

# RADAR (Radio Detection And Ranging)

Rafaraniaina Jeovani

Vogelgesang Luca



# Sommaire

Introduction

Principe de fonctionnement

Fréquences et choix technologiques

Applications en robotique et au-delà


Limites du radar

Conclusion

# Introduction

premières  
recherches

1930



# Introduction

premières  
recherches

1940

1930

Royaume-Uni Chain Home  
Freya, Würzburg

# Introduction

premières  
recherches

1940

1930

Royaume-Uni Chain Home  
Freya, Würzburg



# Introduction

premières  
recherches

météo, à l'aviation  
civile

1940

1930

1970

Royaume-Uni Chain Home  
Freya, Würzburg



# Introduction

premières  
recherches

météo, à l'aviation  
civile

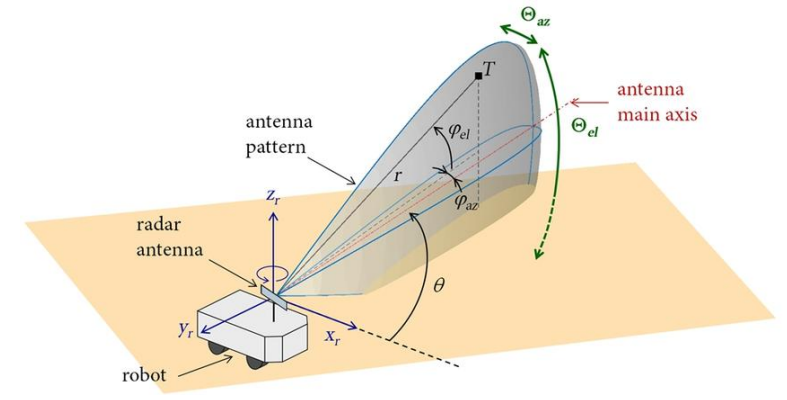
1940

1930

1970

De nos jours

Royaume-Uni Chain Home  
Freya, Würzburg



robotique moderne

# Sommaire

Introduction

Principe de fonctionnement

Fréquences et choix technologiques

Applications en robotique et au-delà

Limites du radar

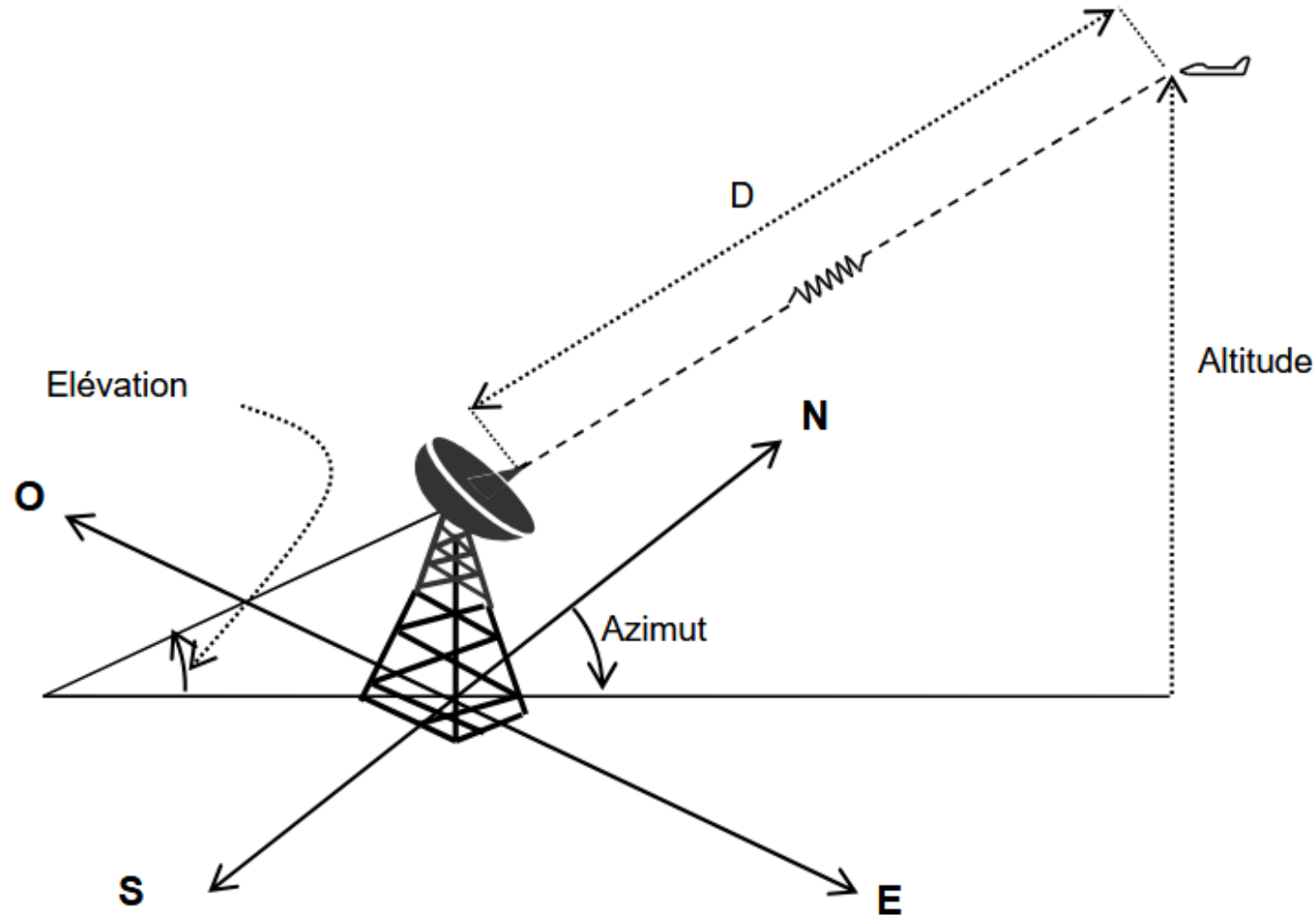
Conclusion



# Principe de fonctionnement



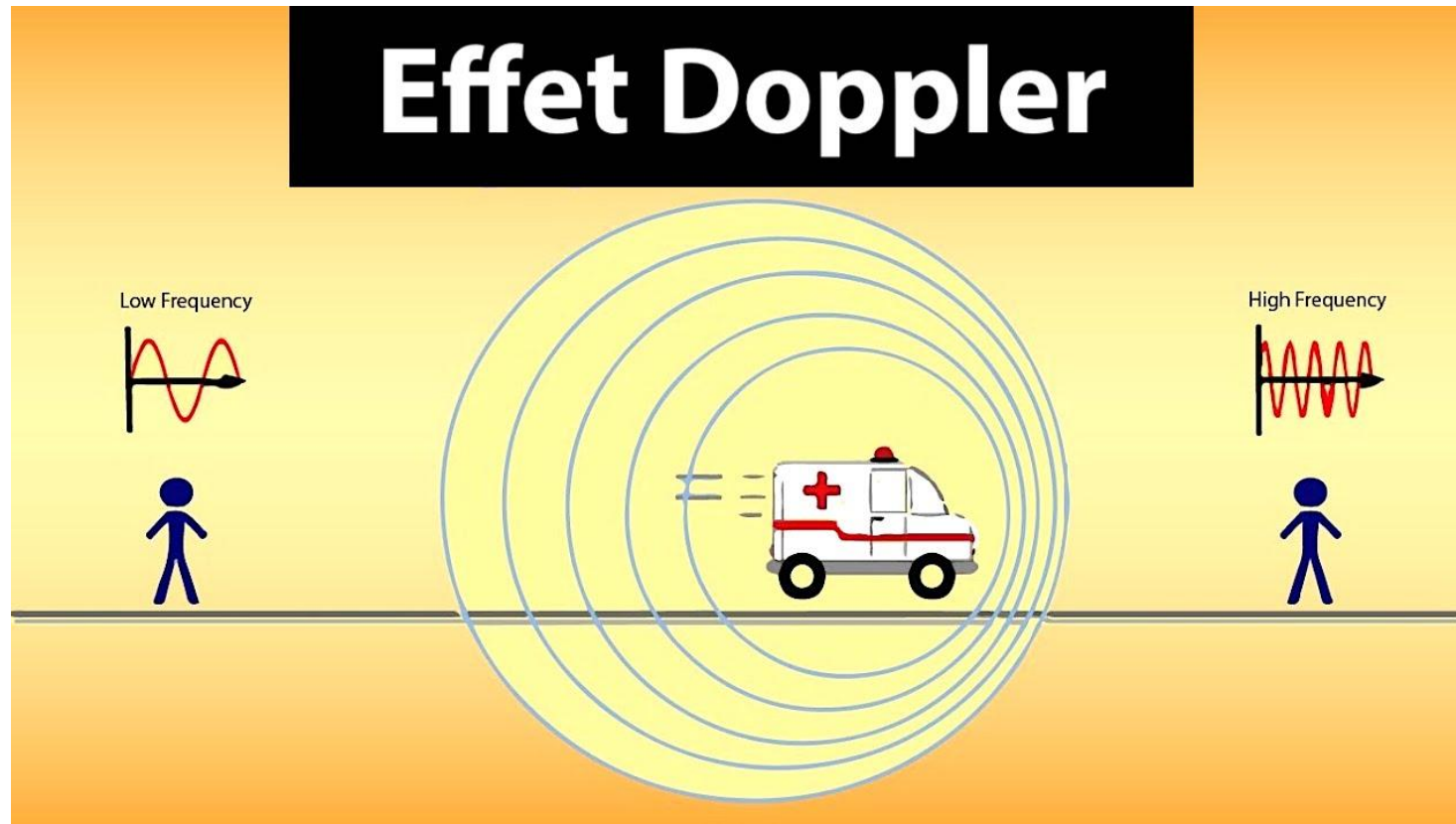
# Principe de fonctionnement



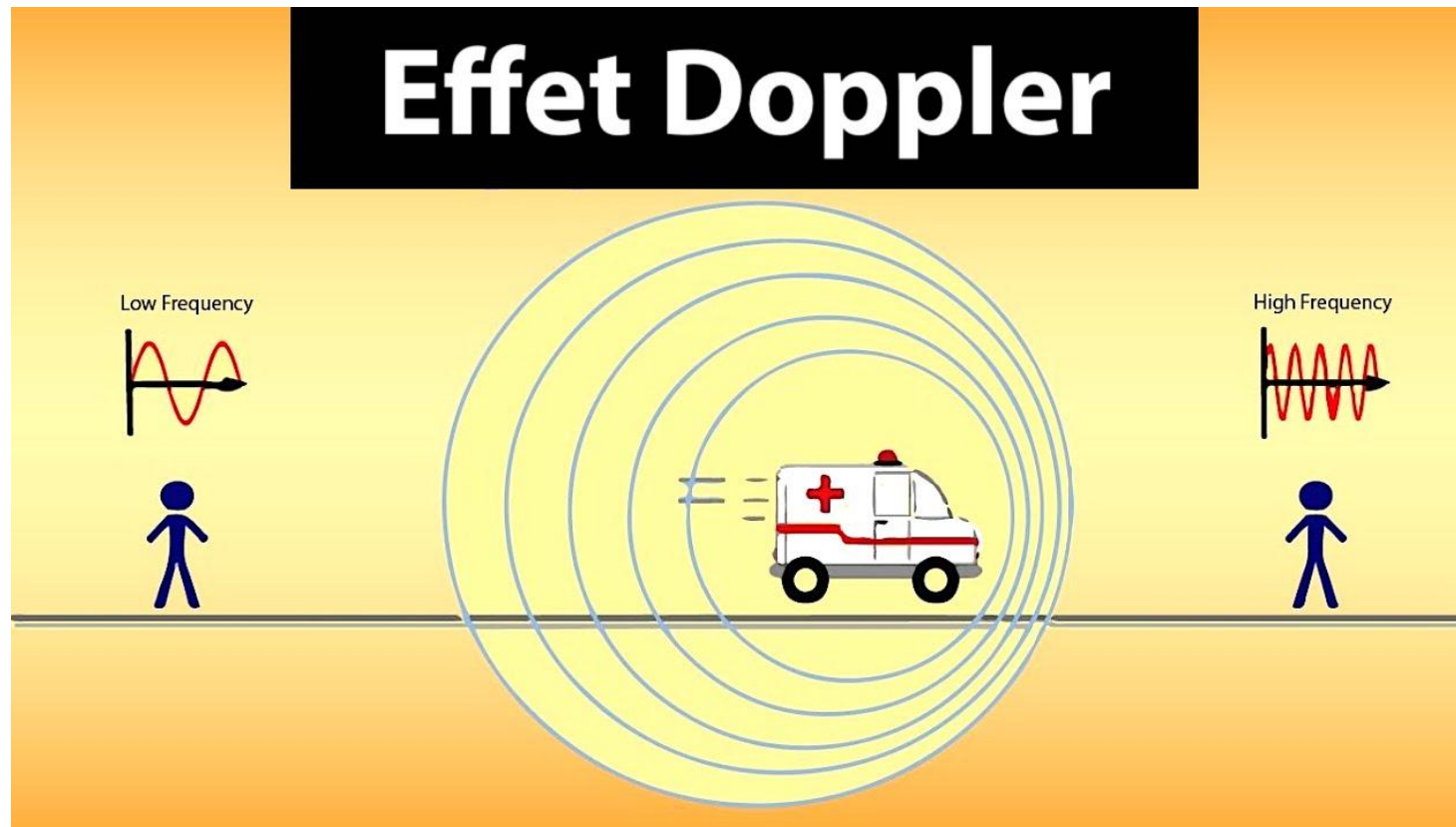
$$\text{Distance } D = \frac{c * \Delta t}{2}$$

$$\text{Vitesse } V = ?$$

# Principe de fonctionnement



# Principe de fonctionnement



$$v_r = \frac{f_d c}{2f_0}$$

- $f_d$  = fréquence Doppler (Hz)
- $v_r$  = vitesse radiale (m/s)
- $\lambda = \frac{c}{f_0}$  = longueur d'onde radar
- $f_0$  = fréquence porteuse radar
- $c = 3 \times 10^8$  m/s

# Sommaire

Introduction

Principe de fonctionnement

Fréquences et choix technologiques

Applications en robotique et au-delà

Limites du radar

Conclusion

# Fréquences et choix technologiques

Bande	Fréquence	Application	Exemple
UHF/VHF	30 MHz – 1 GHz	Radar pénétrant sol (GPR), météo longue portée	Géologie, tunnels
S	2–4 GHz	Bonne pénétration, météo, aviation	Radar météo, contrôle aérien
C	4–8 GHz	Surveillance, marins	Radar maritime
X	8–12 GHz	Haute résolution, courte portée	Drones, auto (FMCW)
Ku/K	12–40 GHz	Très haute résolution, faible portée	Robotique de proximité
W	75–110 GHz	Ultra-haute résolution, courte distance	Applications de précision

# Sommaire

Introduction

Principe de fonctionnement

Fréquences et choix technologiques

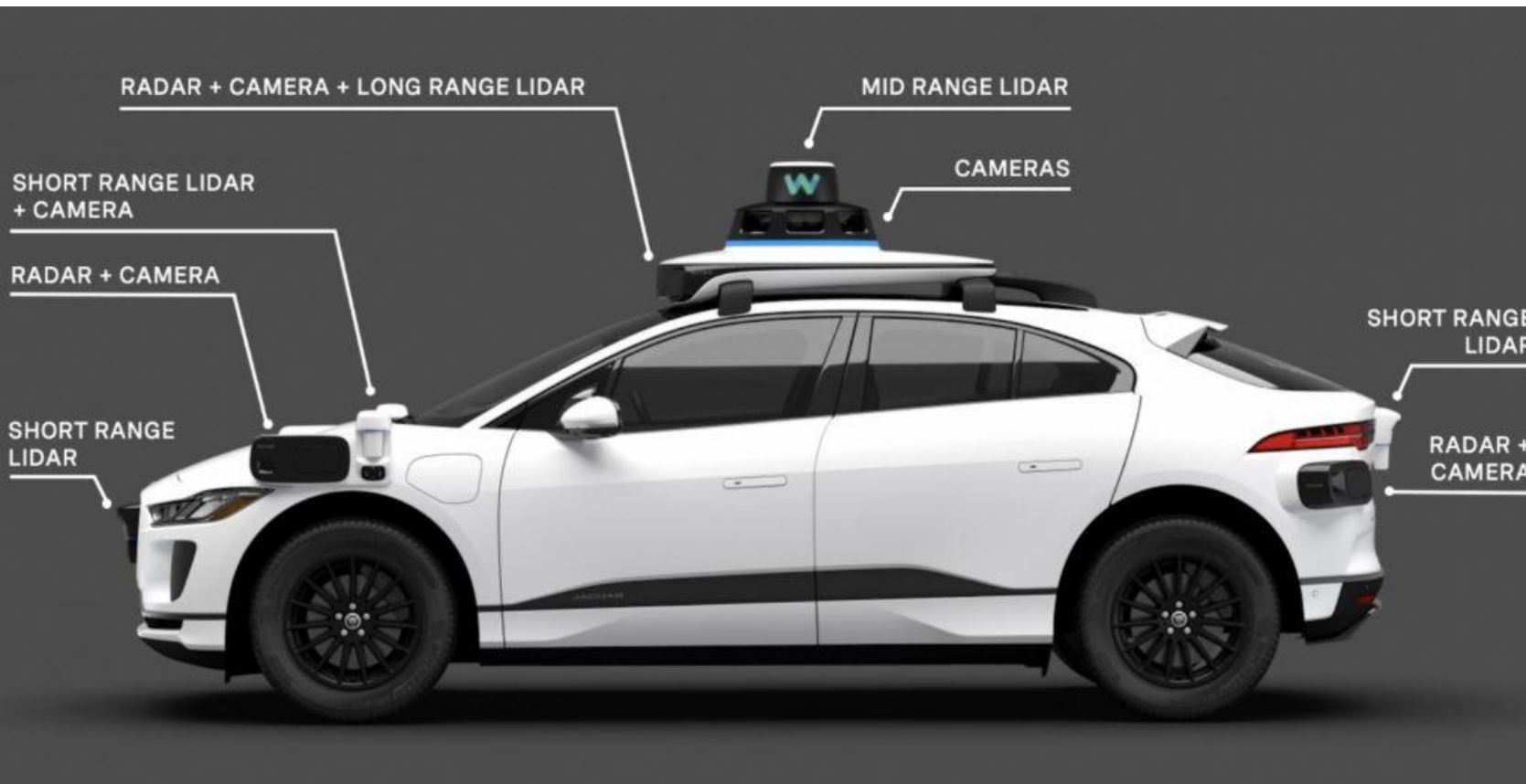
Applications en robotique et au-delà

Limites du radar

Conclusion

# Applications en robotique et au-delà

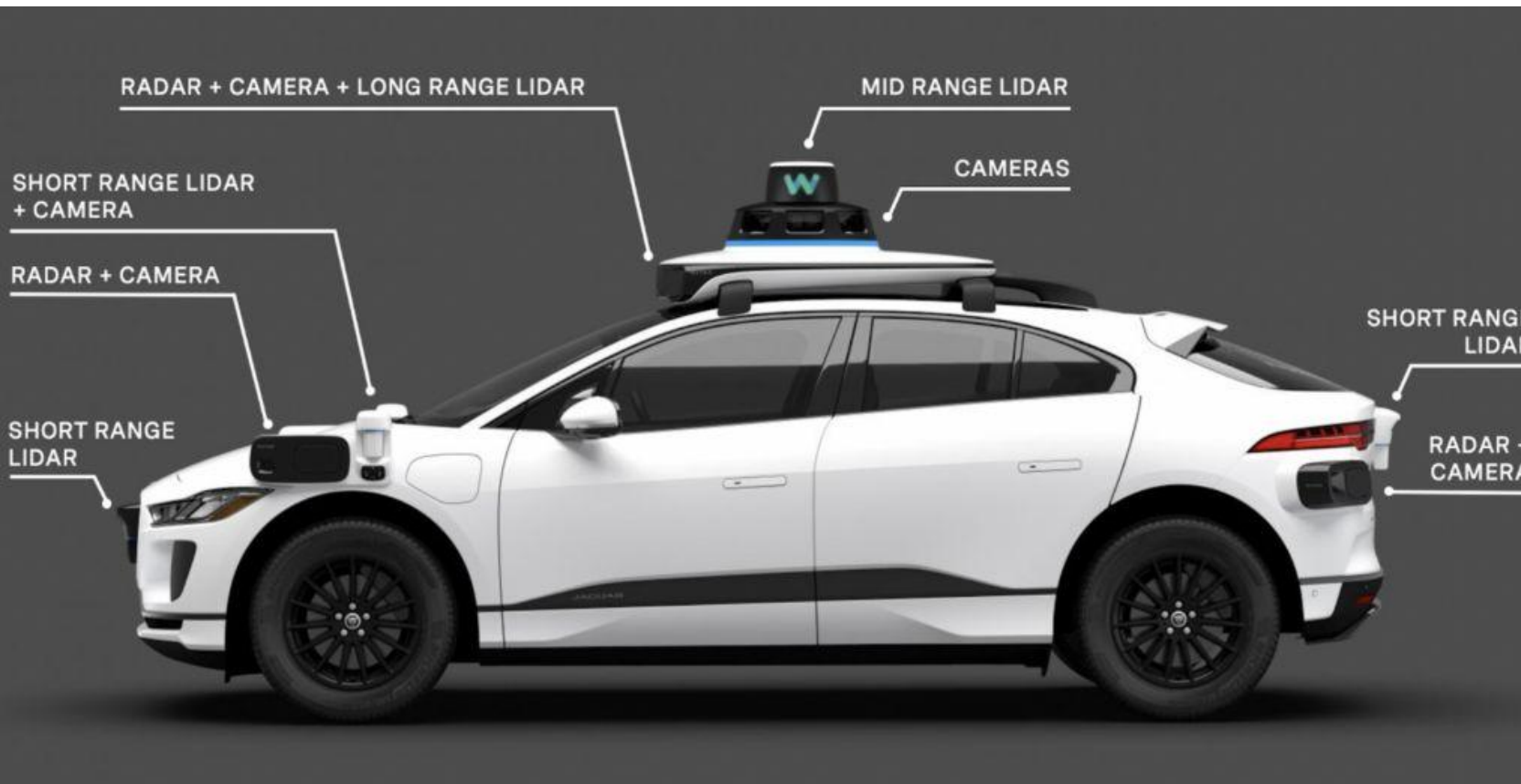
## Véhicules autonomes





# Applications en robotique et au-delà

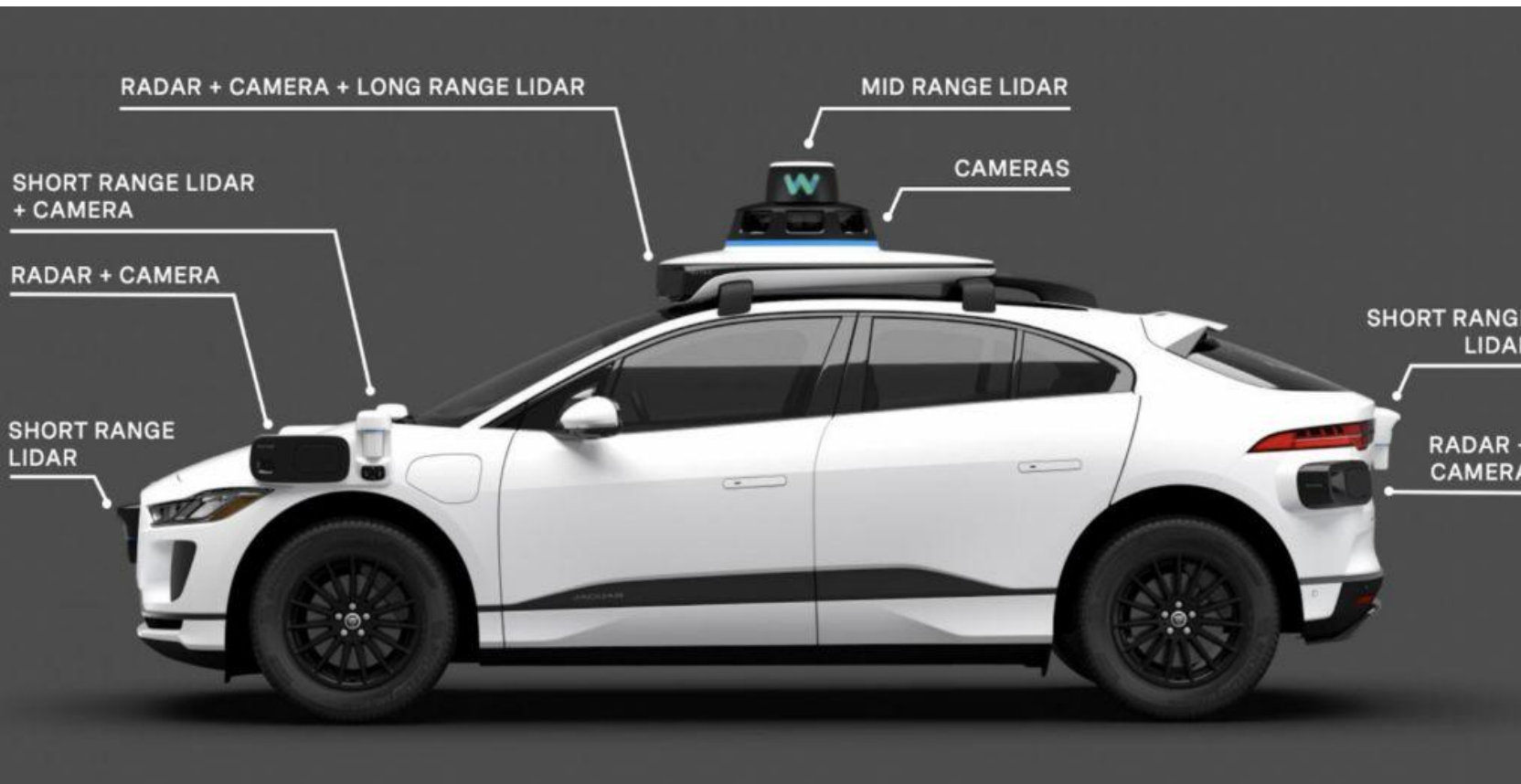
## Véhicules autonomes



À votre avis, à quelle fréquence fonctionne le radar d'une voiture autonome ?

# Applications en robotique et au-delà

## Véhicules autonomes



À votre avis, à quelle fréquence fonctionne le radar d'une voiture autonome ?

**77 GHz**



# Applications en robotique et au-delà

Robots mobiles terrestres / militaires (Rheinmetall Mission Master)





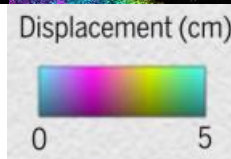
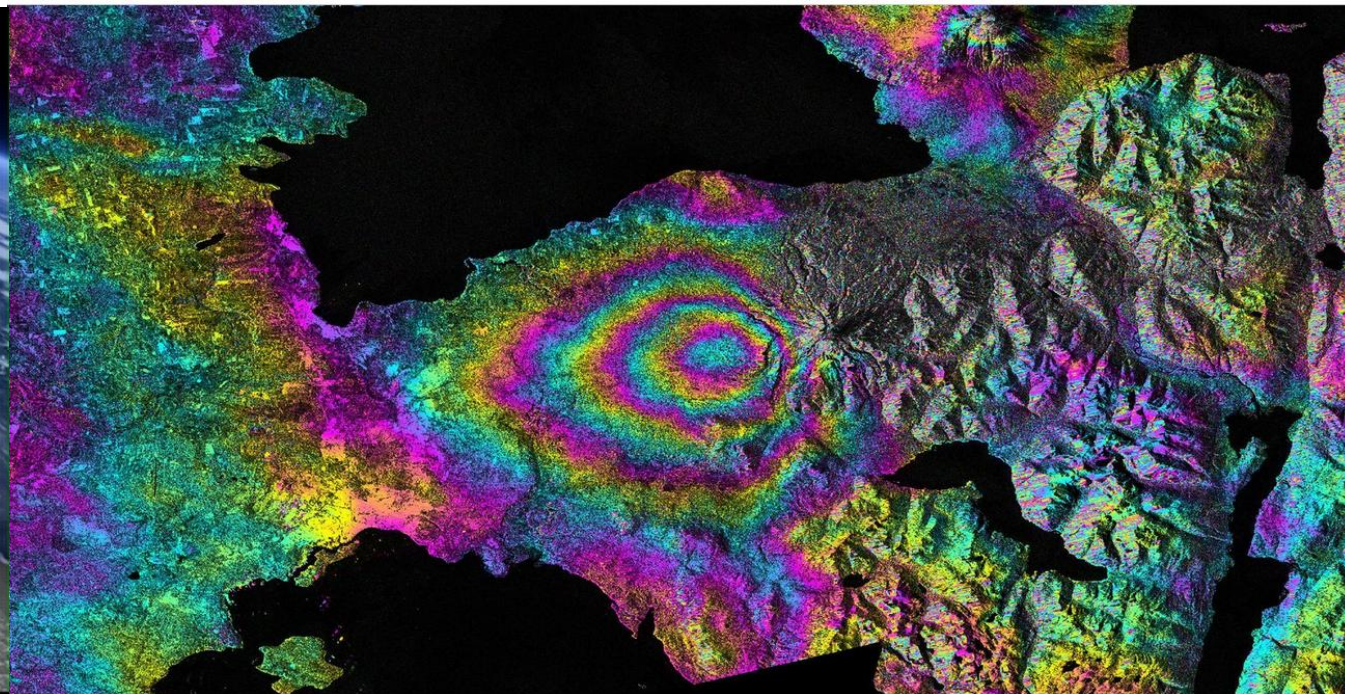
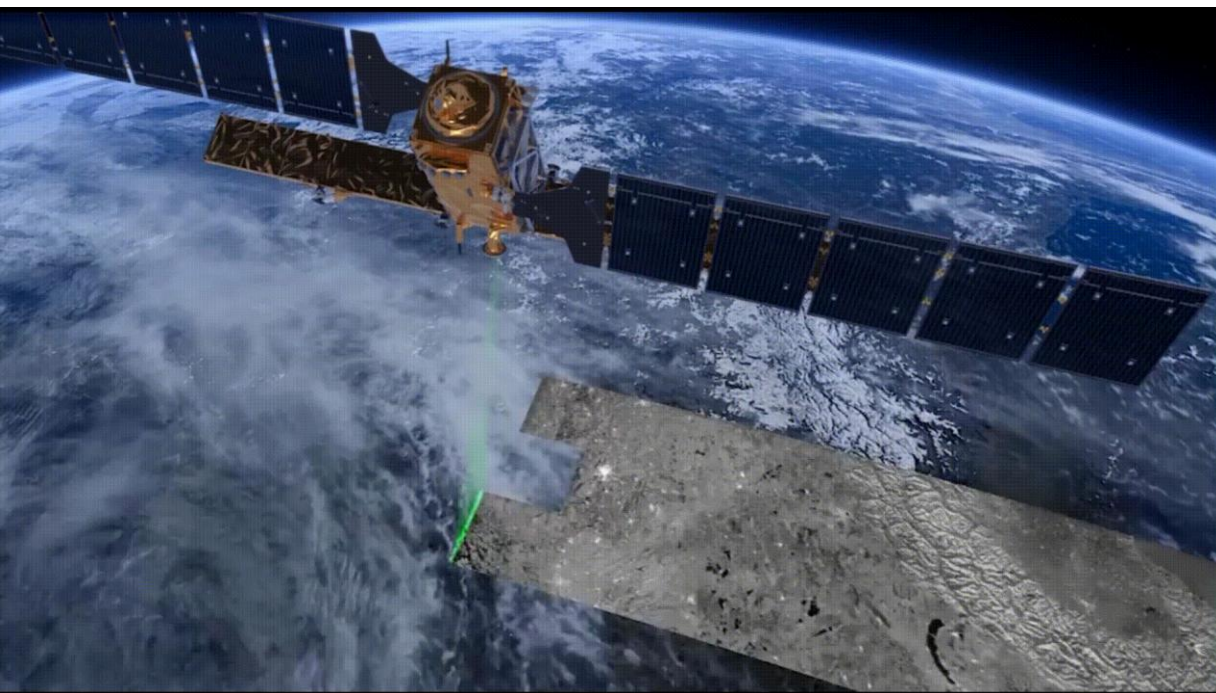
A military vehicle, possibly a Humvee, is shown from a rear three-quarter view. It is equipped with a complex electronic system mounted on its bed. This system includes a large, rectangular radar or sensor unit on a tall, adjustable mast to the left. In the center, there are several smaller electronic modules and a control console. A large, black, flexible cable runs from the front of the vehicle towards the rear-mounted equipment. The vehicle has large, treaded tires and a blue-grey paint scheme. The background is a flat, green field under a clear sky.

AI-enabled **TARGET TRACKER**  
and **RADAR ACQUISITION**



# Applications en robotique et au-delà

SAR (Synthetic Aperture Radar)



# Sommaire

Introduction

Principe de fonctionnement

Fréquences et choix technologiques

Applications en robotique et au-delà

Limites du radar

Conclusion

# Limites du radar

- Résolution plus faible que caméra / lidar (difficile d'identifier précisément un objet).
- Sensible aux interférences électromagnétiques (brouillage possible, EMP).
- Compromis portée  $\leftrightarrow$  précision (haute fréquence = précision, basse fréquence = portée)
- Multi-réflexions possibles  $\rightarrow$  faux échos.
- Coût et intégration plus élevés que capteurs simples (ultrasons, caméras).

# Limites du radar

- Résolution plus faible que caméra / lidar (difficile d'identifier précisément un objet).
- Sensible aux interférences électromagnétiques (brouillage possible, EMP).
- Compromis portée  $\leftrightarrow$  précision (haute fréquence = précision, basse fréquence = portée)
- Multi-réflexions possibles  $\rightarrow$  faux échos.
- Coût et intégration plus élevés que capteurs simples (ultrasons, caméras).



# Limites du radar

- Résolution plus faible que caméra / lidar (difficile d'identifier précisément un objet).
- Sensible aux interférences électromagnétiques (brouillage possible, EMP).
- Compromis portée  $\leftrightarrow$  précision (haute fréquence = précision, basse fréquence = portée)
- Multi-réflexions possibles  $\rightarrow$  faux échos.
- Coût et intégration plus élevés que capteurs simples (ultrasons, caméras).

# Limites du radar

- Résolution plus faible que caméra / lidar (difficile d'identifier précisément un objet).
- Sensible aux interférences électromagnétiques (brouillage possible, EMP).
- Compromis portée  $\leftrightarrow$  précision (haute fréquence = précision, basse fréquence = portée)
- Multi-réflexions possibles  $\rightarrow$  faux échos.
- Coût et intégration plus élevés que capteurs simples (ultrasons, caméras).

# Limites du radar

- Résolution plus faible que caméra / lidar (difficile d'identifier précisément un objet).
- Sensible aux interférences électromagnétiques (brouillage possible, EMP).
- Compromis portée  $\leftrightarrow$  précision (haute fréquence = précision, basse fréquence = portée)
- Multi-réflexions possibles  $\rightarrow$  faux échos.
- Coût et intégration plus élevés que capteurs simples (ultrasons, caméras).

# Sommaire

Introduction

Principe de fonctionnement

Fréquences et choix technologiques

Applications en robotique et au-delà

Limites du radar

Conclusion



# Conclusion

- *“Le radar n’est pas parfait : parfois il manque de précision, il peut être perturbé ou donner de faux échos. Mais malgré ça, il reste l’un des seuls capteurs capables de voir dans toutes les conditions : sous la pluie, dans le brouillard ou même en pleine nuit.”*
- *“C’est cette robustesse qui en fait un capteur indispensable aujourd’hui : pas toujours suffisant seul, mais essentiel dès qu’on parle de robotique et de perception fiable.”*