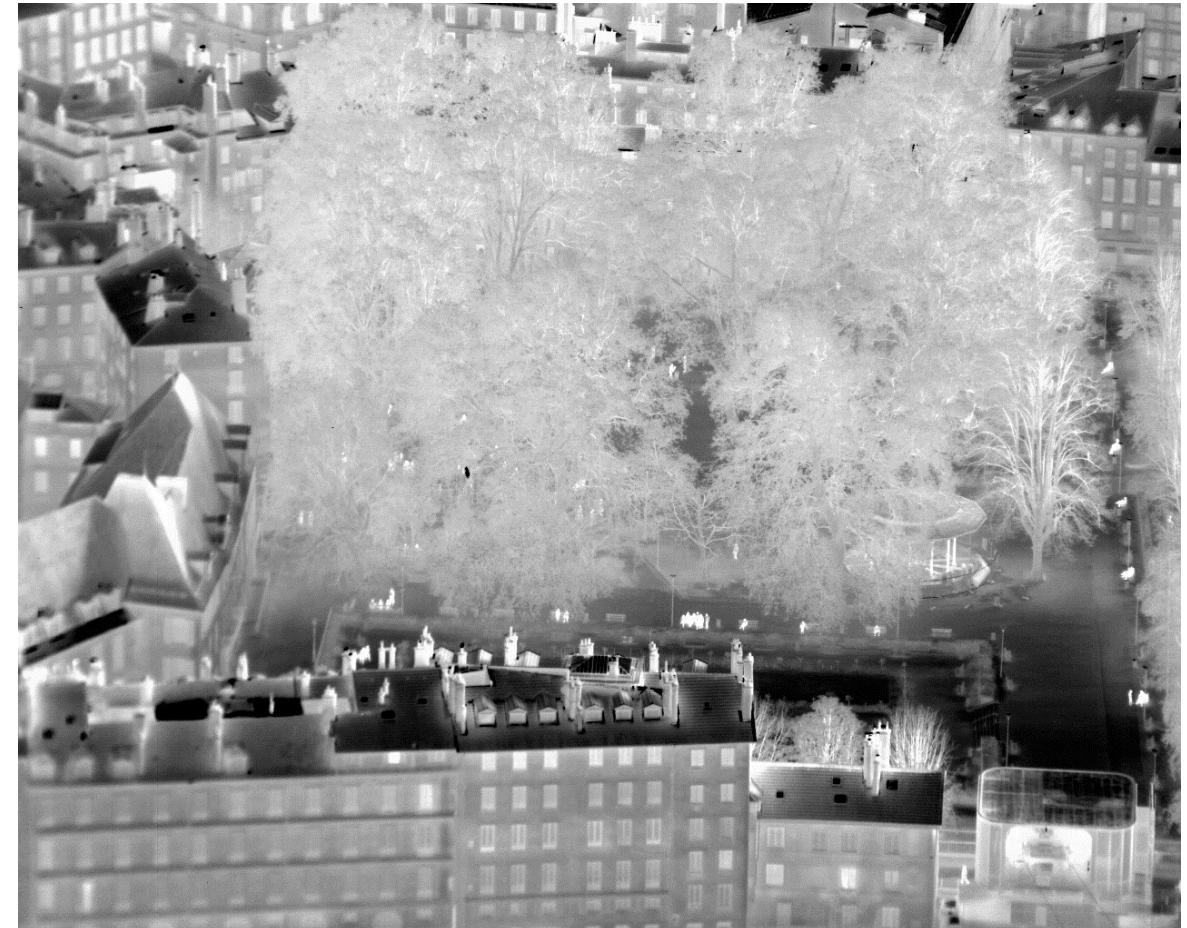
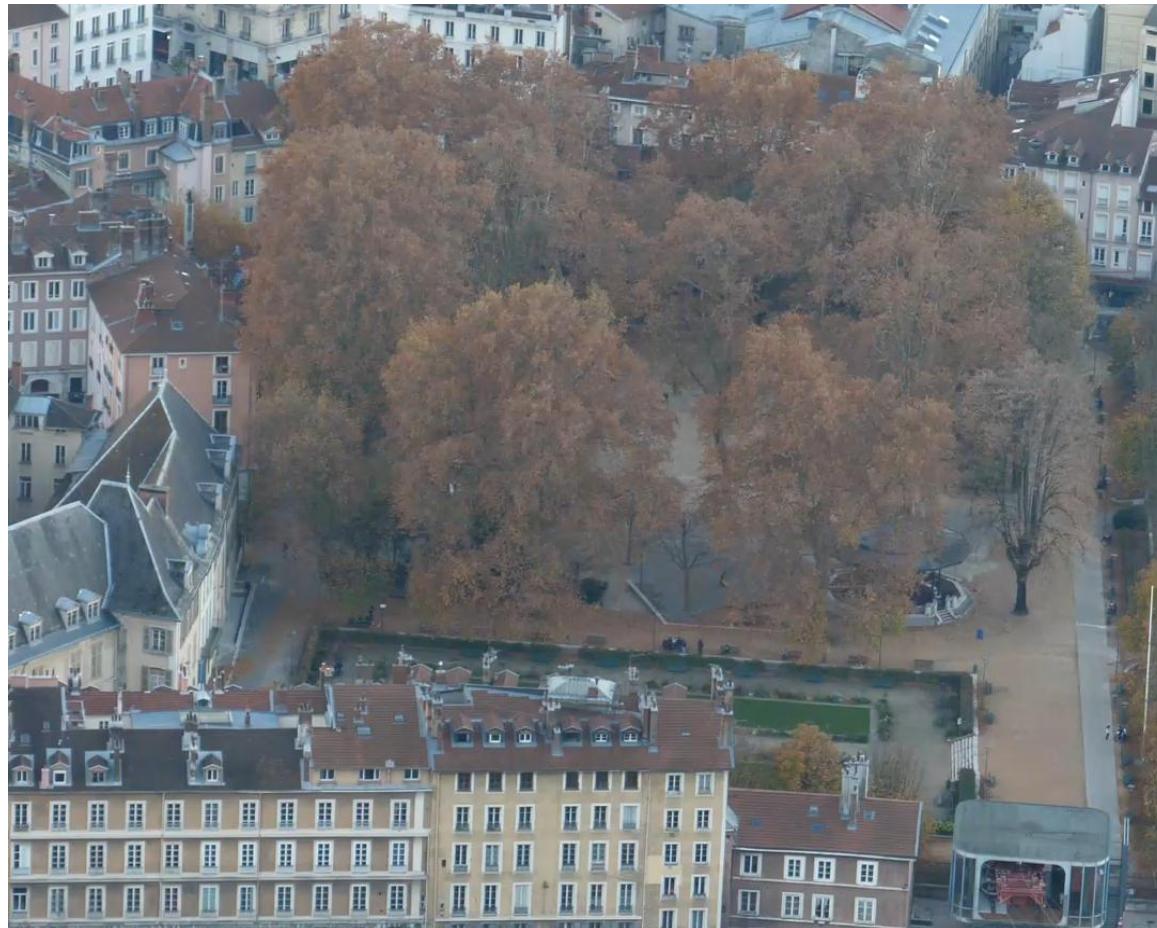
EARLY DETECTION

PICO640

## Voir l'activité humaine

Application surveillance

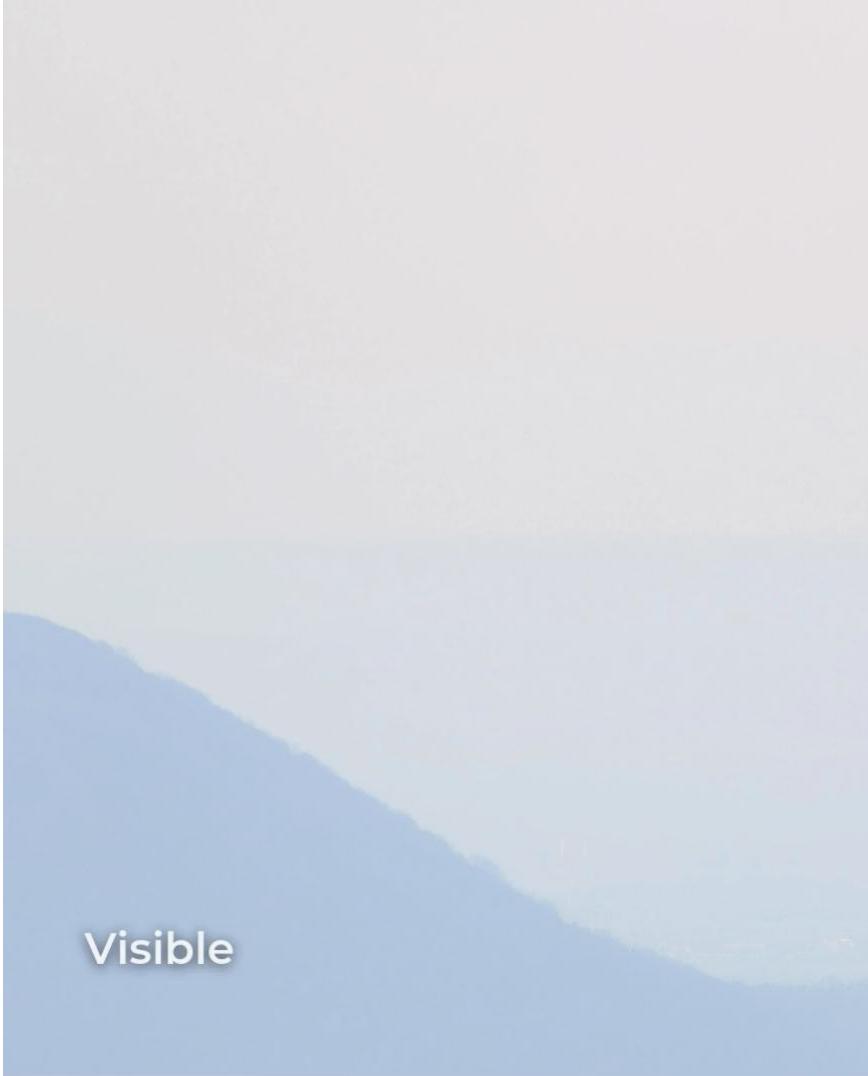
LYNRED



## Voir loin

Application surveillance

LYN RED



## Voir à travers la fumée

Lutte contre les incendies



Incendie de Voreppe  
08/09/2022



## Voir les gaz invisibles

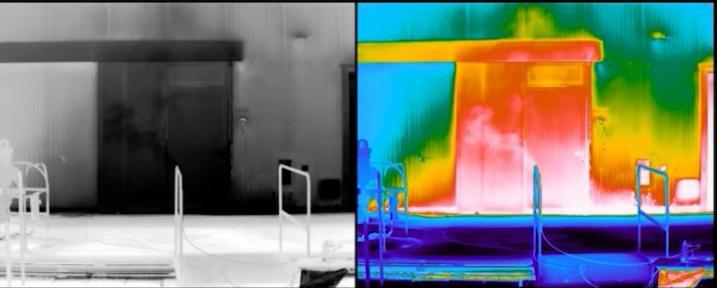
Réduction des émissions à effet de serre

LYNRED

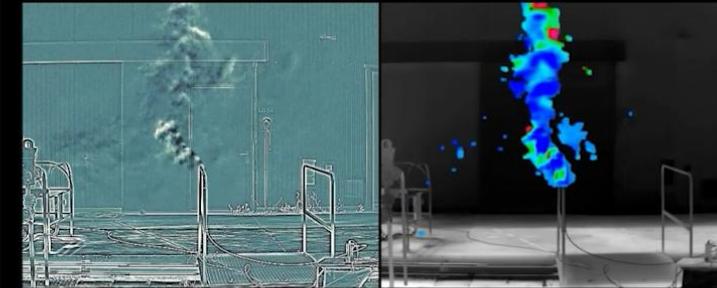
### METHANE LEAK DETECTION

I Shot with EOLE MW

Embedded in ATI EOLE



Available in LYNRED ToolBox

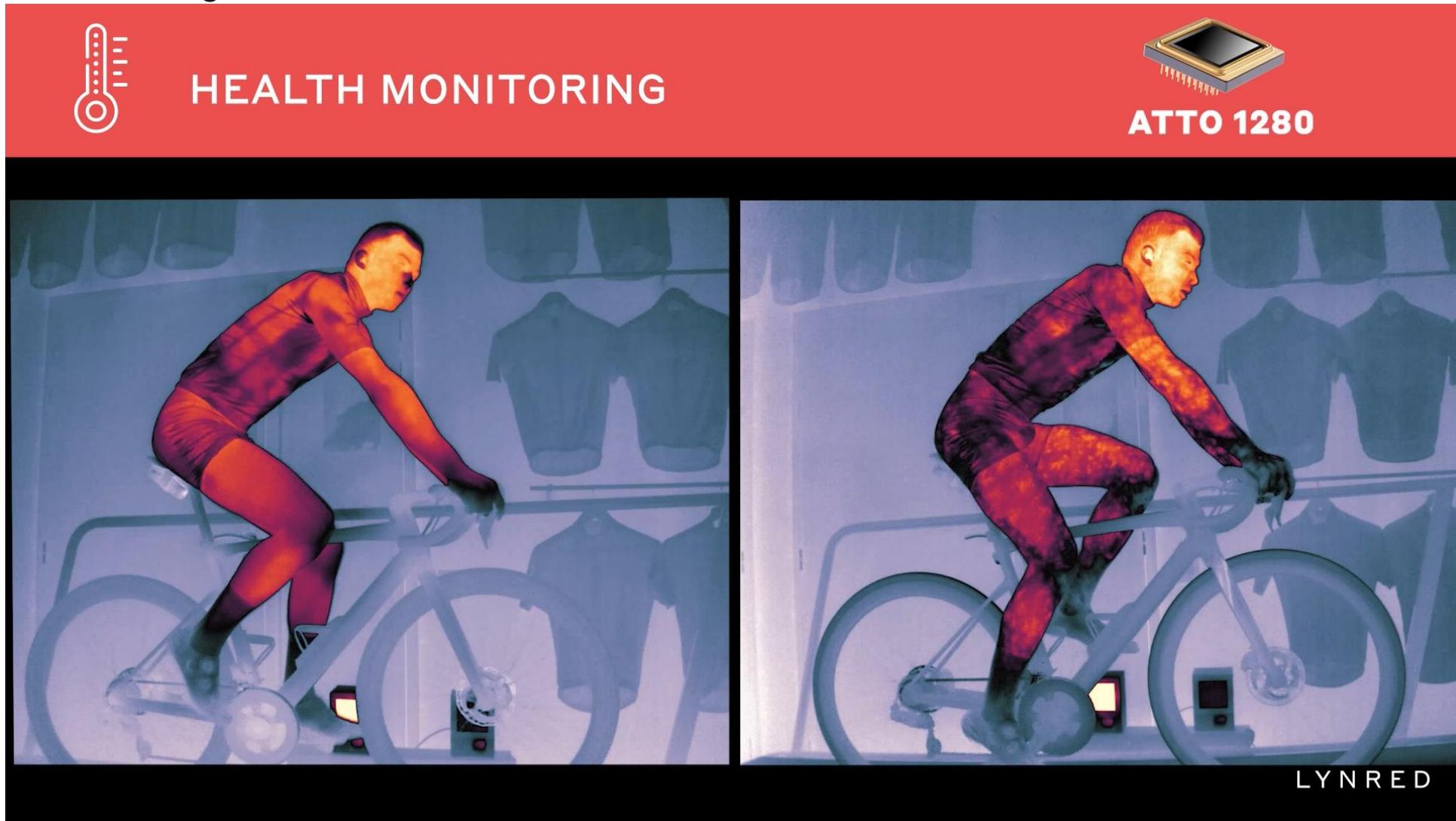


LYNRED

## Voir les variations thermiques

Health monitoring

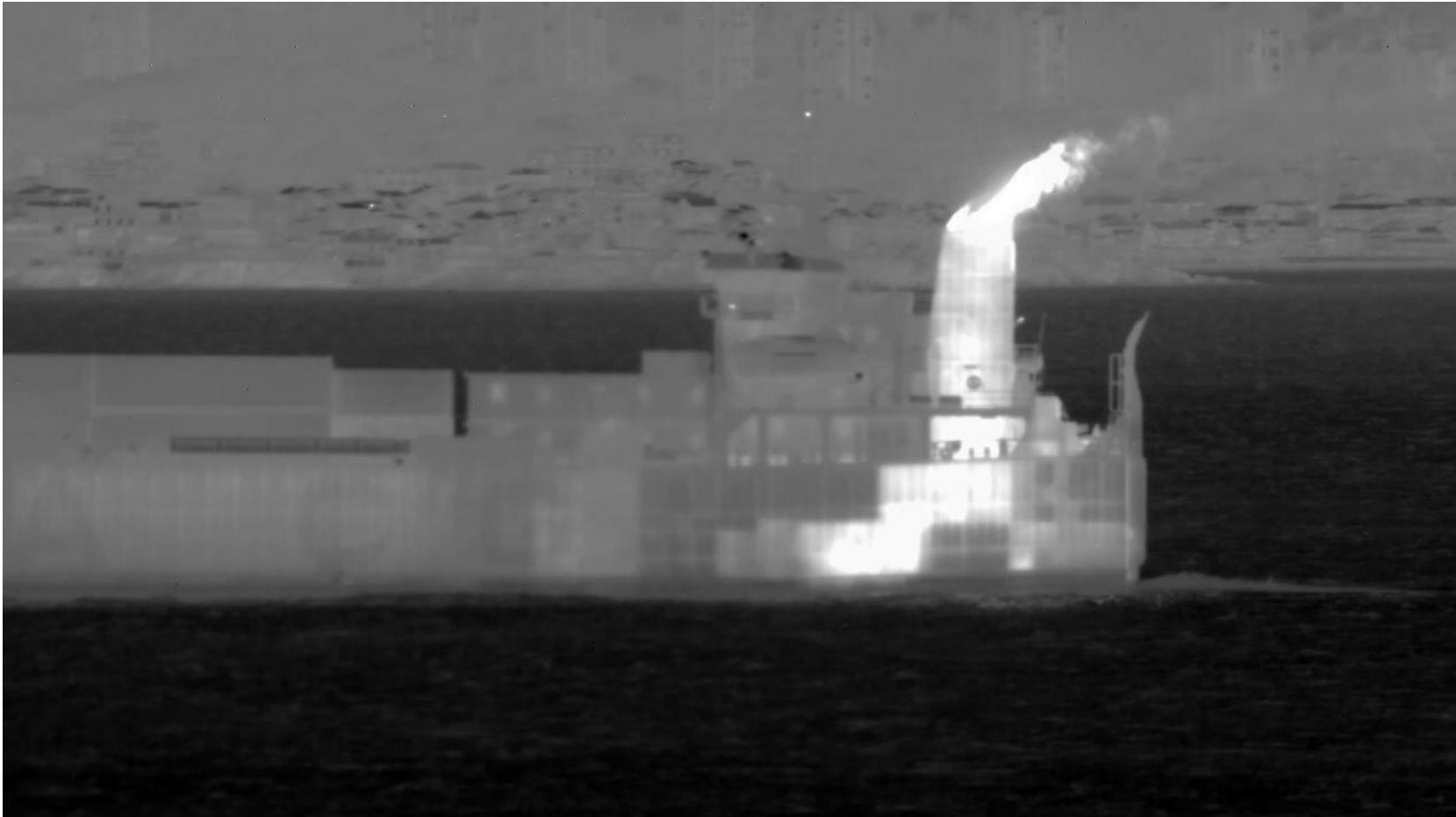
LYNRED



## Voir les variations thermiques

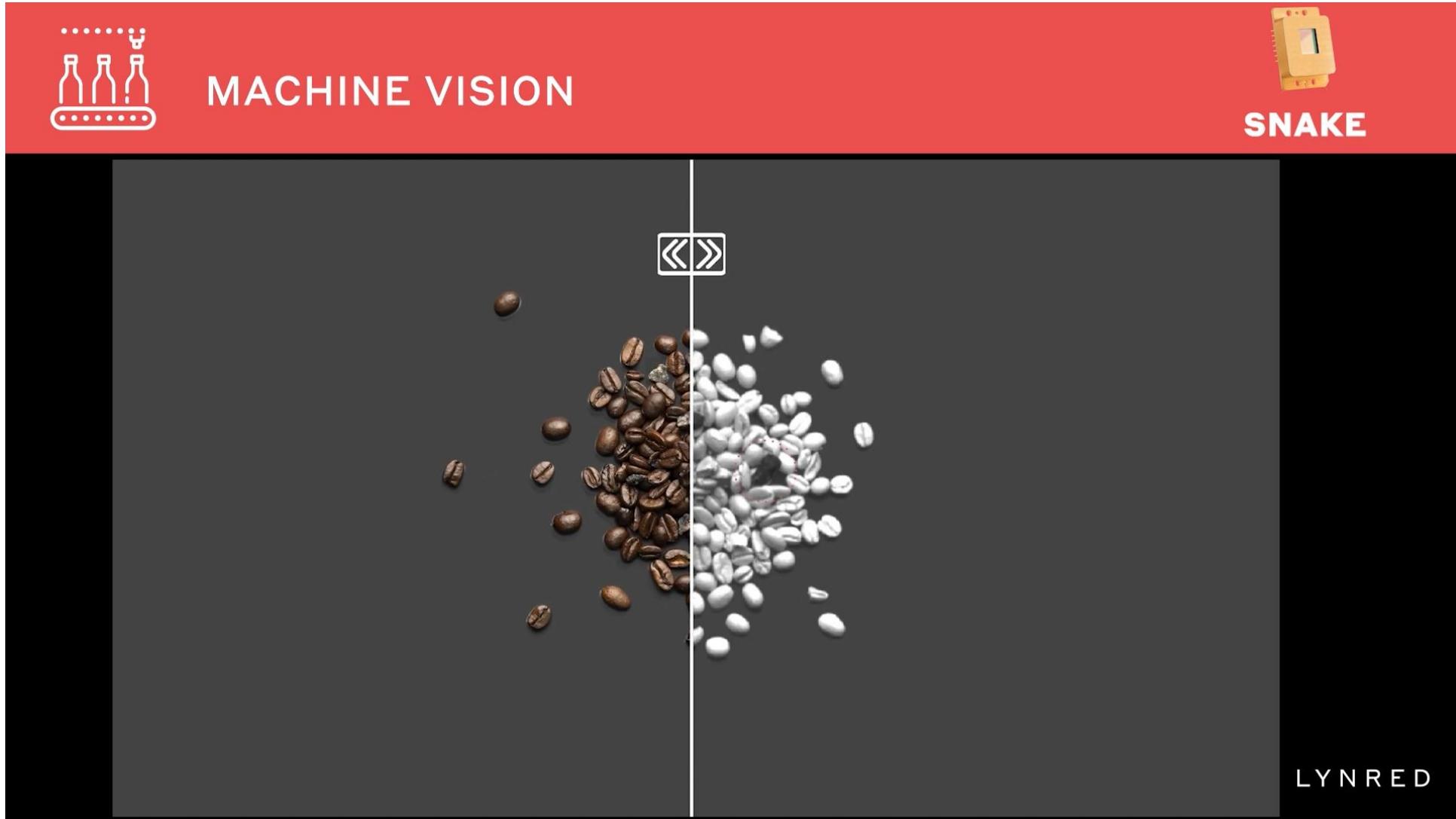
Diagnostique thermique

LYNRED



## Voir les matières

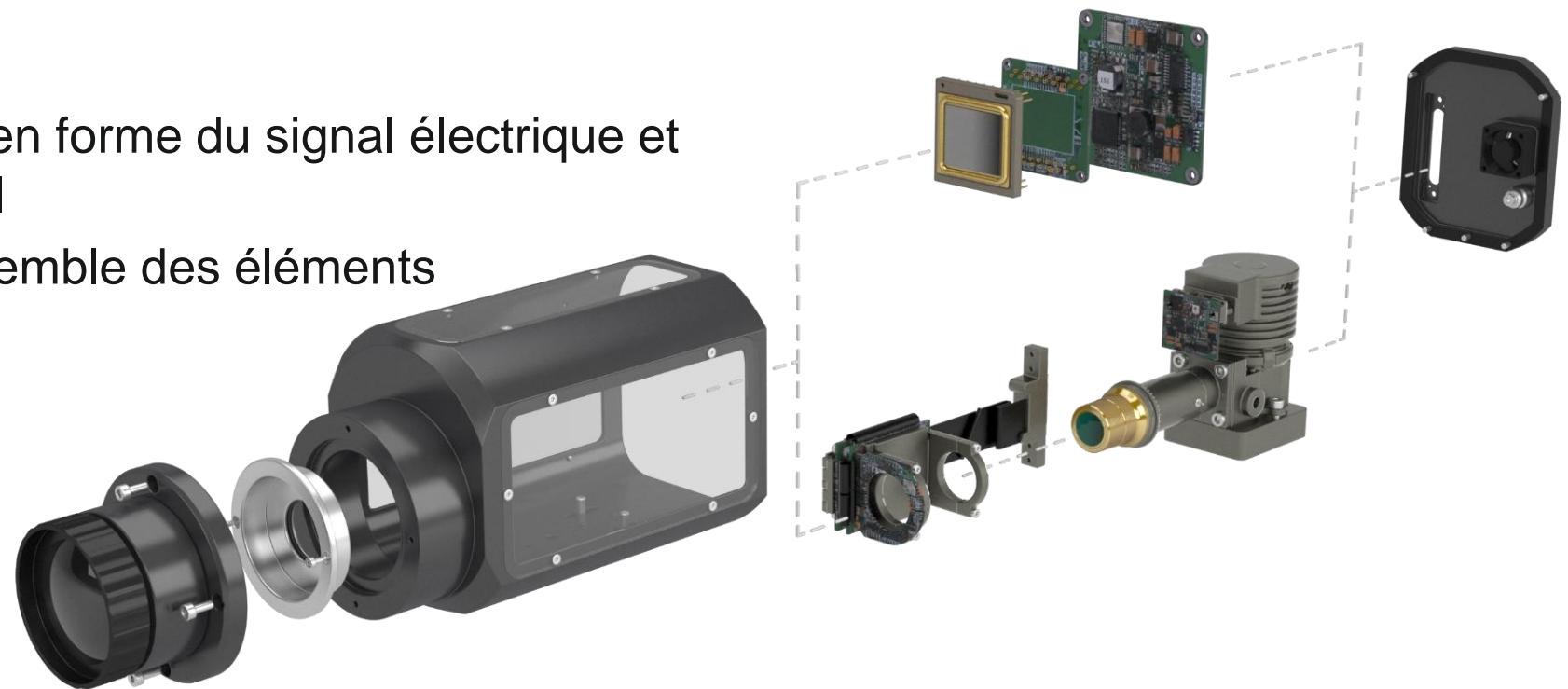
Machine vision



# Comment faire de l'imagerie infrarouge ?

## Composition d'une caméra

- ▶ Optique : Mettre en forme la lumière
  - Matériaux transparents en infrarouge
- ▶ Détecteur : mesure du rayonnement infrarouge
  - Photodiode
  - Microbolomètre
- ▶ Electronique : Mise en forme du signal électrique et **traitement du signal**
- ▶ Châssis : Tenir l'ensemble des éléments



## Image infrarouge brute

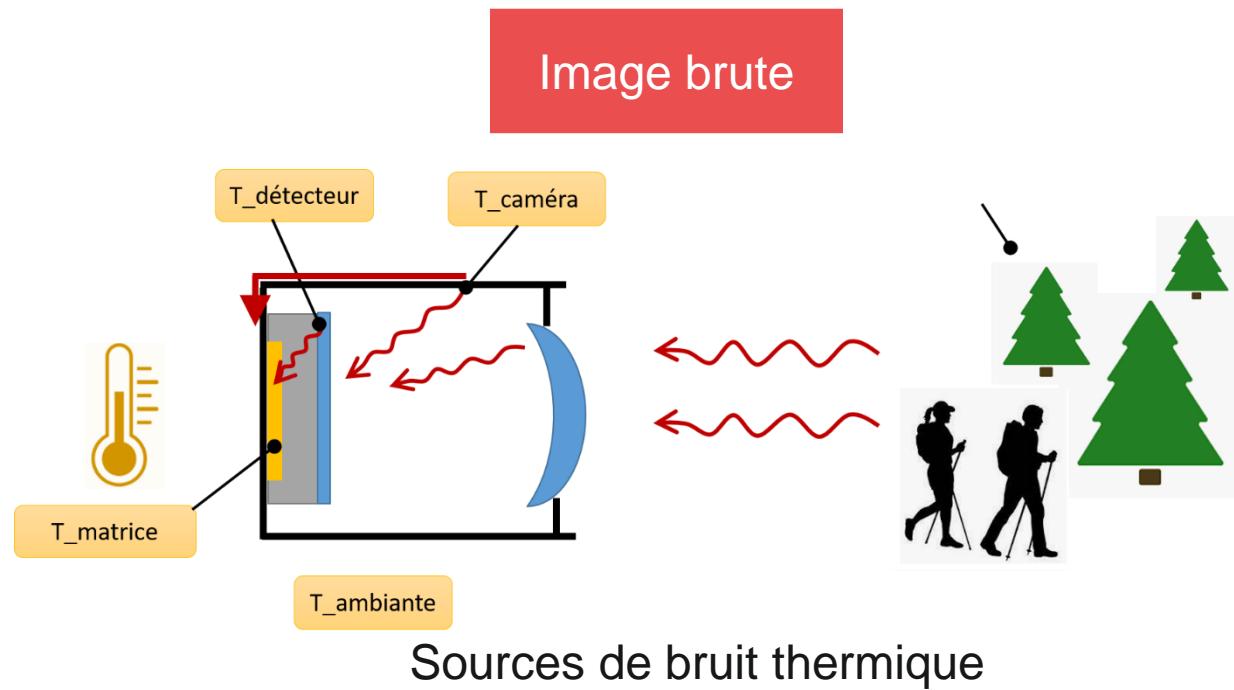
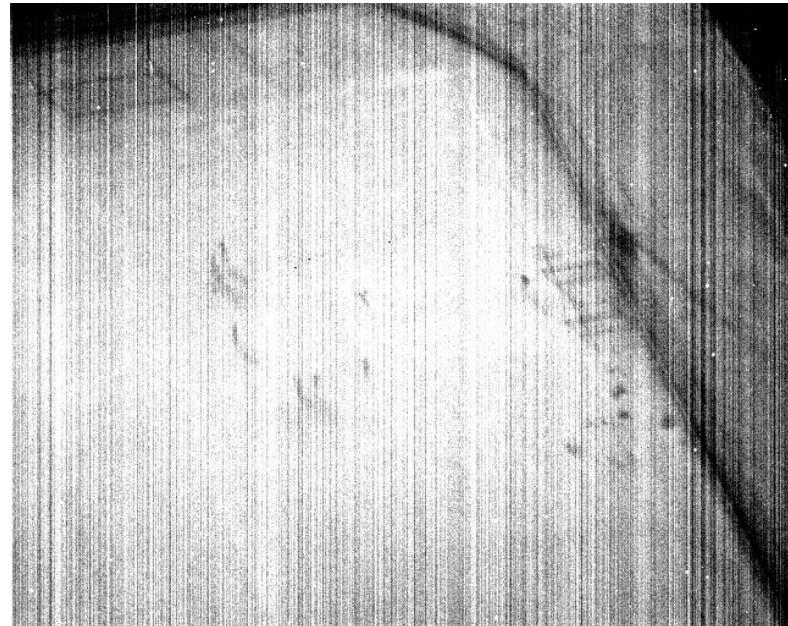
Une image difficilement exploitable

► Information utile masquée par les défauts du capteur

- Bruit spatial important
- Bruit temporel important
- Présence de pixels défectueux

► Nécessité de corriger au minimum :

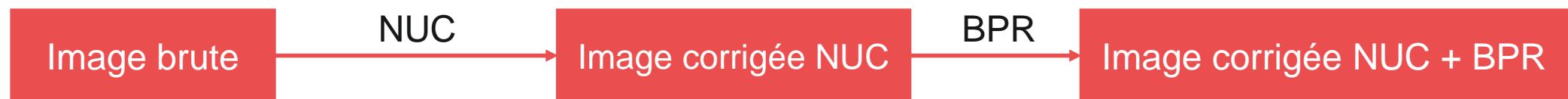
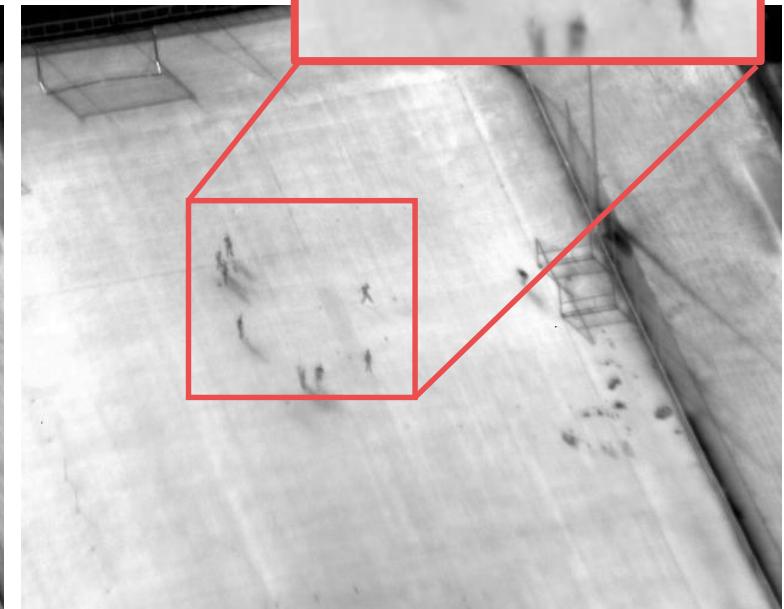
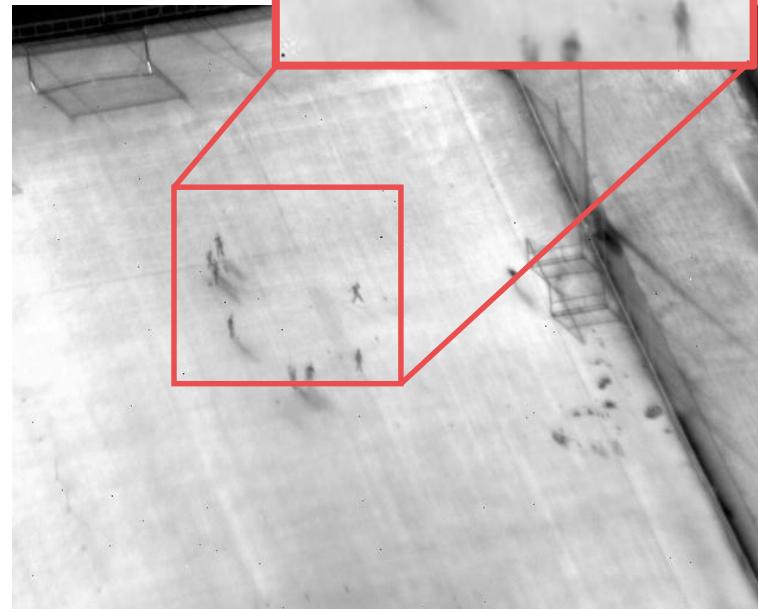
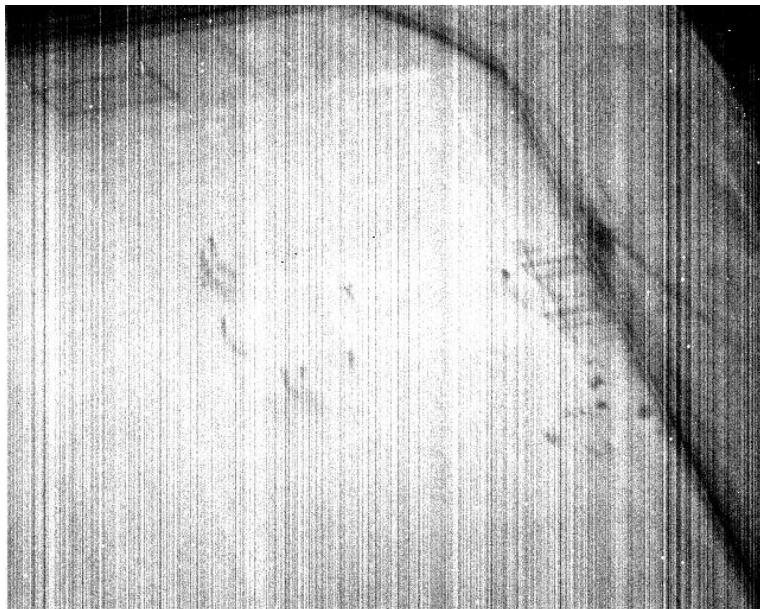
- Les non-uniformités spatiales : NUC
  - Non Uniformity Correction
- Les pixels défectueux : BPR
  - Bad Pixel Replacement



## Corrections de base

NUC + BPR

LYN RED

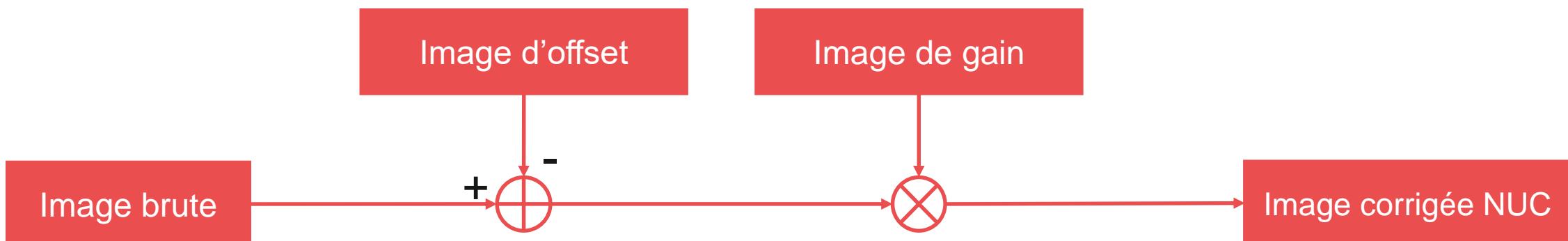
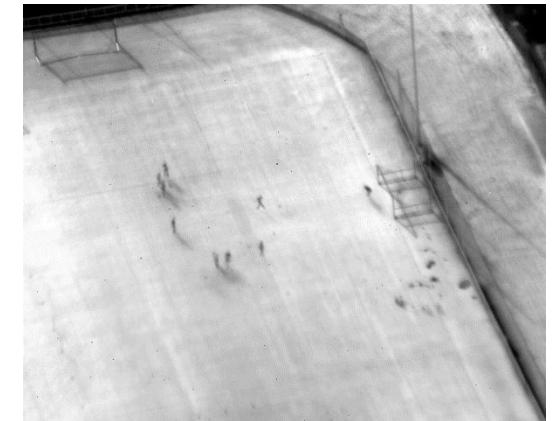
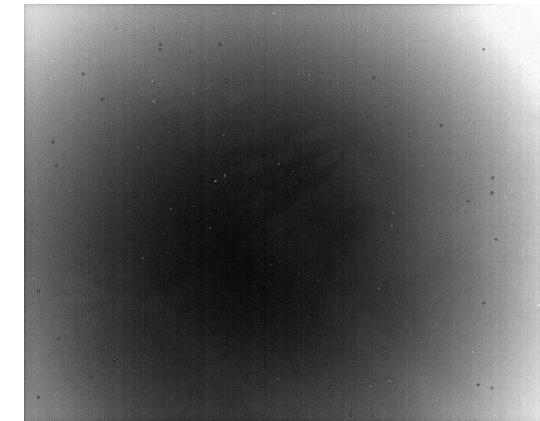
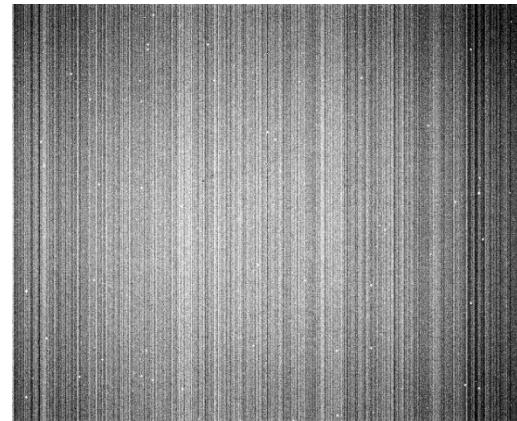
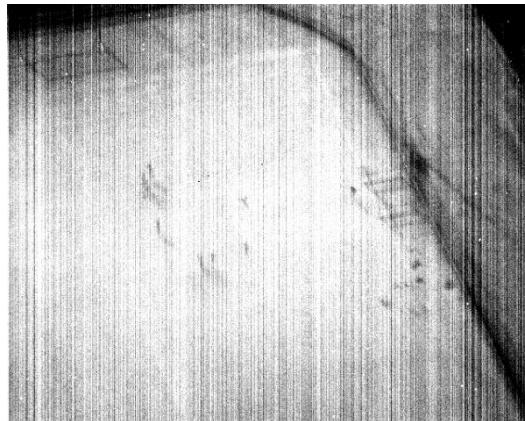


## Non Uniformity Correction: NUC

### Application de la NUC

► Pixels suivent une loi affine avec coefficients différents pour chaque pixel :

- $pixel_{corrigé} = (pixel_{brute} - Offset_{pixel}) * Gain_{pixel}$



## Non Uniformity Correction: NUC

Calcul de l'offset et du gain : la calibration

### ▶ Calcul de l'offset :

- Nécessite une acquisition d'images d'une scène uniforme :  $Images_{T_1}$ 
  - Corps noir à une température  $T_1$
- $Offset = Images_{T_1} - \langle Images_{T_1} \rangle$

### ▶ Calcul du gain :

- Nécessite deux acquisition d'images d'une scène uniforme à deux températures :  $Images_{T_1}$  et  $Images_{T_2}$ 
  - Corps noirs à une température  $T_1$  et  $T_2$
- $Gain = \frac{\langle Images_{T_2} \rangle}{Images_{T_2} - Offset}$

### ▶ Série d'images pour $T_1$ et $T_2$ permet de moyenner le bruit temporel

### ▶ NUC réalisée en usine, possibilité de la refaire au cours de la vie du système



Corps noirs HGH

## Bad Pixel Replacement: BPR

Déetecter les pixels défectueux

- ▶ Pixel défectueux : pixels ayant un comportement anormal par rapport aux autres
  - Valeur constante indépendante du flux
  - Réponse au flux incident anormale
  - Variance temporelle trop importante
- ▶ Détection lors de la calibration en usine
  - Utilisation des tables d'offset et de gain
    - Valeurs anormales/ extrêmes
  - Utilisation d'une série d'images de calibration
    - Variance temporelle élevée
- ▶ Possibilité de détecter au cours de la vie du système
  - Lors d'une mise à jour de la NUC
  - A la volée sur image corrigée
- ▶ Calcul d'une table de pixels défectueux



Carte des pixels  
défectueux

## Bad Pixel Replacement: BPR

Remplacer les pixels défectueux

► Utilisation des proches voisins pour calculer une valeur probable

- Exemple : moyenne 3x3, 5x5
  - Limité par la taille des clusters de pixels défectueux



Image corrigée NUC

BPR

Image corrigée NUC + BPR

## Corrections avancées

### Améliorer l'image

- ▶ Améliorer les NUC : prise en compte de la température de plan focal (TFPA) pour microbolomètre
  - Nécessite calibration plus lourde
- ▶ Améliorer le BPR : détections des pixels défectueux dynamique
- ▶ Correction de l'effet de colonage
- ▶ Correction des bruits spatio-temporels
- ▶ Correction du sunburn
- ▶ Rehaussement de contour
- ▶ Super résolution



Exemple de sunburn en microbolomètre

## Afficher les couleurs de l'image : le tone mapping

Passage du format détecteur au format d'affichage

- ▶ Tone mapping : passage de 14/16 bits (capteur) à 8/10 bits pour affichage
  - Compromis contraste/ saturation/ visualisation zone sombre

LYNRED



Tone mapping min-max



Tone mapping piecewise



Tone mapping equalize

## Colorisation

Image native monochrome

### ▶ Présentation de l'information

- Color map : dépend de l'application et de la culture



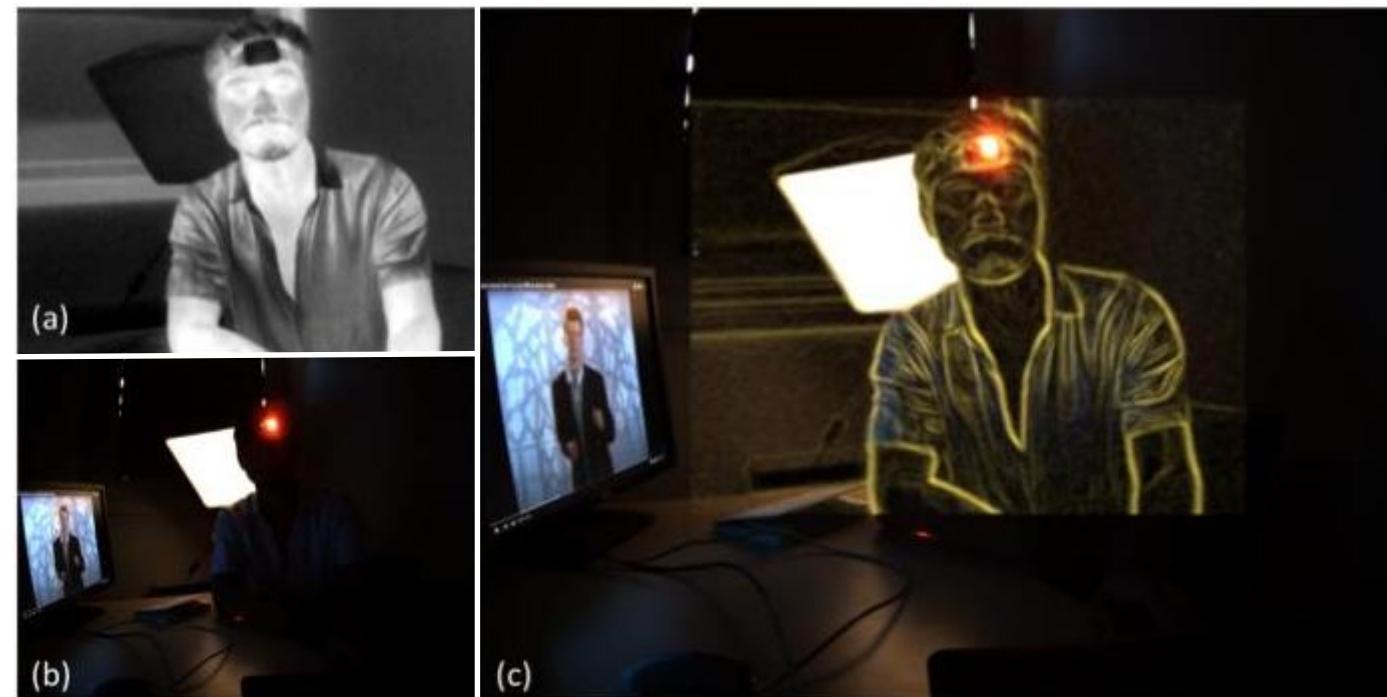
Figure 1: Illustration des palettes *Lifeinred* sur scènes applicatives

## Fusionner des capteurs



### ► Fusion visible et infrarouge

- Bénéficier des avantages des différentes longueurs d'ondes



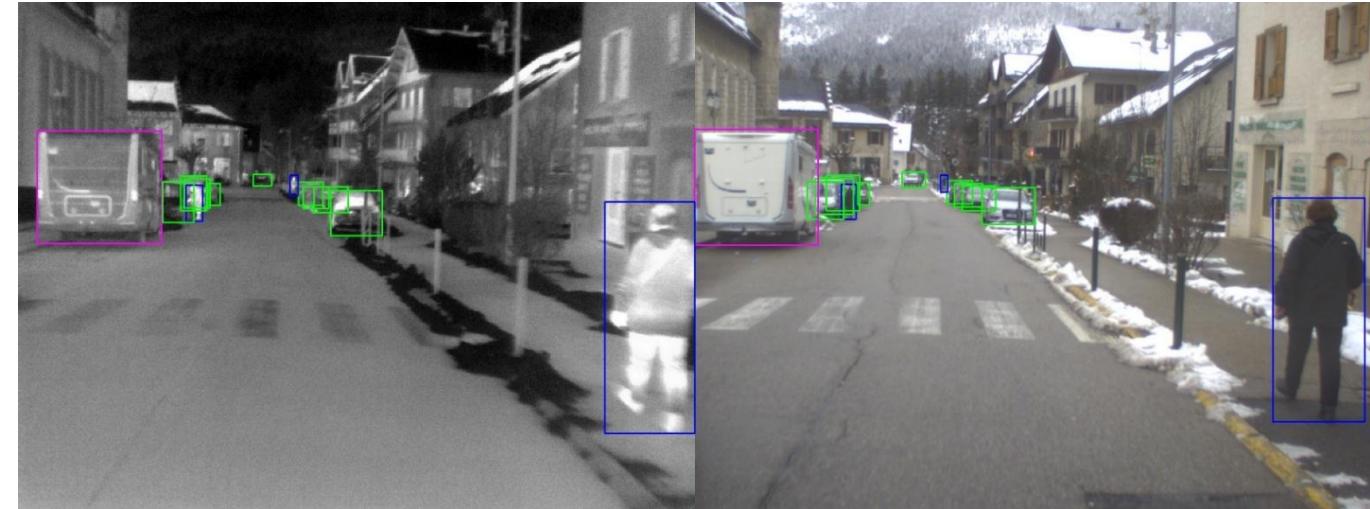
(a) Infrarouge LWIR  
(b) Visible couleur  
(c) Fusion couleur + contours infrarouges

# IA pour images infrarouges

Corriger et/ou interpréter

## ► IA = dataset

- Dataset infrarouge encore insuffisant
  - Création en cours partout dans le monde : images et annotations
  - Lynred Mobility Dataset



## ► Corriger en complément des traitements classiques

## ► Interpréter les scènes et situations complexes

- Situations complexes nécessitant une décision rapide
  - Ex: AEB, comptage de personnes

**LYNRED Mobility Dataset: Multimodal Detection**

The LYNRED Multimodal Detection Dataset is specifically designed to support the development of Advanced Driver-Assistance Systems (ADAS) and self-driving vehicles by providing a comprehensive collection of thermal and visible-light RGB data. It contains sequences of thermal and visible-light RGB images, as well as depth maps, captured in a variety of environments, including urban and rural settings, as well as daytime and nighttime scenarios. Engineers can harness the multimodal nature of the dataset to develop more robust and reliable algorithms in real-world driving conditions.

**LYNRED Mobility Dataset: Stereovision**

The LYNRED Stereovision dataset includes everything needed to develop algorithms for image registration, visible-thermal fusion and depth estimation. It contains 43,200 images from six video sequences using two thermal and two visible cameras.

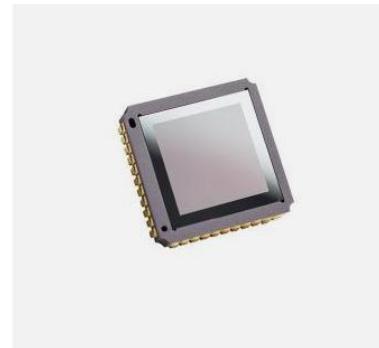
**LYNRED Mobility Dataset: Range Estimation**

The LYNRED Range Estimation Dataset provides a large number of sequences of pedestrians crossing the road at multiple distances, captured from a fixed camera viewpoint inspired by the New Car Assessment Program (NCAP) and National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) scenarios, two renowned car safety performance assessment programs. It can be used to evaluate the detection range of a thermal-based PASE system up to 250 meters, as well as support a varied range of applications relating to pedestrian detection, self-driving vehicles, and ADAS, which goes beyond the scope of the NCAP or NHTSA test protocols.

## Notion de module

Accélérer le développement de l'imagerie infrarouge

- ▶ Intégration du traitement de l'information directement dans le détecteur
  - Nécessite intégration optique pour la correction d'image
- ▶ Levier fort pour développement des nouveaux usages et acteurs de l'infrarouge : plug and play



- ▶ Cas particulier des réseaux de neurones
  - Electronique dédiée développée pour application à base de réseaux de neurones
  - Plus d'image en sortie détecteur

# QUIZZ

Quelle bande infrarouge ?

LYNRED



# QUIZZ

Quelle bande infrarouge ?



# QUIZZ

Quelle bande infrarouge ?



# QUIZZ

## Utilisation de l'infrarouge

- ▶ Donnez 3 avantages et applications associées de l'infrarouge

# QUIZZ

## Traitement d'image

- ▶ Donnez les corrections minimales en imagerie infrarouge
- ▶ Donnez une correction avancée
- ▶ Qu'est-ce que le tone mapping ?
- ▶ Que peut-on faire en IA avec l'imagerie infrarouge ?

# Conclusion

- ▶ Savoir définir l'imagerie infrarouge
  - ▶ Les bandes SWIR, MWIR et LWIR
  - ▶ Relation température longueur d'onde
- ▶ Connaitre quelques propriétés et applications de l'imagerie infrarouge
  - ▶ Voir la nuit : AEB
  - ▶ Voir l'activité humaine : surveillance, recherche de victimes
  - ▶ Voir loin : surveillance
  - ▶ Voir à travers les fumées : sécurité, pompier
  - ▶ Voir les gaz invisible : réduction des émissions de gaz à effet de serre
  - ▶ Voir la thermique : diagnostique thermique des bâtiments
  - ▶ Voir les différences de matières : tri agroalimentaire, tri des déchets
- ▶ Savoir appliquer les corrections de base sur les images infrarouges
  - ▶ Corrections de base : NUC + BPR → un TP pour mettre en pratique avec vos images infrarouges
  - ▶ Corrections avancées
  - ▶ Mise en forme de l'image : tone mapping, colorisation, fusion de capteur
  - ▶ L'IA pour l'infrarouge en développement

Merci  
POUR VOTRE ATTENTION



"All rights reserved.  
Contents are LYNRED' property  
and can be changed by LYNRED  
at any time.

The information contained herein  
is confidential and intended  
solely for the person to which it  
is addressed.

Any copy or dissemination of the  
information contained herein is  
prohibited."