

# Thermographie

Que peut-on observer avec une caméra infrarouge ?



4-5 FÉVRIER 2025

**SOLDATS DU FEU**  
#PensezAutrement événements

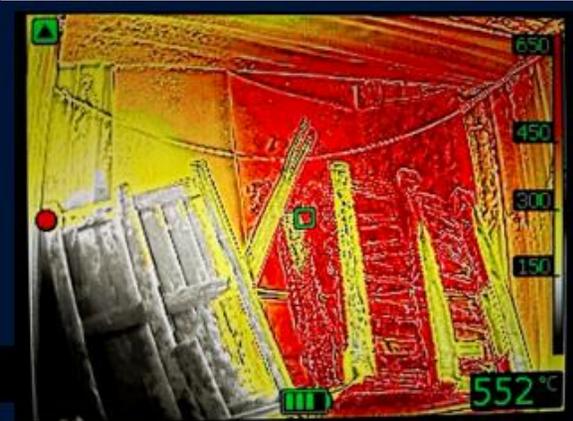
SAPPEURS-POMPIERS  
  
SEINE-ET-MARNE

DEUXIÈME  
COLLOQUE FRANCOPHONE  
**INCENDIE**



## La Technologie **infrarouge**

- Comment fonctionne une caméra thermique ?
- Comment la résolution affecte la lecture de la température
- La recherche de personnes à l'extérieur



### AGENDA



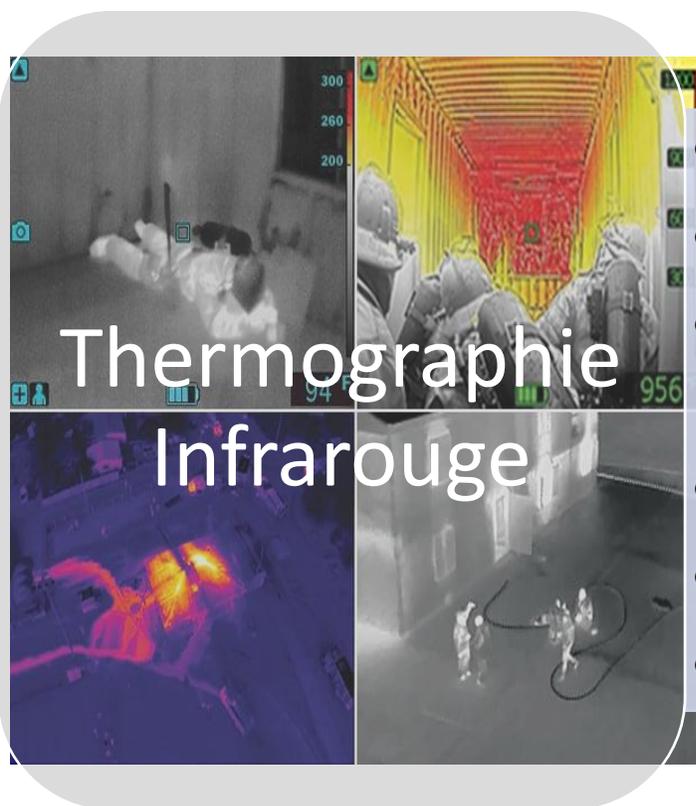
Tout comme vos tenues de combat et votre appareil respiratoire autonome, votre casque, votre radio et votre lampe de poche, une



- C'est sans contact – elle permet une détection à distance:
  - Laisse l'utilisateur hors d'une zone dangereuse.
  - N'affecte pas la cible visée.
- C'est bidimensionnel:
  - La comparaison entre des zones d'une cible est possible.
  - L'image donne une vue d'ensemble de la cible.
  - Les motifs thermiques sont visualisés pour être analysés.
- Cela fonctionne en temps réel:
  - Rend possible la visée rapide sur des cibles stationnaires.
  - Rend possible la capture de phénomènes thermiques rapides, ainsi que leurs motifs thermiques.



## Une bonne utilisation de la thermographie nécessite la compréhension de plusieurs thèmes

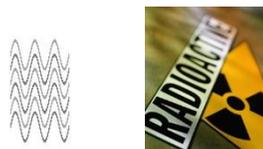


- Transferts radiatifs
- Transferts thermiques
- Techniques d'inspection et de rapport
- Applications
- Techniques d'analyse
- Utilisation de caméra



## Les bandes spectrales

Gamma



Rayons X



Ultraviolet



Visible



Infrarouge

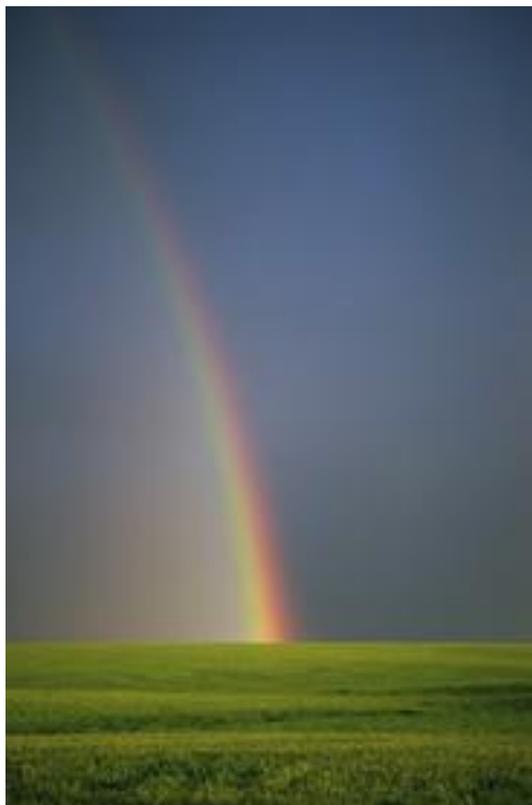


Micro-ondes



Radio



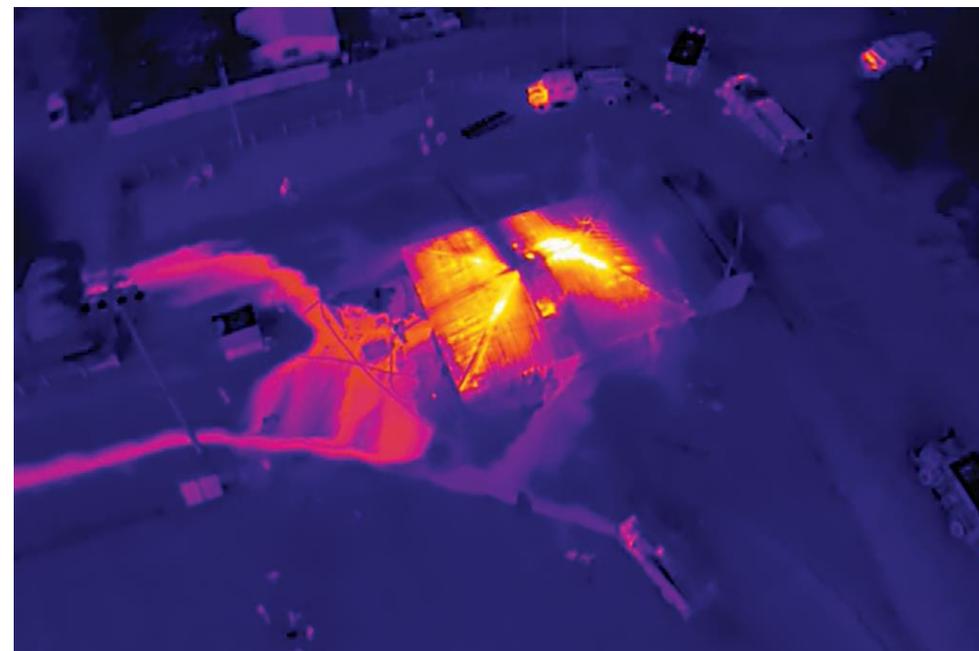


La lumière visible est un mélange de composantes de diverses longueurs d'ondes.

Les différentes longueurs d'ondes sont sélectionnées et vues par l'oeil comme des couleurs entre:

0.4  $\mu\text{m}$  (violet) à  
0.7  $\mu\text{m}$  (rouge)

En thermographie, on utilise des couleurs pour représenter des différences thermiques d'un objet. Les couleurs expriment à la fois la réflexion et l'émission des rayonnements en provenance d'une surface.



- À proximité d'un objet chaud, on peut ressentir la sensation de chaleur sur notre peau.
- Le détecteur d'une caméra thermique est lui aussi sensible à la chaleur.
- Un signal est généré, puis transformé en image thermique.

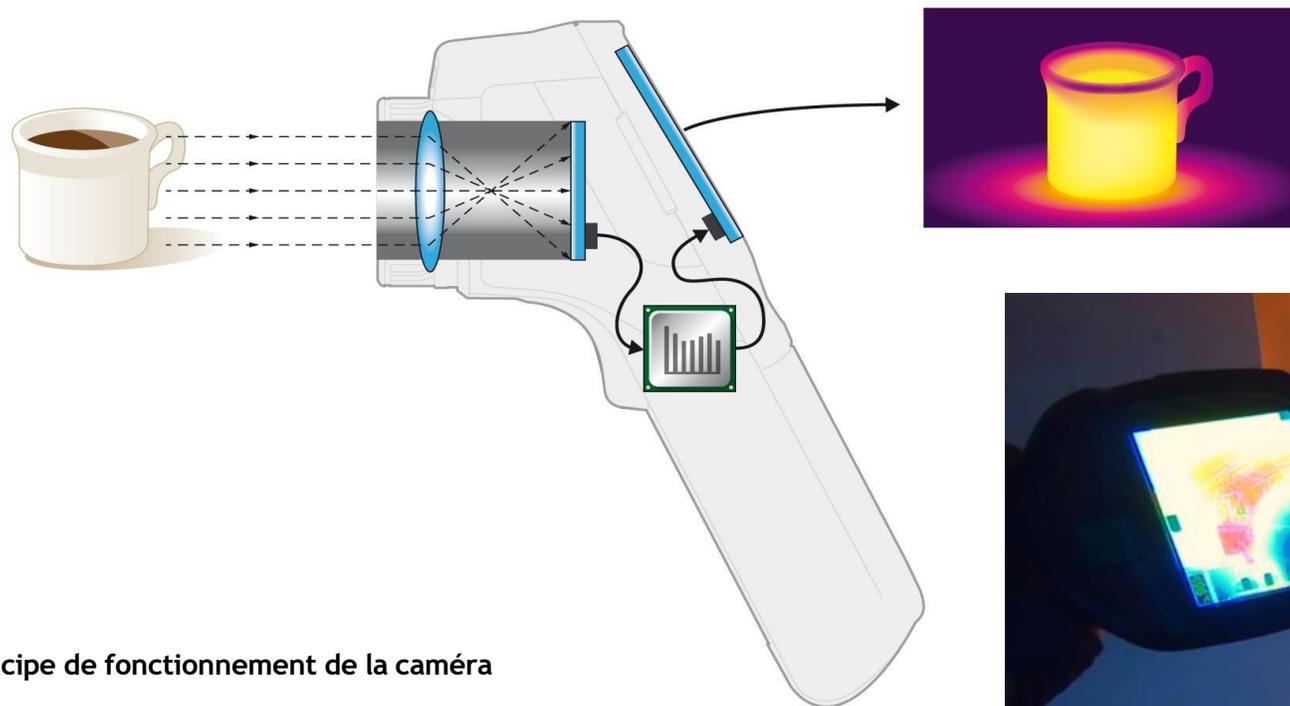


Figure 1 Principe de fonctionnement de la caméra



- La peau humaine est sensible à la chaleur. On s'en rend compte lorsqu'assis près d'un feu ou en prenant un bain de soleil. Nous ressentons l'émission de la chaleur d'un objet qui rayonne à une certaine distance si cet objet émet beaucoup de rayonnement infrarouge. Ce rayonnement infrarouge atteint notre peau qui réagit en absorbant la chaleur émise par cet objet.
- Nos yeux sont sensibles à la lumière visible, mais pas au rayonnement infrarouge. On ne peut donc pas « voir » la chaleur. On voit une tasse de café mais on ne peut pas pour autant dire si elle est chaude ou pas.
- Le détecteur d'une caméra thermique est sensible au rayonnement infrarouge. Il convertit ce dernier en signal, qui est par la suite traduit sous forme d'une image. Donc on peut dire qu'une caméra thermique « rend visible » ce qui est invisible à nos yeux. L'utilisation d'une telle caméra rends la chaleur visible à l'œil humain.



Sur une image thermique d'une caméra thermique, une partie apparaissant foncée signifie une zone froide alors qu'une zone claire signifie qu'elle est chaude.



Comprendre le fonctionnement du transfert de chaleur facilite grandement l'interprétation des images thermiques et comprendre les informations thermiques fournies par une image nous aide à prendre la bonne décision.

La chaleur se déplace en raison des différences de température, du chaud vers le froid.

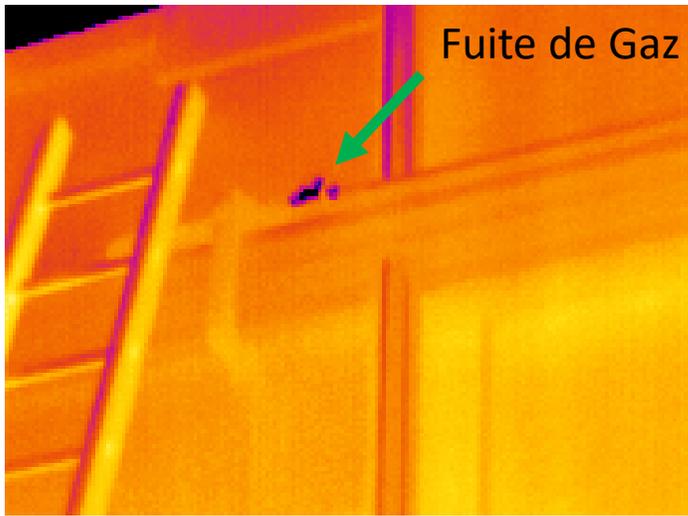


Dans la vraie vie, la chaleur se déplace toujours d'un endroit à un autre, car il existe toujours des différences de température.

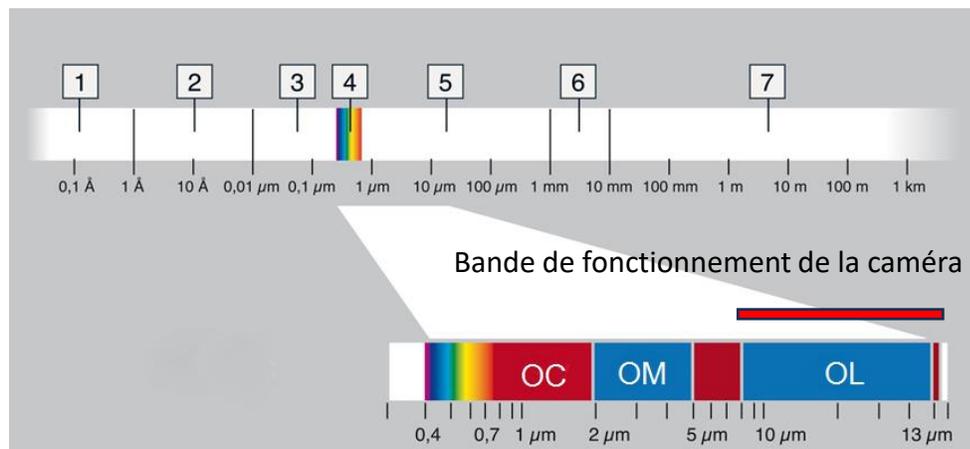


La seule façon de « voir » le mouvement de la chaleur est d'utiliser la caméra infrarouge.

La caméra infrarouge ne voit que le RAYONNEMENT.



Du méthane s'échappe d'une canalisation de la ville



**FLIR K33, K45, K53, K55, K65**



**Microbolomètre non refroidi, 7,5-13 μm**

**Le rayonnement thermique désigne le mouvement de la chaleur au moyen d'ondes électromagnétiques.**



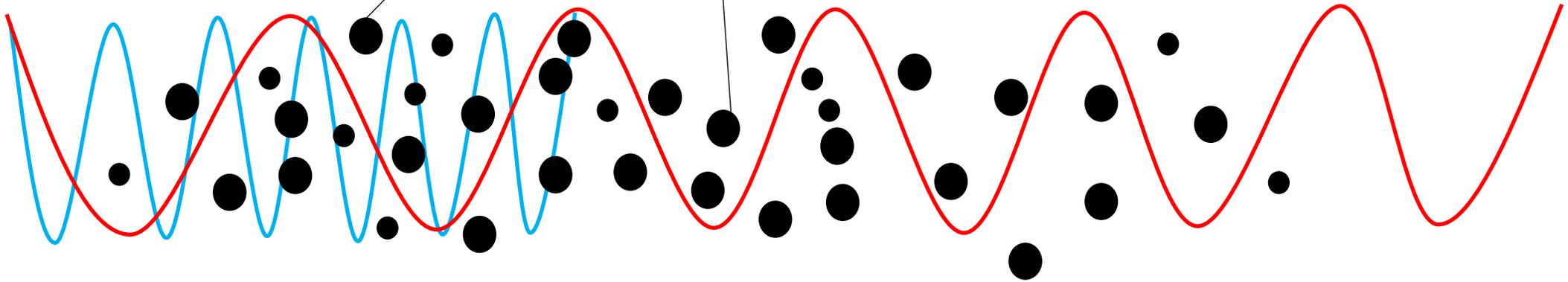
**RAYONNEMENT**



Particules de fumée

Infrarouge

Lumière  
visible



**La lumière visible ne peut pas traverser la fumée**

# Pourquoi pouvons-nous voir à travers la fumée avec une caméra thermique ?



## Permettre d'avancer en sécurité durant l'intervention



## De voir d'où vient la chaleur

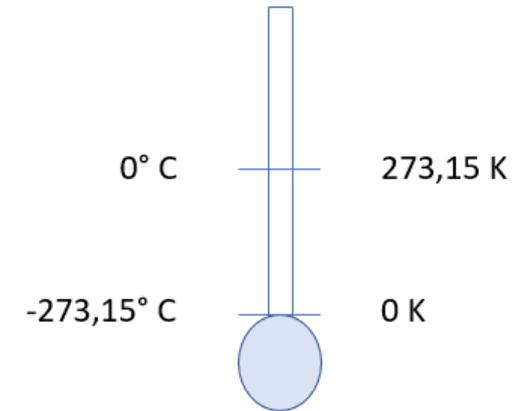
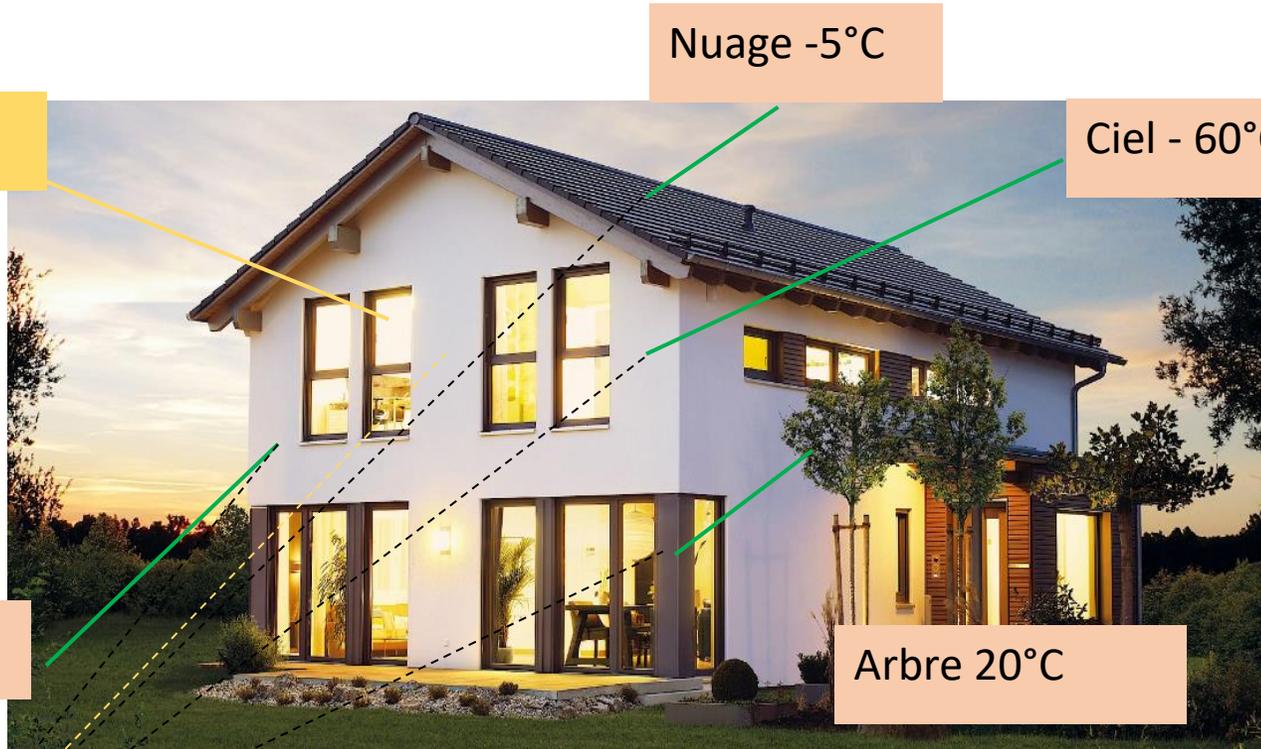


## Recherche de personnes



## Danger, chaud ?





Tout ce qui supérieur à  $-273,15^{\circ}\text{C}$  émet de l'énergie thermique



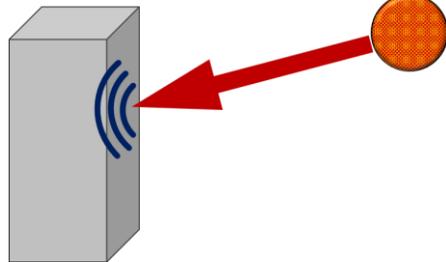
**Le rayonnement environnant, les matériaux, l'humidité et les réflexions influencent l'image thermique.**



## Cas 1

Absorption des radiations

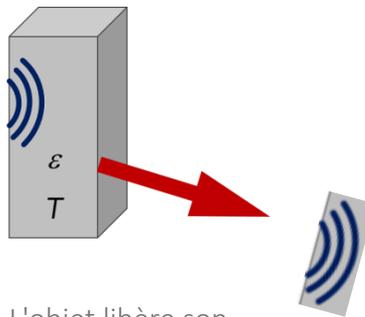
Source de rayonnement



Objet touché par les radiations

## Cas 2

Émission de rayonnement

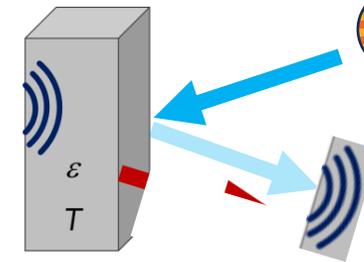


L'objet libère son propre rayonnement

## Cas 3

Réflexion du rayonnement

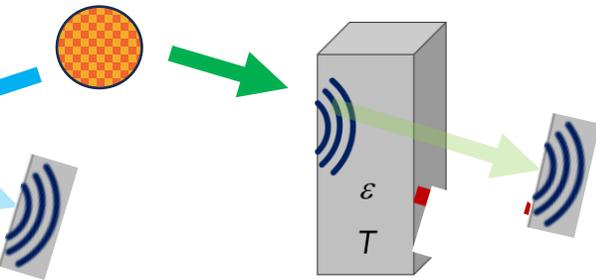
Source de rayonnement



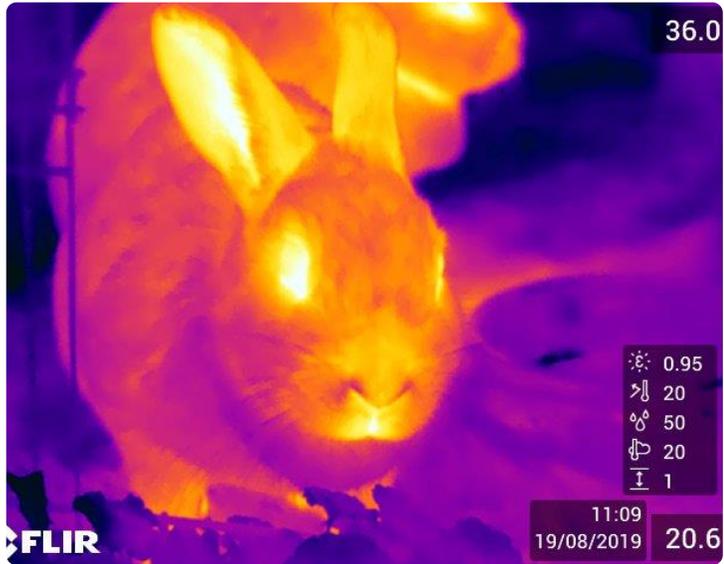
Objet touché par les radiations

## Cas 4

Transmission des rayonnements



Objet touché par les radiations



Absorption et émission

PROPRE rayonnement émis par un objet

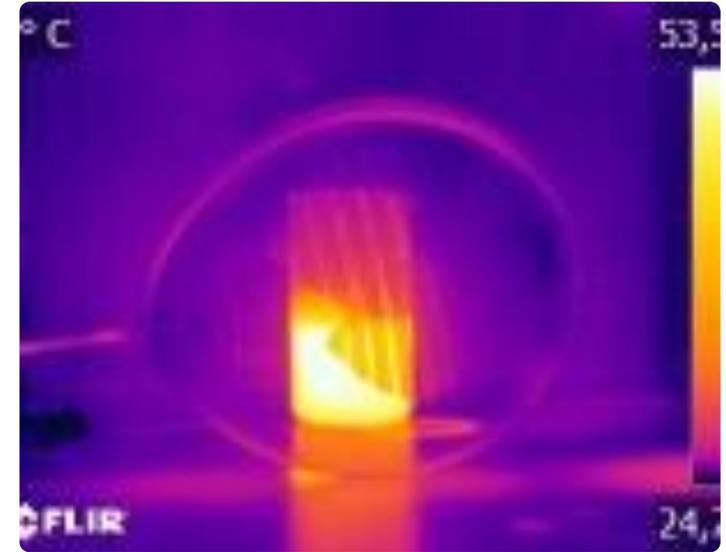
$$\alpha = \varepsilon$$



Réflexion

Rayonnement réfléchi par un objet

$$\varepsilon + \rho + \tau = 1$$



Transmission

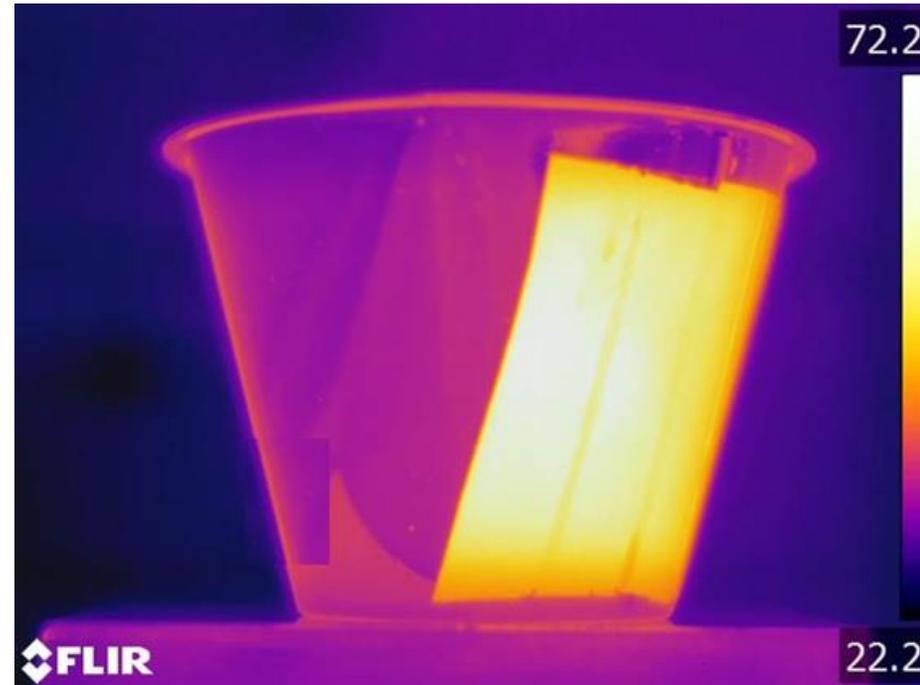
Rayonnement traversant un objet

## Émissivité



Faible émissivité | haute émissivité

## Tasse en acier inoxydable avec eau chaude

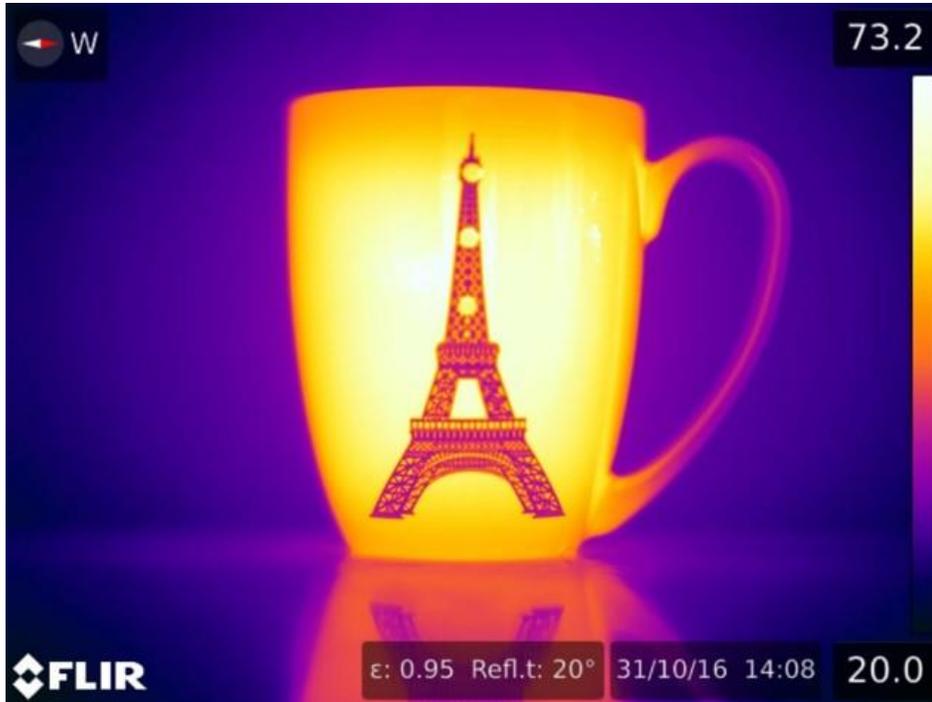


Faible émissivité | haute émissivité



Tasse chaude, motif Tour Eiffel froid?

Émissions plus élevées et émissions plus faibles



Les caméras montrent le rayonnement, pas la température.

Les températures ne sont que des valeurs calculées en fonction des paramètres saisis !

Eau Chaude



Eau Tempérée

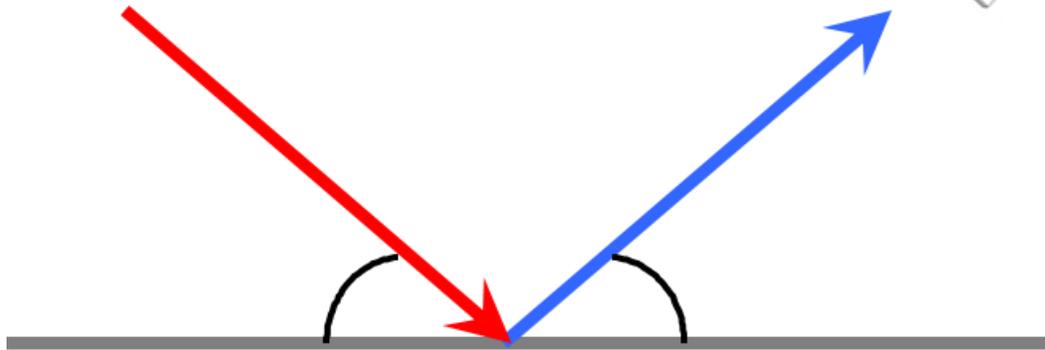


Eau Froide



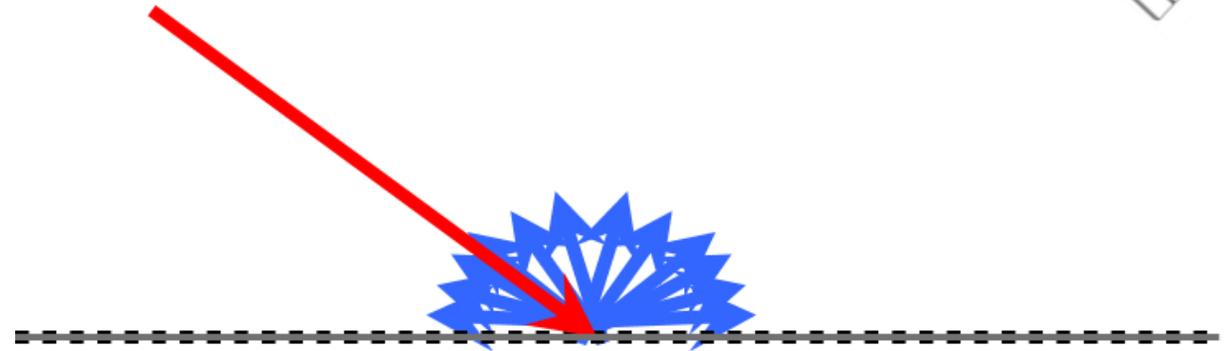
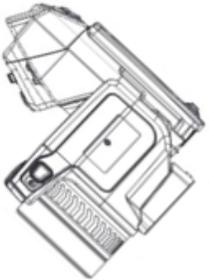


## Réflexion spéculaire



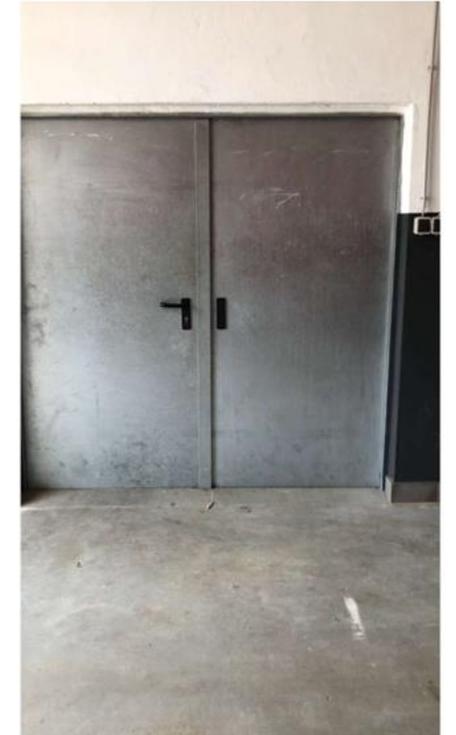
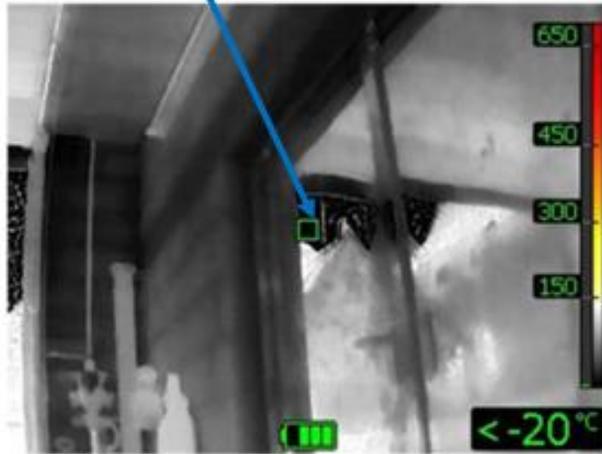
Direct : angle d'incidence = angle de réflexion

## Réflexion diffuse



Diffus : différents angles

## Réflexion



La température négative de ( $-20^{\circ}\text{C}$ ) correspond au reflet du ciel clair.  
Ceci est normal, c'est ce qui peut arriver quand nous travaillons en extérieur.

## Emission et réflexion



- . Reflet dans une flaque d'eau.
- . La lecture réelle de la température n'est pas correcte.
- . Elle est basée sur le rayonnement réfléchi.

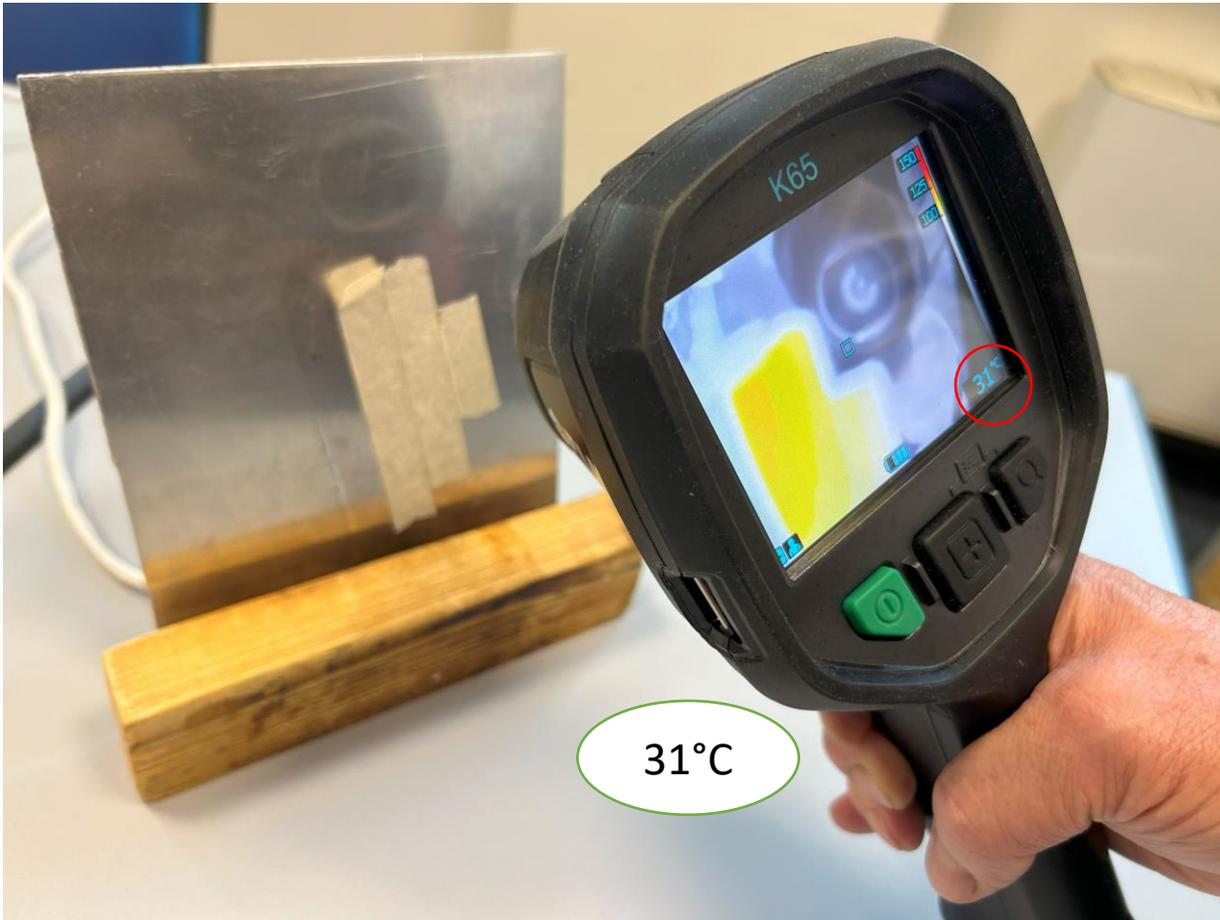
**REMARQUE :** un angle d'observation trop incliné diminue l'émissivité, donc augmente la réflexion.

Un objet chaud semble froid là où l'émissivité est faible



L'objet chaud semble chaud là où l'émissivité est élevée





Tôle chauffée à 120°C

Plastique à couche mince = transparent

Verre = opaque

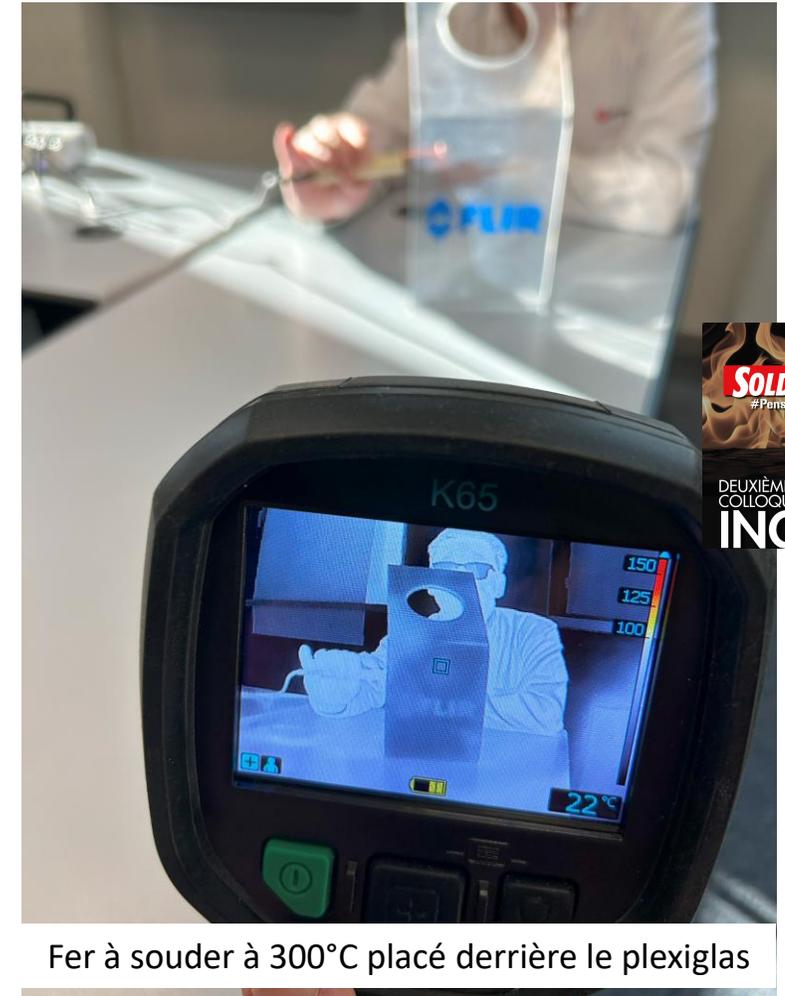
Plexiglas = opaque



Personne placée derrière le sac PVC



Fer à souder à 300°C placé derrière la vitre

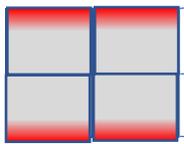


Fer à souder à 300°C placé derrière le plexiglas



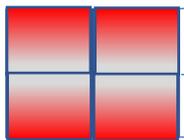


Capteur avec  
4 pixels



Le rayonnement environnant au-dessus et au-dessous de la personne a une faible influence sur l'image

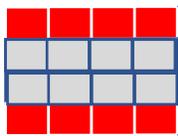
Capteur avec  
4 pixels



Le rayonnement environnant au-dessus et au-dessous de la personne a une forte influence sur l'image

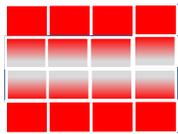


Capteur avec  
16 pixels



Le rayonnement environnant au-dessus et au-dessous de la personne a une faible influence sur l'image

Capteur avec  
16 pixels



Le rayonnement environnant au-dessus et au-dessous de la personne a une forte influence sur l'image



Identification

Environ : 30 mètres

La distance et le contraste vous permettent de reconnaître en toute confiance l'objet en tant que personne.

Résolution de la caméra  
FLIR K65 de 320X240 Pixel



Reconnaissance

Environ: 60 mètres

La distance et le contraste vous permettent de reconnaître un objet qui est très probablement une personne.

Résolution de la caméra  
FLIR K65 de 320X240 Pixel



Détection

Environ: 90 mètres

Le contraste seul permet de reconnaître la présence d'un objet, mais il est impossible de dire s'il s'agit d'une personne.

Résolution de la caméra  
FLIR K65 de 320X240 Pixel

Détecter – Reconnaître – Identifier  
2 Pixels – 6 Pixels – 12 Pixels





Détecter – Reconnaître – Identifier  
2 Pixels – 6 Pixels – 12 Pixels

## NETD : Différence de température équivalente au bruit.

La sensibilité thermique d'une caméra à imagerie thermique s'appelle NETD :

- . Elle est mesurée en Millikelvin (mK), c'est-à-dire que pour K65 elle est de 30 mK à une température d'objet de 30 °C.
- . Plus cette valeur est petite, meilleure est la sensibilité thermique



Construire un programme complet de prévention des incendies industriels avec des caméras et capteurs thermiques de surveillance, des charges utiles pour les drones thermiques et des dispositifs thermiques portatifs



Avant qu'un scénario d'incendie ne se présente, les organisations industrielles peuvent prendre des mesures proactives pour créer des programmes de surveillance de l'état en continu grâce à l'installation de dispositifs d'imagerie thermique capables de détecter les signatures thermiques anormales avant l'apparition de flammes ou de fumées.

Une caméra d'imagerie thermique de surveillance fixe fournit une surveillance 24h/24 et 7j/7, idéale pour surveiller des armoires électriques, des installations de traitement, des équipements de fabrication, des centres de données, une production d'énergie, une distribution d'énergie, une expédition, un transport de masse, des installations de stockage, des entrepôts de réfrigération et d'autres équipements et environnements industriels potentiellement dangereux.



Pour les personnes de terrain, des caméras d'imagerie thermique portables comme fournissent une connaissance essentielle de la situation, permettant de voir à travers la fumée et de prendre des décisions rapides sur le moment. À l'intérieur d'un bâtiment, les caméras thermiques peuvent également aider à évacuer les zones trop chaudes pour les équipements EPI homologués, le tout en temps réel.



Dans les scénarios qui deviennent des incidents à part entière, les systèmes aériens sans pilote peuvent jouer un rôle précieux dans l'évaluation de la scène. Comme un « œil dans le ciel », un drone équipé de plusieurs types de capteurs peut rapidement évaluer et fournir des renseignements cruciaux aux commandants d'incidents grâce à une combinaison de renifleurs de gaz montés sur drone, de dispositifs d'imagerie thermique et de caméras visibles.

Plus important encore, les drones fournissent des informations sur l'endroit où les incendies ou les gaz nocifs sont concentrés. De plus, les drones peuvent fournir des informations en temps réel lorsqu'une zone chaude devient trop chaude, ce qui permet de diriger les personnes vers un endroit plus sûr ou de mieux engager l'incident, en particulier lorsqu'il se déplace et se développe rapidement.