



## La Guerre Électronique

Introduction et vulgarisation du domaine

O.TERRIEN / DAE003207-01 / Déc.09

Aéronautique

GP 'Qualité & Benchmarking' (Directeurs: M.Baujard et O.Deroo)

## Définition :

« La guerre électronique correspond à toute action militaire visant à contrôler le spectre électromagnétique ».

La GE se décline dans les trois axes fondamentaux de la stratégie :  
attaque, défense et renseignements



GE pour Guerre électronique ou EW pour Electronic Warfare

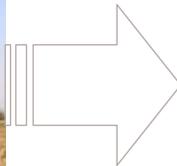
## Loi de Fuller :

« toute mesure offensive appelle une contre-mesure défensive qui nécessitera elle-même d'être dépassée par une nouvelle mesure offensive ».

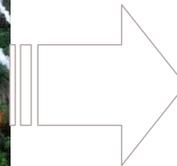
La GE s'analyse le plus souvent comme une itération de mesures, contre-mesures, contre-contre-mesures, etc.



Mesure  
(conduite de tir Crotale)



Contre-Mesure  
(leurres IR)



Contre-Contre-Mesure  
(système Crotale NG)



## Sommaire :

### La détection des activités adverses

- L'apparition du radar

- Du radar au système d'armes

- Du système à la défense anti-aérienne

- La multiplication des applications militaires

### La protection des forces aériennes

- La détection et l'écoute

- La furtivité

- Les leurres

- Le brouillage

# L'apparition du radar (1/5)

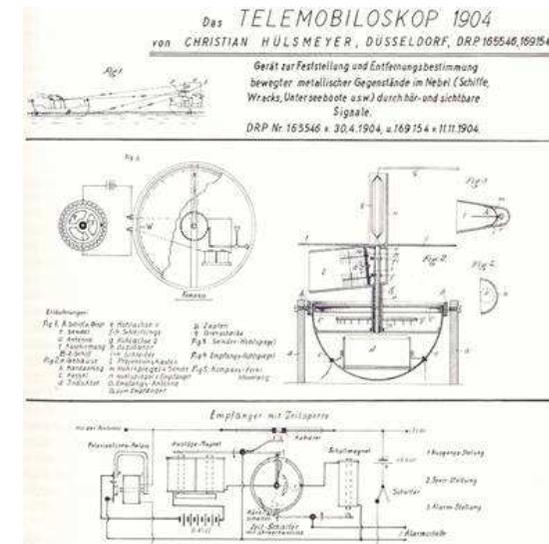
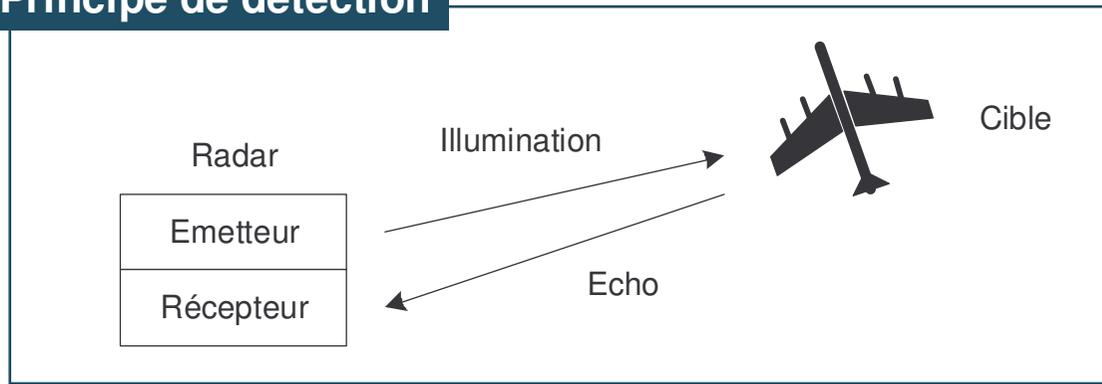
## Les origines :

- 1867: Théorie de la propagation d'une onde électromagnétique par J.Maxwell
- 1887: Expériences sur la réflexion des ondes EM sur des solides par H.Hertz
- 1904: Brevet du 'Telemobilskop' par C.Hulsmeyer

## La première fonction d'un radar :

« Révéler la présence d'un obstacle »

### Principe de détection



Brevet du 'Telemobileskop'

## La-redécouverte du principe :

1910s: Développement des radio-communications durant la Grande Guerre

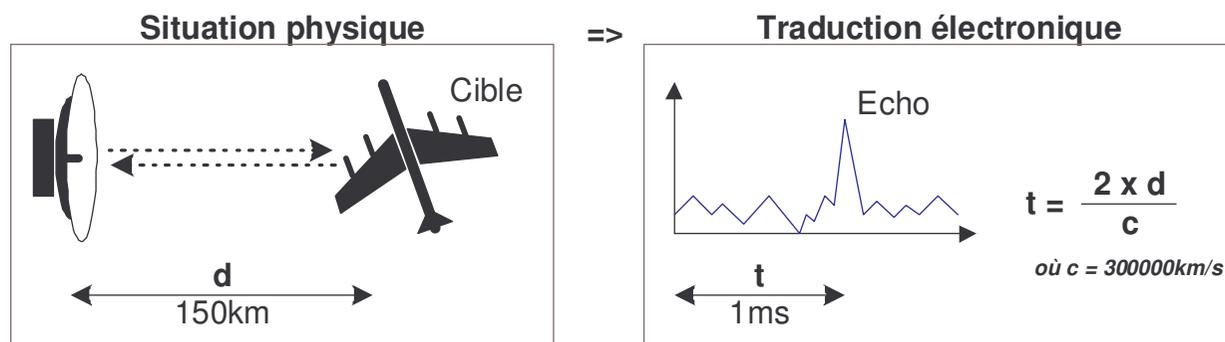
1930s: Construction du 'Barrage David' en France

1930s: Invention de la Radio Detection Finding (RDF) en Grande-Bretagne

## La deuxième fonction d'un radar :

« Mesurer son éloignement avec une cible »

### Principe d'éloignement



*Pylône de la Chain Home*

## Les applications tactiques :

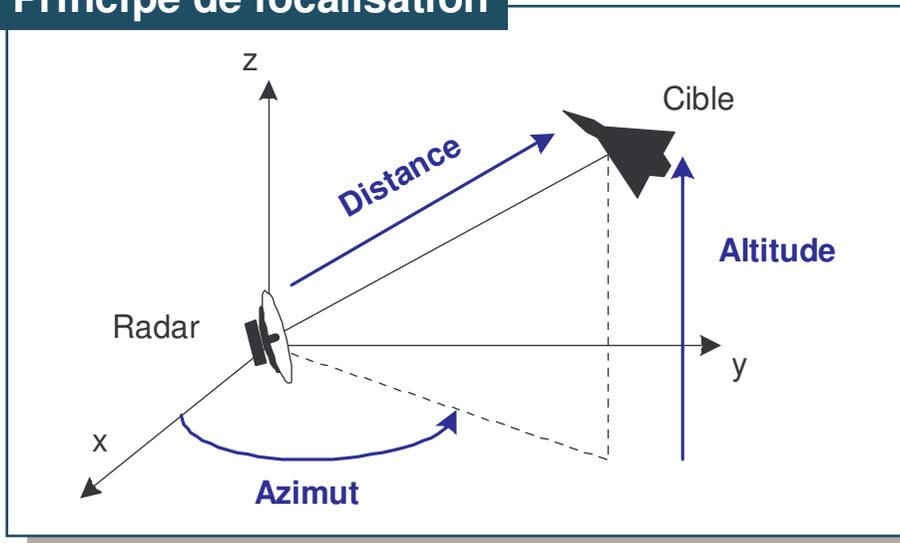
1930s: Développement des radars de surveillance aérienne par la GEMA

1930s: Développement des radars de conduite de tir par Telefunken

## La troisième fonction d'un radar :

« Localiser une cible dans l'espace »

### Principe de localisation



*Radar Wurzburg-Riese à Douvres-la-Délivrande*

## Un développement exponentiel :

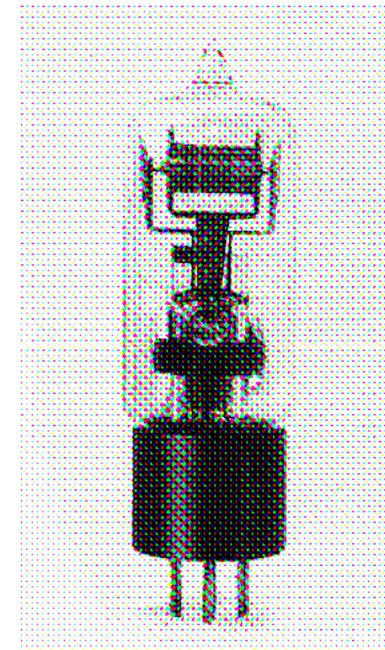
1940: Mise au point du magnétron à cavités

1940s: Multiplication des applications radars durant la 2<sup>e</sup> Guerre Mondiale

1945: Édition de l'encyclopédie du radar en 20 volumes par le MIT

Radars	Catégorie	Société	Quantité
<b>Allemagne</b>			
<i>Freya</i>	Radars terrestres de veille anti-aérienne	GEMA	1000
<i>Wurzburg</i>	Radars terrestres de conduite de tir anti-aérien	Telefunken	4000
<i>Wurzburg-Riese</i>	Radars terrestres de conduite de tir anti-aérien	Telefunken	1500
<i>Lichtenstein (*)</i>	Radars aéroportés de chasse de nuit	Telefunken	5000
<b>Royaume-Uni</b>			
<i>AI Mk VIII</i>	Radars aéroportés de chasse de nuit	GEC & Ekco	2500
<i>ASV Mk II</i>	Radars aéroportés anti-navire et anti-sous-marin	GEC & Ekco	6000
<b>Etats-Unis</b>			
<i>APS-6</i>	Radars aéroportés de chasse de nuit	Westinghouse	5000
<i>ASB-3 à 8</i>	Radars aéroportés anti-navire	Westinghouse & Norden & Philco	26000
<i>SCR-270/271</i>	Radars terrestres et navals de veille anti-aérienne	Westinghouse	800
<i>SCR-584</i>	Radars terrestres de conduite de tir anti-aérien	GE & Westinghouse	2000
<b>Japon</b>			
<i>H-6</i>	Radars aéroportés anti-navire	—	2000

Production de radars durant la période 1939–1945



Magnétron SFR M16

## La base des radars modernes :

- 1950s: Apparition des filtrages Doppler
- 1950s: Apparition de la compression d'impulsions
- 1950s: Apparition des ouvertures synthétiques

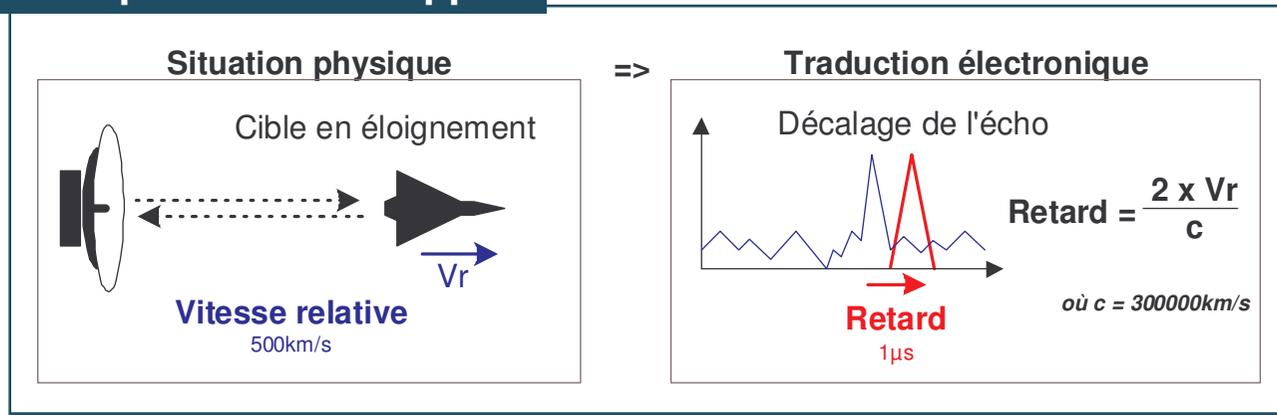
## La quatrième fonction d'un radar :

« Déterminer la vitesse de la cible »



Radars aéroporté

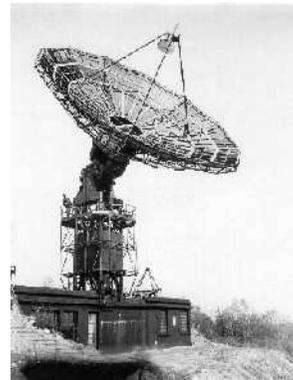
## Principe de l'effet Doppler



# Les applications militaires du radar



	Terre	Air	Mer
<b>Implantations &amp; Porteurs</b>	Bâtiments, tours; Véhicules, shelters; Trépieds, épaules.	Avions (chasseurs, bombardiers, transports, etc) et hélicoptères; Drones et missiles Satellites	Navires Sous-marins Plateformes marines
<b>Veille (élaboration d'une situation aérienne, engagement des cibles détectées)</b>	Veille lointaine (ex: bouclier anti-missiles) Veille longue, moyenne et courte portée Couverture aérienne (ex: trafic aérien)	Veille longue, moyenne et courte portée	Veille aérienne moyenne et courte portée Veille maritime
<b>Conduite (acquisition, identification et destruction des cibles)</b>	Conduite de tir Sol-Air (pour canons et pour missiles) Radars de contre-batterie IFF	Conduite de tir Air-Air IFF	Conduite de tir Surface/Air IFF
<b>Aide à la navigation</b>	Cinémomètres (gendarmerie) Anti-collision (voitures, trains...)	Radars de navigation Radars de suivi de terrain Altimètres Cartographie (navigation aérienne) Radars d'atterrissage	Radars de navigation maritime
<b>Surveillance / Renseignement</b>	Surveillance du champ de bataille Dispositifs anti-intrusion Activité satellitaire	Imagerie Sol (ex: SAR) Visualisation de cibles mobiles (VCM)	
<b>Météorologie</b>	Radars météorologiques (ex: prévisions du temps)	Radars météorologiques (ex: nez des avions)	



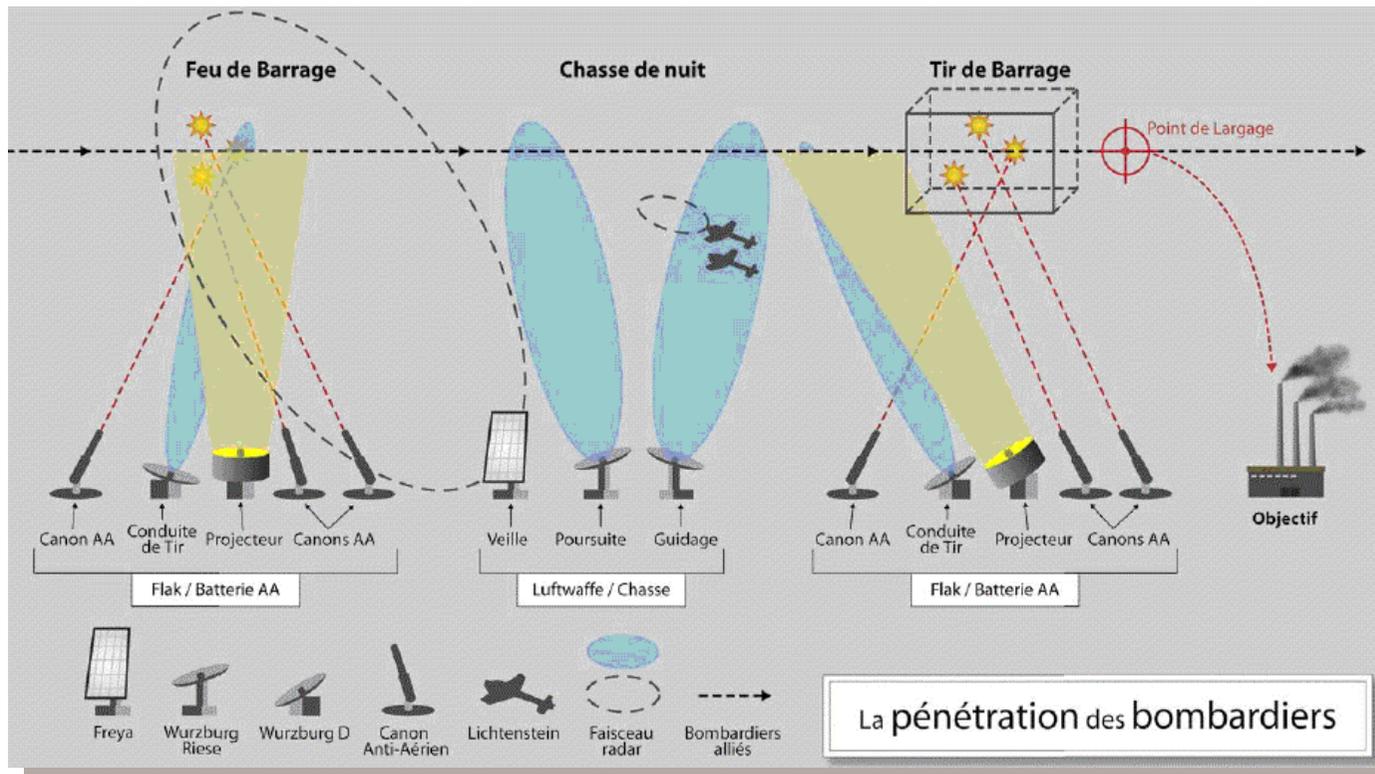
# Du radar au système d'armes (1/2)

## Des avancées allemandes :

1940: Couplage d'une batterie anti-aérienne et d'un radar Wurzburg

1941: Mise en œuvre de la ligne Kammhuber

*(association d'une veille avancée et d'une interception guidée depuis le sol)*



*Les bombardiers alliés survolent une défense anti-aérienne organisée en profondeur.*



## Une généralisation après le conflit mondial :

1943: Apparition du système américain SCR-584 avec canons anti-aériens

1957: Apparition du système soviétique SA-2 Guideline avec missiles sol-air

1960s: Guerre du Vietnam - Multiplication des systèmes d'armes sol-air

## Système d'armes :

« Dispositif comprenant une ou plusieurs armes ainsi que tous les éléments nécessaires à son autonomie (détection de cibles, identification, localisation, désignation d'objectif, lancement, tir et guidage) »



*Système 'Eldorado'*



*Système 'Crotale'*



*Système 'Crotale NG'*

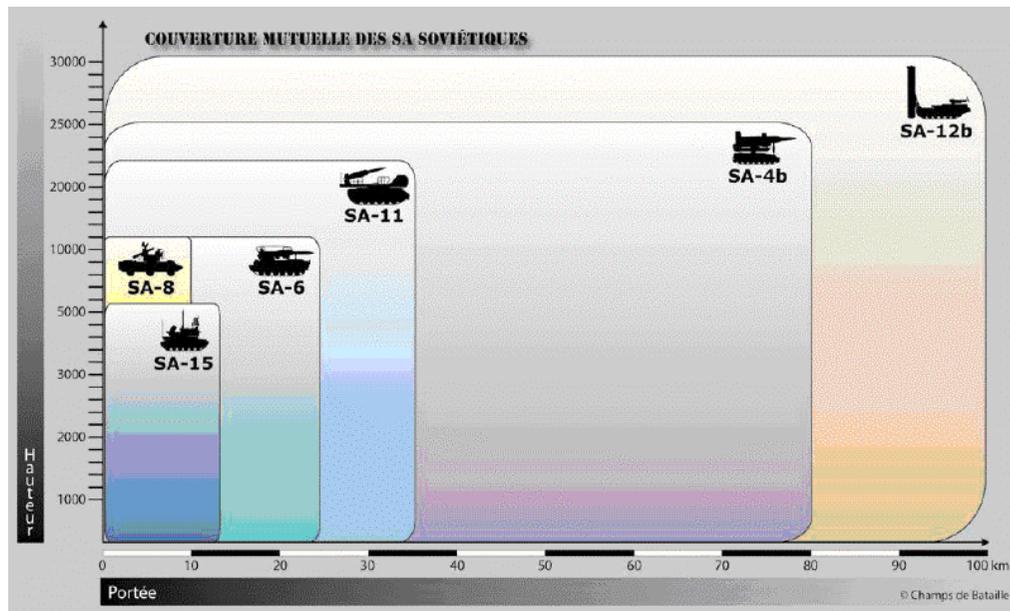
# Du système à la défense anti-aérienne (1/2)



## Une offre étendue :

1970s: Multiplication des systèmes sol-air d'origine soviétique

1973: Guerre du Kippour – Importance des défenses électroniques



*Une multiplication des risques pour une attaque ennemie*



SA-4  
Ganef



SA-13  
Gopher



ZSU23/4

THALES

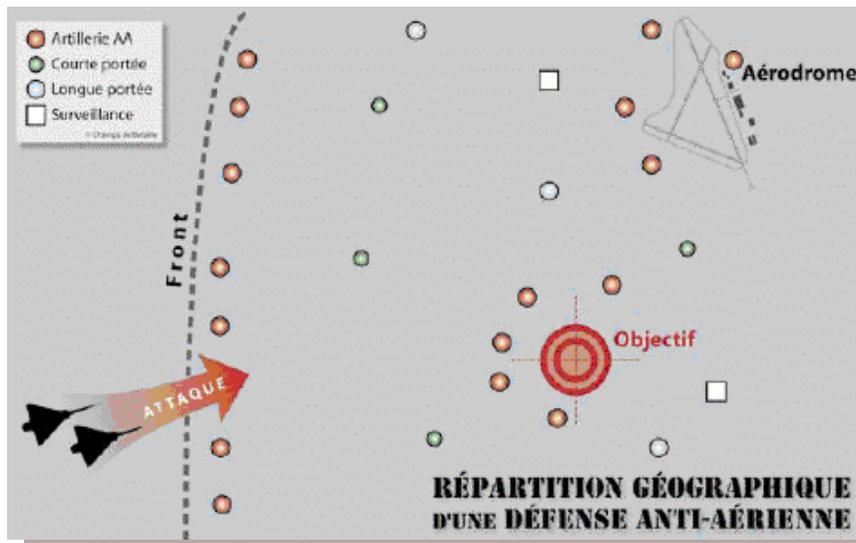
## Du système à la défense anti-aérienne (2/2)



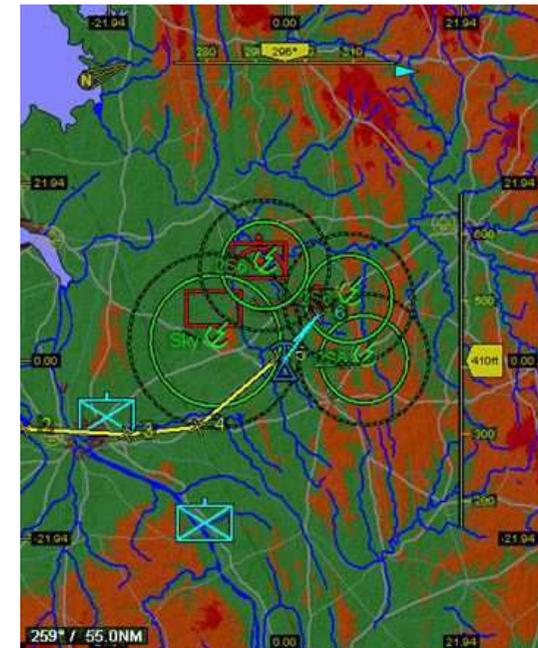
### Une coordination des moyens :

1982: Plaine de la Bekaa – Communications entre systèmes d'armes

1991: Guerre du Golfe – Centralisation de la défense anti-aérienne



*Une défense anti-aérienne est un engagement coordonné de moyens : missiles longue, moyenne, courte portée s'associent aux chasseurs d'interception et aux canons anti-aériens.*



*Écran d'une situation tactique*

## Le radar aéroporté :

1941: Apparition du radar allemand Lichtenstein SN2

1943: Apparition du radar américain SCR-720 basé sur le magnétron à cavité

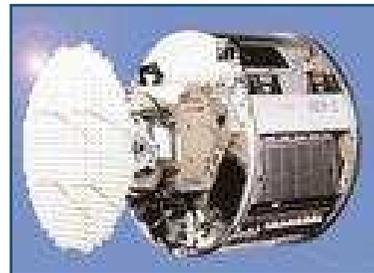
1945: Apparition du radar américain AN/APS-4 utilisable par le pilote seul

## La fonction d'un radar d'interception :

« Assurer le guidage terminal du chasseur vers sa proie »



*Mirage III  
Radar Cyrano IV*



*Mirage 2000  
Radar RDY*



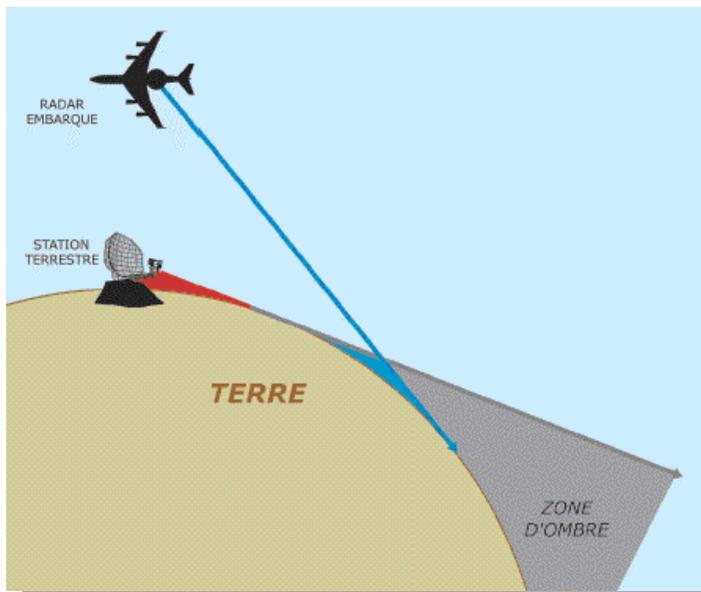
*Rafale  
Radar RBE2*

## De la surveillance à la tour de contrôle aérienne :

- 1945: Projet américain « Cadillac »
- 1964: Apparition du 1<sup>er</sup> avion de veille avancée AEW (E-2 Hawkeye)
- 1972: Apparition du 1<sup>er</sup> avion de veille et contrôle AWACS (E-3 Sentry)

## La fonction d'un radar de veille avancée :

« Contrôler l'espace aérien même basse altitude »



*Grumman E-2 Hawkeye  
Radar AN/APS-45*



*Boeing E-3 Sentry  
Radar AN/APY-1*

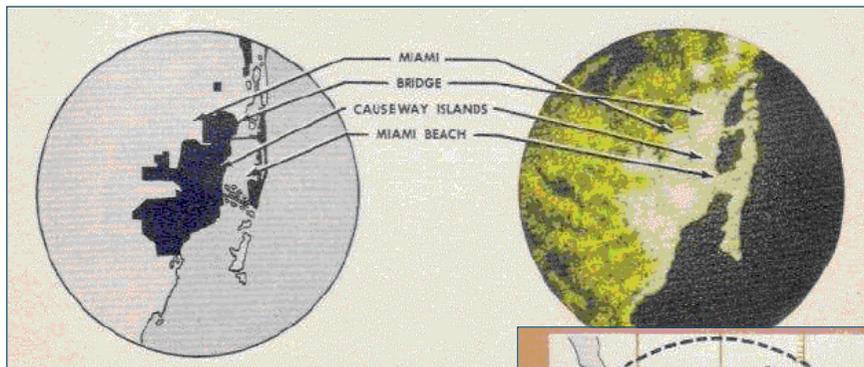
## Le besoin d'une identification nocturne :

1942: Apparition du radar anglais H2S

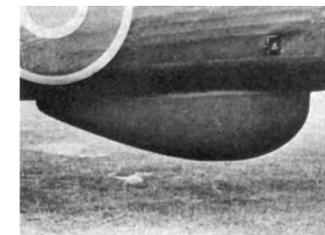
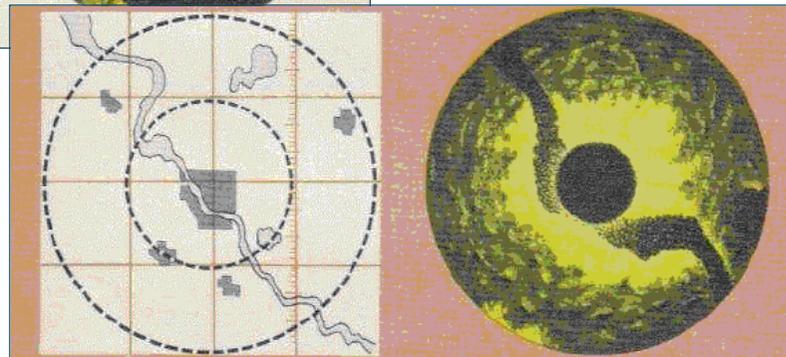
1944: Apparition du radar américain AN/APQ-7 Eagle

## La fonction d'un radar panoramique :

« Représenter le sol sous l'avion »



*Extraits d'un manuel utilisateur américain (1945)*



*Radar H2S  
(avec et sans radôme)*



## Le besoin d'une identification nocturne :

1950s: Développement des 1<sup>ers</sup> radars américains à ouverture synthétique

1970s: Lancement de satellites d'observation munis de radars SAR

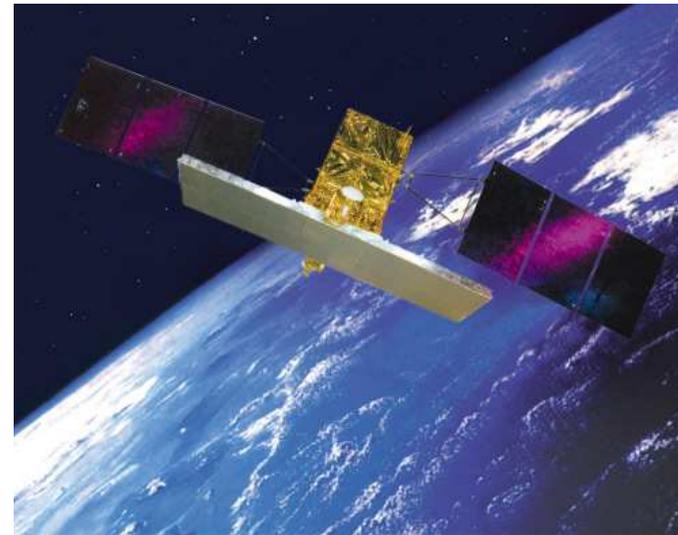
## La fonction d'un radar SAR :

« Offrir des images avec une couverture tous temps »



Image SAR

Satellite d'observation  
(avec radar SAR)



# Une application militaire actuelle



## 'AESA RBE2 Radar'



*Vidéo présentée lors du Bourget 2009*



**THALES**

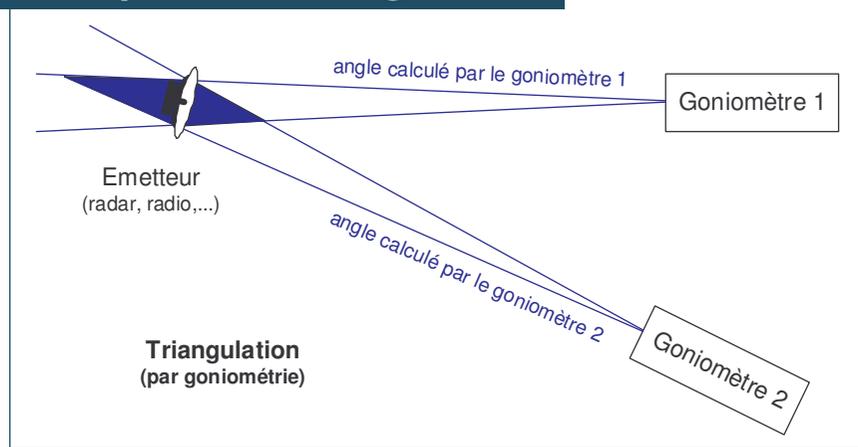
## Une alerte d'un danger :

- 1914: Premières détections et premières écoutes des communications
- 1920s: Utilisation de radio-goniomètres pour la navigation aérienne
- 1943: Apparition du détecteur d'alerte Boozer (anglais) et Naxos (allemand)

## La fonction d'un détecteur d'alerte :

« Prévenir d'une illumination radar »

### Principe de la triangulation



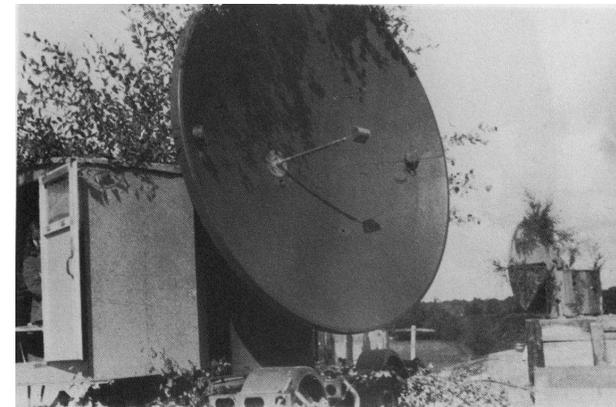
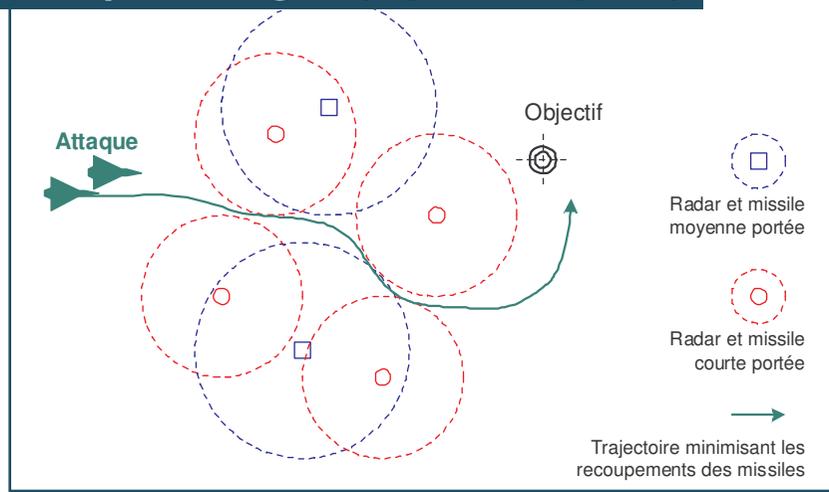
## Une cartographie des moyens adverses :

- 1939: Premières écoutes allemandes des radars anglais de la Chain Home
- 1941: Utilisation des détecteurs Halicrafters S-27 contre la ligne Kammhuber
- 1943: Apparition du système d'écoutes avec capacité d'enregistrement

## La fonction d'un système d'écoute :

« Recueillir la carte d'identité des radars ennemis ou amis »

### Principe du Sigint (*Signal Intelligence*)



*Naxburg  
(combinaison d'un détecteur Naxos avec  
une antenne de Wurzburg)*

**THALES**

## Une connaissance de la menace approchante :

1940s: Utilisation de détecteurs dédiés à une menace (*bande de fréquences restreinte*)

1960s: Utilisation de détecteurs multi-menaces

1980s: Utilisation de détecteurs programmables (*reconfiguration des bibliothèques de menaces en fonction de la mission*)

## La fonction d'une protection électronique :

« Donner la dangerosité d'une situation tactique »



Durant la Guerre du Vietnam,  
pour abattre un appareil US:

- en 1965, 6 missiles
- en 1972, 64 missiles !

Écran d'affichage d'une situation tactique  
(Décteur d'alerte radar CATS)

THALES

## Le camouflage électronique :

1920s: Premiers camouflages d'aéronefs (*couleurs des peintures*)

1970s: Apparition de la notion de SER (*Surface Equivalente Radar*)

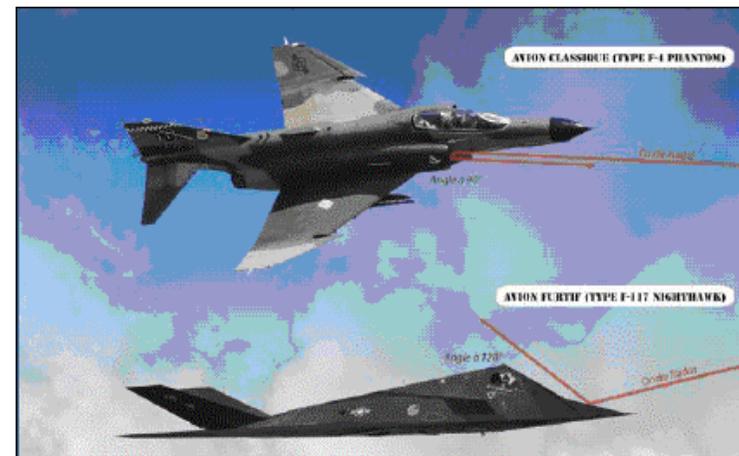
1990s: Généralisation du concept de furtivité à l'ensemble du spectre (*EM, IR,...*)

## L'objectif de la furtivité :

« Retarder la détection adverse »



Trois générations de bombardiers lourds:  
B-52 & B-1 & B-2



FFOME CBLOT (fond, forme, ombre, mouvement, éclat, couleur, bruit, lumière, odeur, traces)

## Le camouflage électronique :

1943: Première utilisation de « Windows » sur l'Allemagne nazie

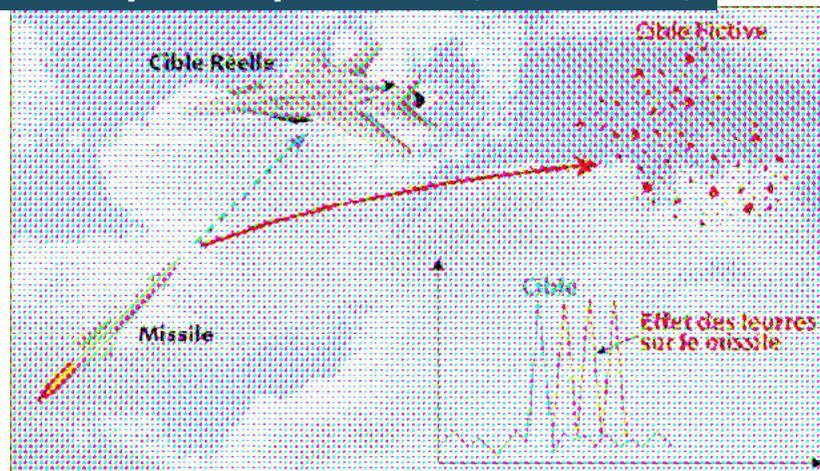
1945: Premier lance-leurre EM automatique

1960s: Guerre du Vietnam - Utilisation de couloirs de leurres

## L'objectif du leurre EM :

« Masquer une proie pour un chasseur »

### Principe des paillettes (« windows »)



Production et dispersion des « windows »



THALES

### Le nuage opaque ou la proie facile :

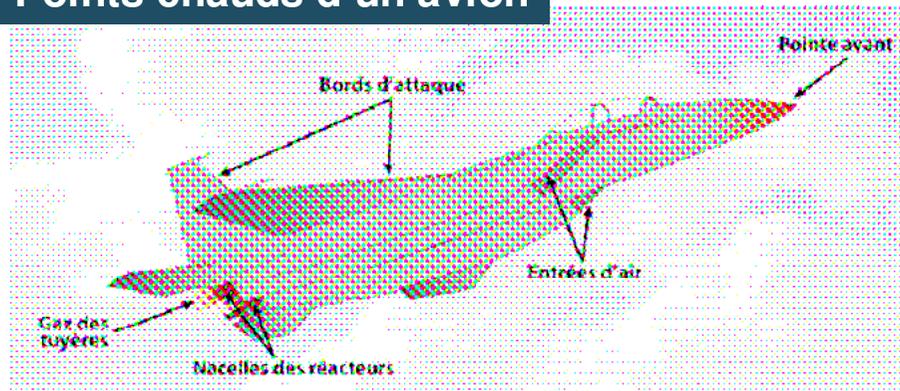
1960s: Apparition des missiles à tête chercheuse infra-rouge (IR)

1970s: Généralisation des missiles IR (sol-air et air-air)

### L'objectif du leurre IR :

« Offrir une proie plus attrayante au chasseur »

#### Points chauds d'un avion

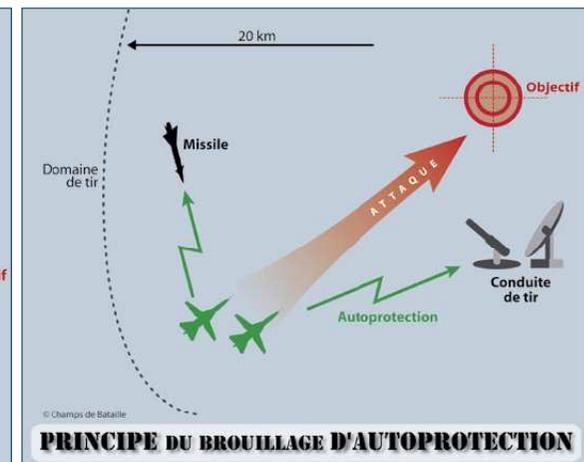
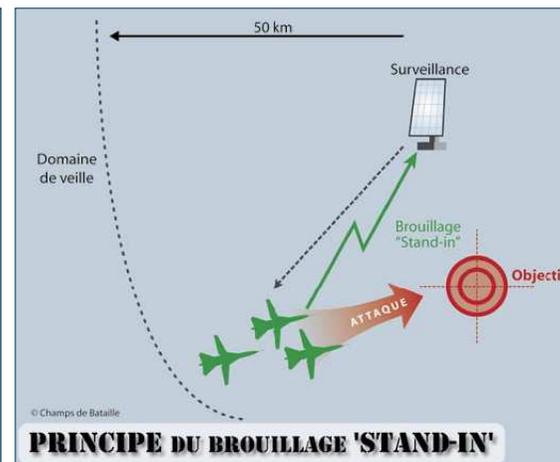
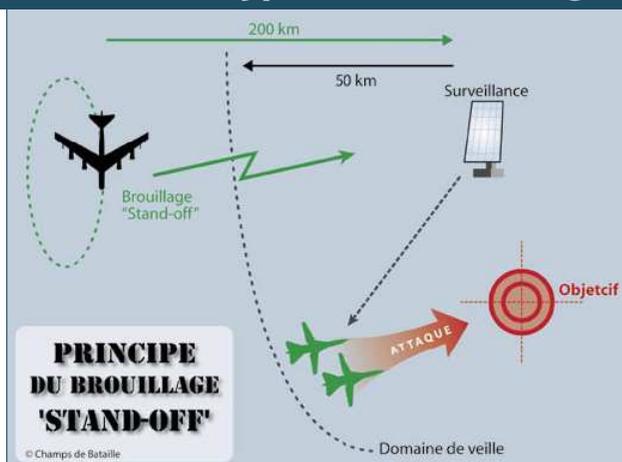


## La dégradation des moyens ennemis :

- 1942: Apparition du brouilleur par répétition Moonshine
- 1942: Apparition du brouilleur à bruit AN/APT-2 Carpet
- 1960s: Utilisation du brouillage par inversion de gain
- 1960s: Utilisation du brouillage par vol de fenêtre



## Différents types de brouillage



# Une application militaire actuelle



## 'The Rafale Electronic Combat System'



*Vidéo présentée lors du Bourget 2009*



**THALES**

## Général Siffre, « Maître des ondes, Maître du monde » :

« Le domaine de la guerre électronique est sans limite car l'imagination des hommes est sans cesse à la recherche de nouveaux moyens de domination et de défense. Le spectre électromagnétique est de plus en plus le lieu de passage et d'échange des messages chargés de secrets du pouvoir politique, économique, financier, terroriste et mafieux. Qui sera maître de ces secrets cachés sur le spectre électromagnétique sera maître du monde ».



THALES