



Comment les radars s'adaptent aux nouvelles applications d'imagerie, de surveillance et contrôle dans les secteurs civils et industriels

Animée par M. Philippe Le Ster – ESTAR.

SOMMAIRE

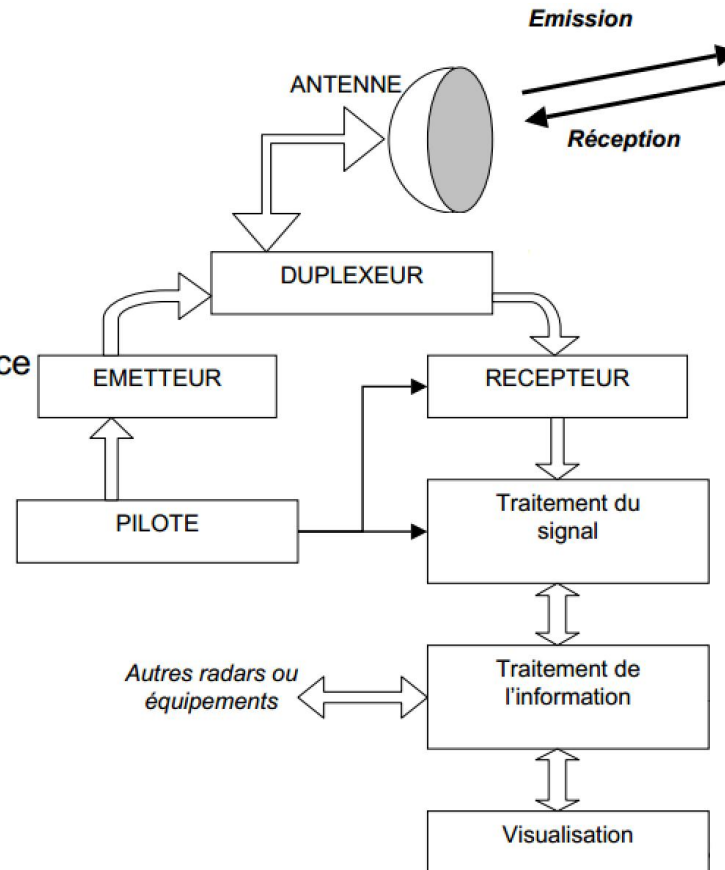
- Les principes radar utilisés
- Les avantages par rapport aux technologies optique, ultrason...
- Les restrictions : utilisation bandes de fréquences
- Etat des lieux : disponibilité des composants, coûts
- Les secteurs potentiellement intéressés par cette technologie: marché de la surveillance, secteur automobile, secteur industriel

LES PRINCIPES RADAR

- Historiquement
 - Invention : 1904
 - 1920 – 1941 : l'époque des découvertes : les systèmes à ondes continues
 - 1934 – 1942 : les systèmes métriques à impulsions
 - 1939 – 1943 : le Radar dans la guerre
 - Le Radar moderne :
 - 1940 – 1965 : le traitement du signal
 - 1942 – 1980 : du balayage électronique aux antennes actives
- Applications purement militaires

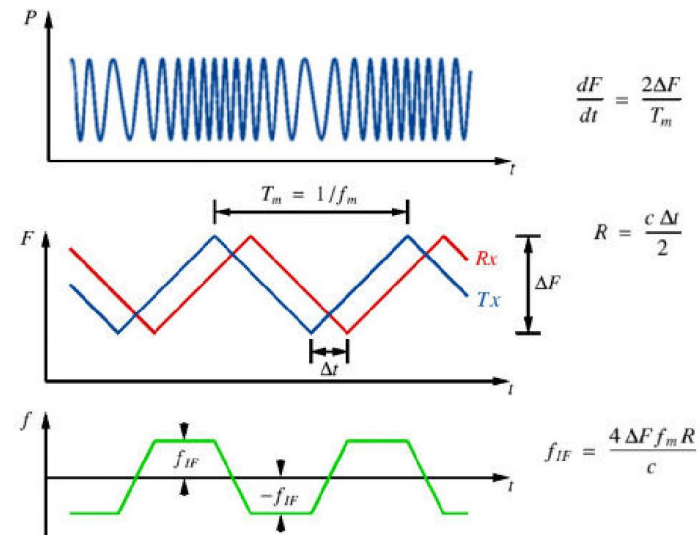
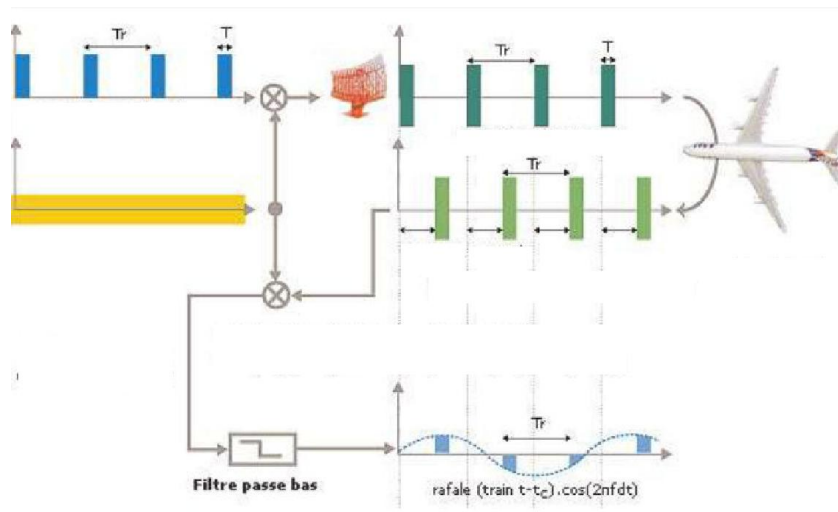
LES PRINCIPES RADAR

- **RADAR = Mesureur**
 - Distance
 - Vitesse
 - SER
 - Eléments de reconnaissance
- **Qualité de la mesure**
 - P_d } (S/B)
 - P_{fa} }
 - Gain d'intégration (N)

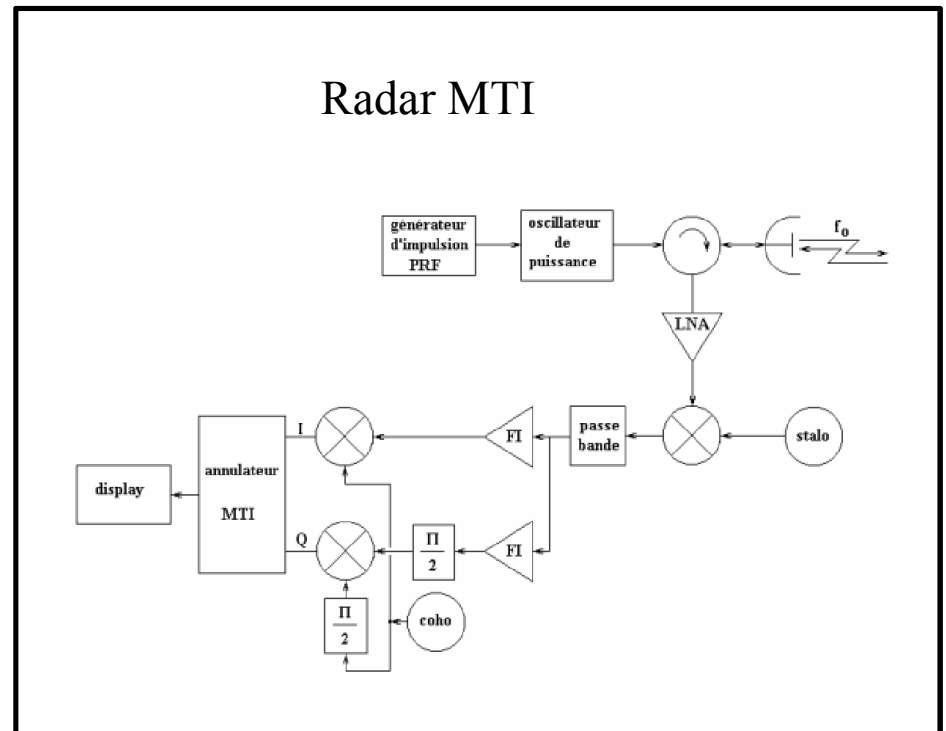
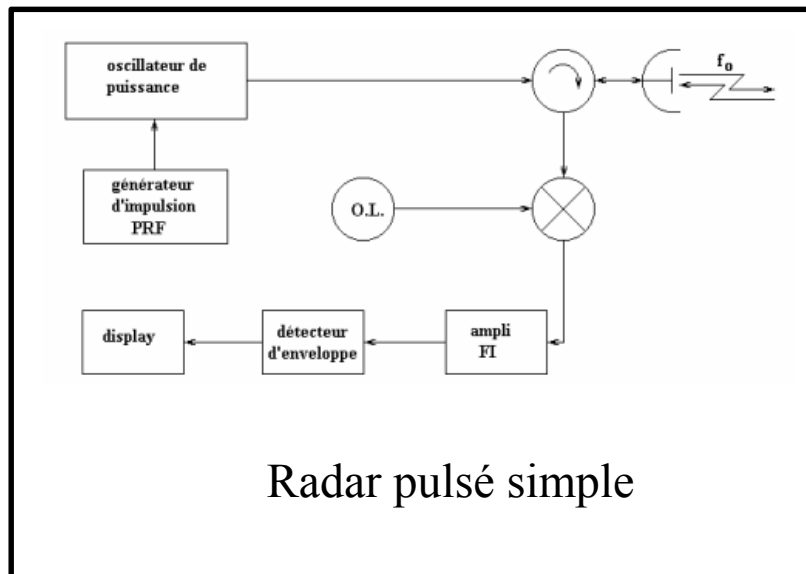


LES PRINCIPES RADAR

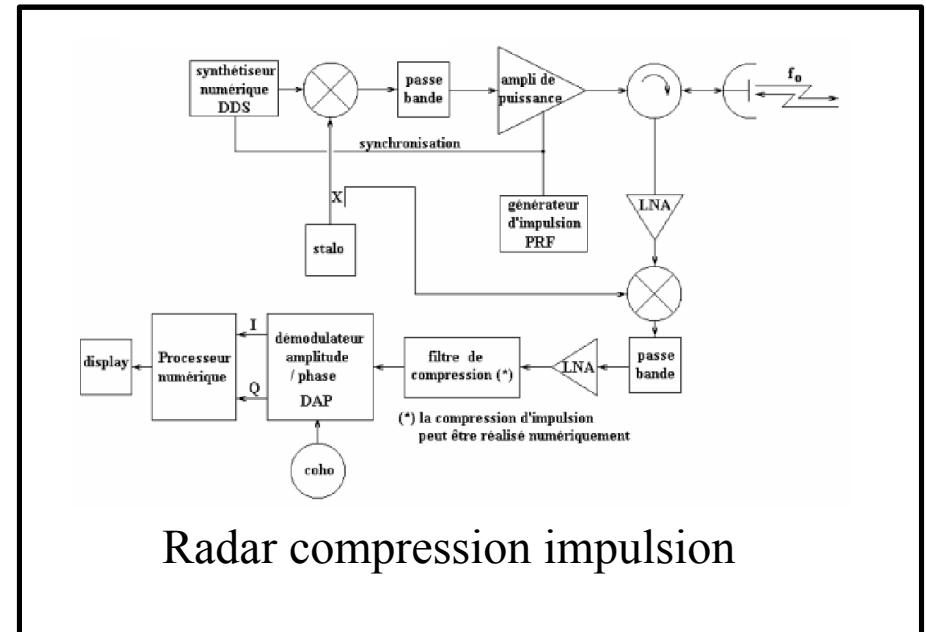
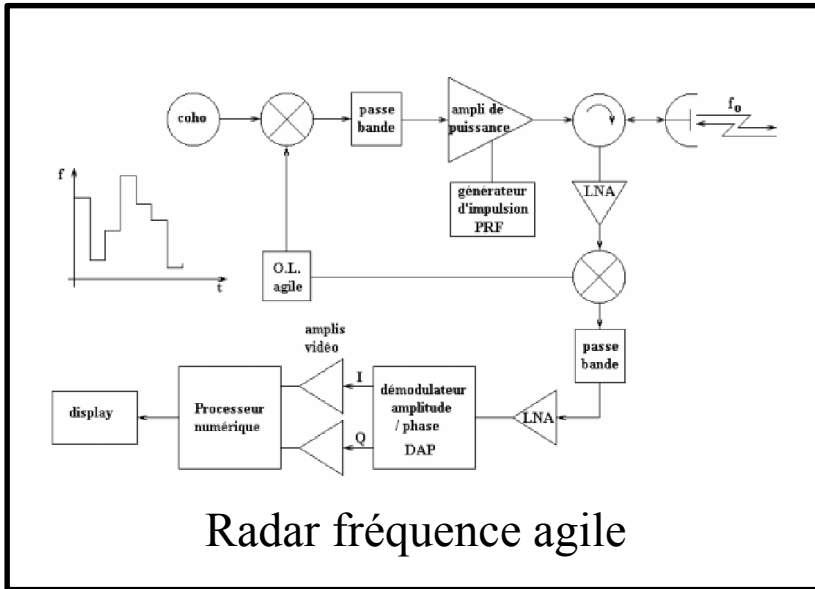
- Radars à impulsions (pulse radar)
- Radars à ondes continues (CW radar)



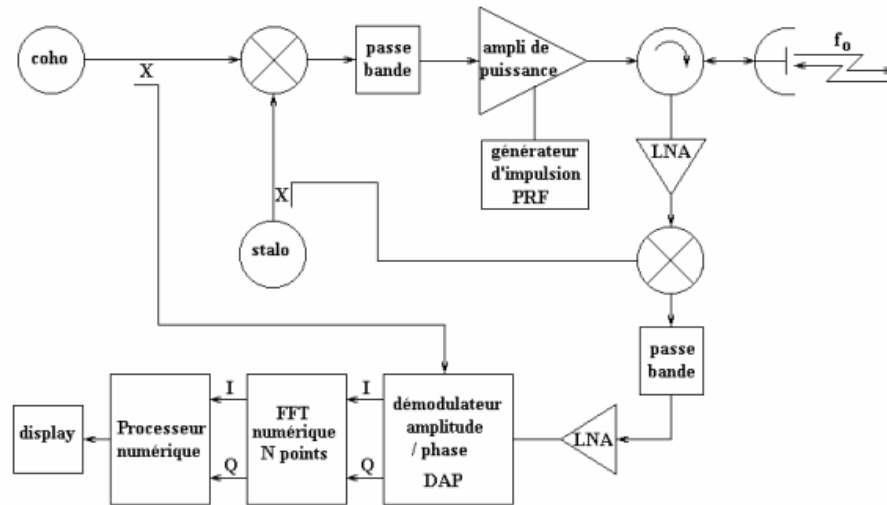
LES PRINCIPES RADAR



LES PRINCIPES RADAR



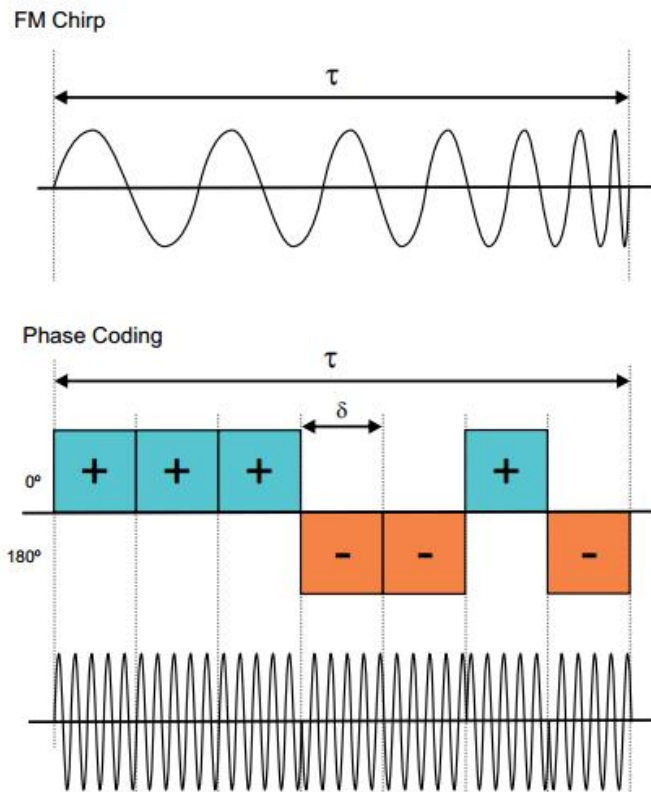
LES PRINCIPES RADAR



Radar pulse Doppler cohérent

LES PRINCIPES RADAR

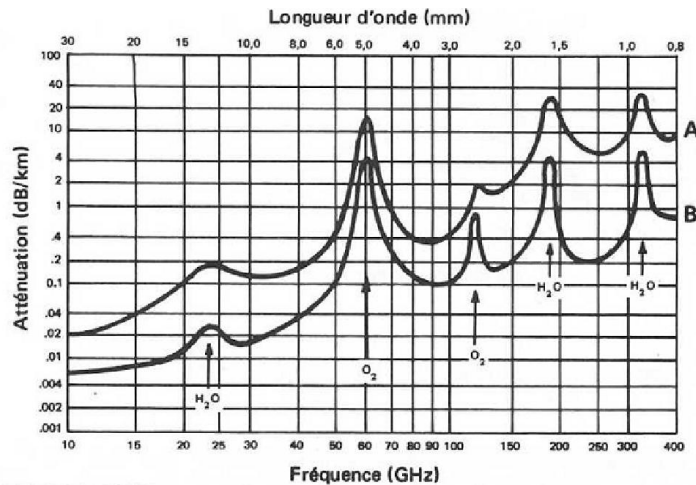
LA COMPRESSION D'IMPULSION



$$D_{\max} = \sqrt[4]{K.Pe} = \sqrt[4]{K.Pc \cdot \frac{\tau}{Tr}}$$

- émettre une impulsion longue avec une puissance crête P_c limitée
- moduler l'impulsion de manière à conserver la même largeur spectrale que celle d'un radar classique

LES PRINCIPES RADAR



ATTENUATION ATMOSPHERIQUE EN PROPAGATION HORIZONTALE
(un seul trajet)

Courbe A : Niveau de la mer - Pression = 1 atmosphère
 $\Theta = 20^{\circ}\text{C}$ - Teneur hygrométrique = $7,5 \text{ g/m}^3$

Courbe B : Altitude = 4 000 m - $\Theta = 0^{\circ}\text{C}$ - Teneur hygrométrique = 1 g/m^3

- Polarisation
- Fréquence émission

LES AVANTAGES DU RADAR

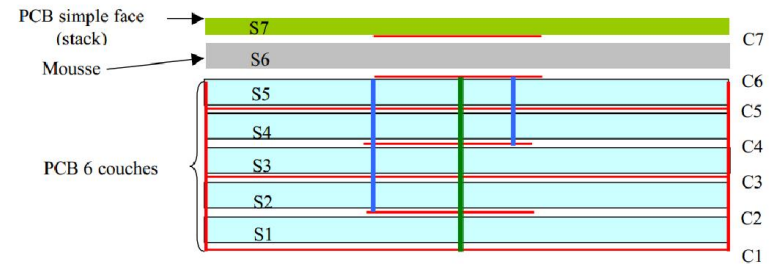
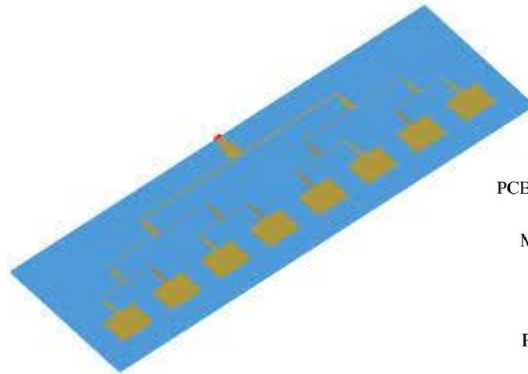
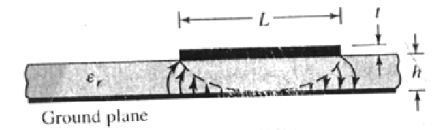
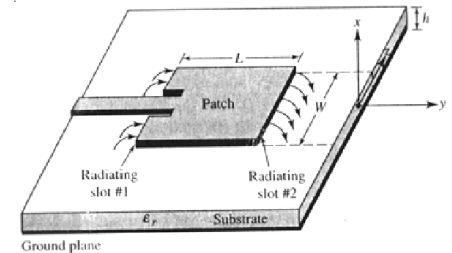
- Fonctionnement toutes conditions météorologiques
- Fonctionnement de jour comme de nuit
- Discrétion

LES HANDICAPS DU RADAR

- Licences d'émission
- Cout
- Technologies

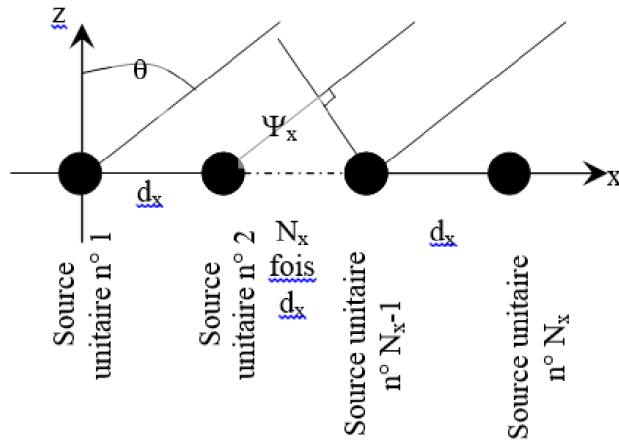
LES CONSTITUANTS DU RADAR : L'ANTENNE

- Sur circuit imprimé: structure gravée
- Technologie multicouches de type HDI
- Plus d'éléments mécaniques



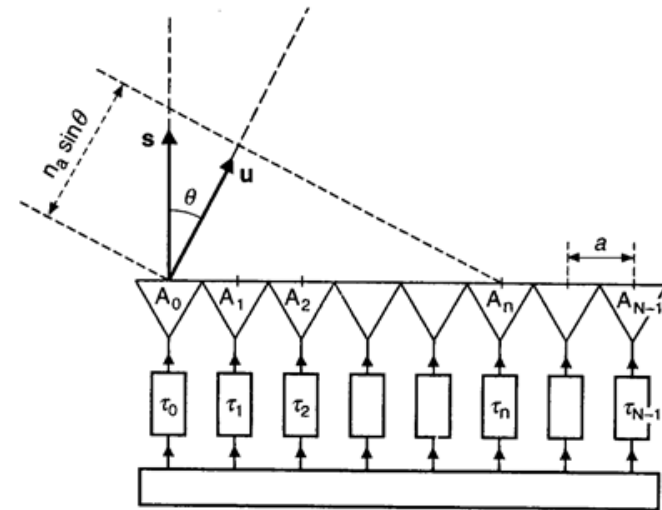


LES CONSTITUANTS DU RADAR : L'ANTENNE



$$\Psi_x = kd_x \sin \theta \cos \phi$$

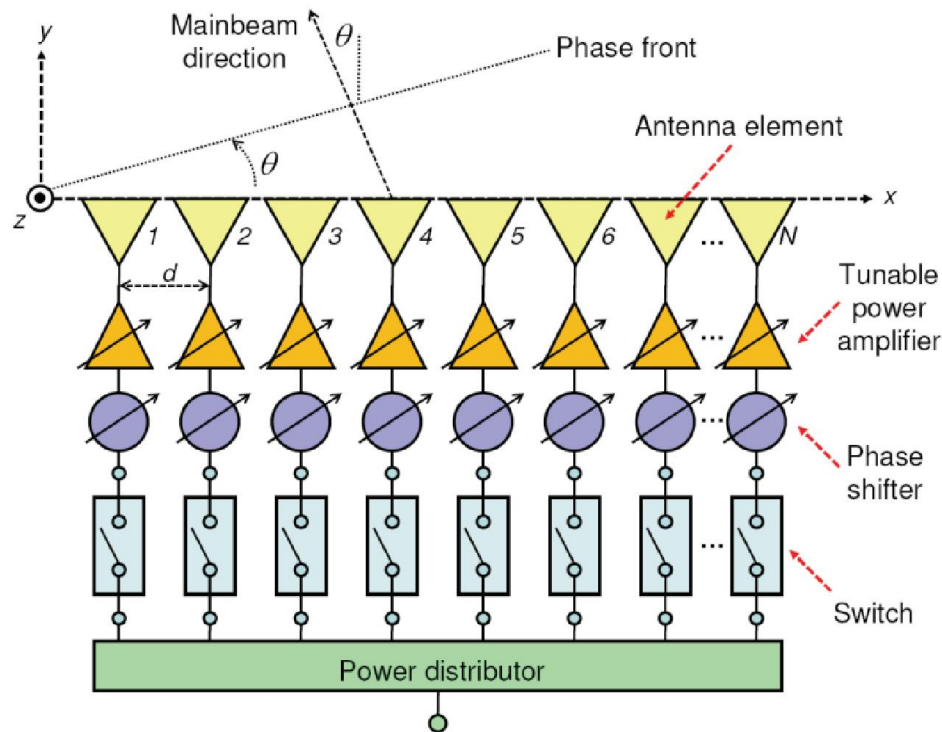
$$AF(\theta, \phi) = \sum_{n_x=1}^{N_x} e^{j(n_x-1)\Psi_x}$$



$$\Psi_x = kd_x \sin \theta \cos \phi + \Delta \varphi_{n_x}$$

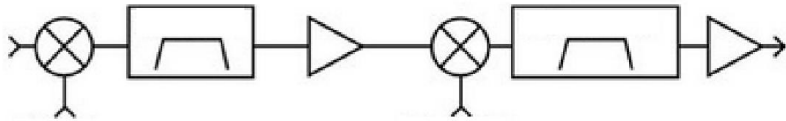
$$AF(\theta, \phi) = e^{j\varphi_0} \sum_{n_x=1}^{N_x} e^{j(n_x-1)\Psi_x}$$

LES CONSTITUANTS DU RADAR : L'ANTENNE

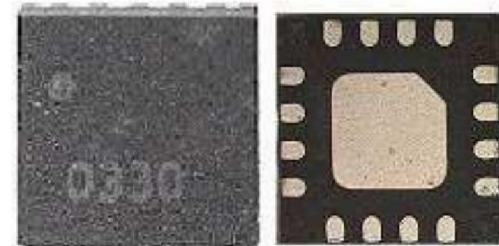
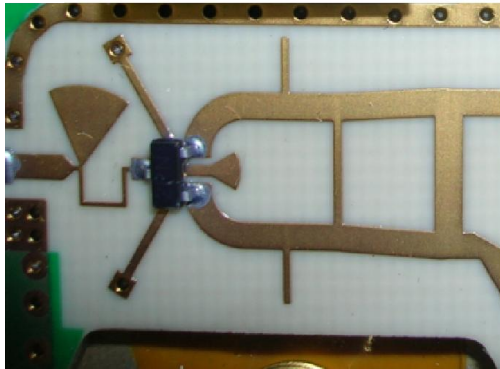


- Amplificateurs de puissance
- Atténuateurs variables
- Déphaseurs variables
- TR switch
- LNA

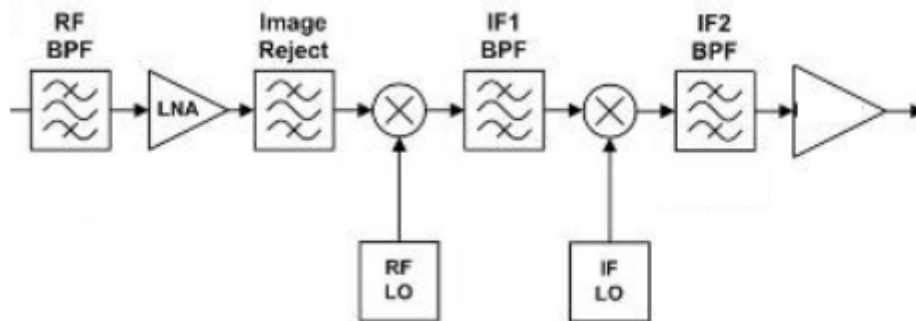
LES CONSTITUANTS DU RADAR : L'EMISSION



- Mélangeur CMS
- Filtre
- Amplificateur

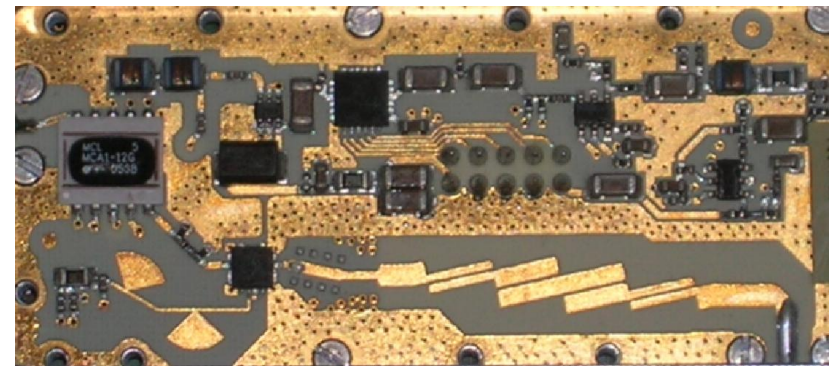


LES CONSTITUANTS DU RADAR : LA RECEPTION



- Limiteur puissance
- LNA
- Mélangeurs
- Filtres

➤ Sur circuit imprimé



LES CONSTITUANTS DU RADAR : ADC/DAC

- ADC rapides
- 5 Gsps/3.6 Gsps
- 10bits/12 bits



- 2 stratégies :
 - Développement carte propriétaire
 - Utilisation carte format FMC

- DAC rapides
- 4.6 Gsps/2.5 Gsps
- 14bits/16 bits
- DDS avec DAC 12 bits
3.5 Gsps



LES CONSTITUANTS DU RADAR : CNA/CAN

Référence	Constructeur	ADC							
		Nbits	SFDR	SNR	ENOB	Rapidité	Ref ADC	Constructeur	Conso ADC
ADC510	Curtiss Wright	12	68	55,94	9	550	ADS5463	Texas Instrument	2,18W
ADC511	Curtiss Wright	14	65	55,94	9	400	ADS5474	Texas Instrument	2,5W
ADC512	Curtiss Wright	8	62	45,41	7,25	3Gsp/s	ADC083000	National Semiconductor	1,8W
ADC513	Curtiss Wright	8	60	45,71	7,3	1,5Gsp/s	ADC08D1500	National Semiconductor	1,9W
FMC516	Curtiss Wright	16	67	69,18	11,2	250	ISLA216P25	Intersil	0,786W
FMC103	4DSP	12	72	54,13	8,7	210	ADS62P28	Texas Instrument	1,25W
FMC104	4DSP	14	71	57,75	9,3	250	ADS62P49	Texas Instrument	1,25W
FMC107	4DSP	12	68	54,74	8,8	65	ADS62P28	Texas Instrument	1,25W
FMC108	4DSP	14	71	57,75	9,3	250	ADS62P49	Texas Instrument	1,25W
FMC122	4DSP	8	48	41	6,9	2,5Gsp/s	EV8AQ160	E2V	3,9W
FMC125	4DSP	8	48	41	6,9	5Gsp/s	EV8AQ160	E2V	3,9W
FMC126	4DSP	10	58	46,31	7,4	5Gsp/s	EV10AQ190	E2V	5,65W
ADC5000	Lyrtech	10	52	46,61	7,45	5Gsp/s	EV10AQ190	E2V	5,65W
MI250	Lyrtech	14	71	57,45	9,25	250	ADS62P49	Texas Instrument	1,25W
ADFD1600	Delphi Engineering Group	12	61,9	53,53	8,6	3,2Gsp/s	ADC12D1600	National Semiconductor	3,88W
ADF2500	Delphi Engineering	10	49	48,72	7,8	2,5Gsp/s	EV10S150	E2V	6,2W
ADFQ55	Delphi Engineering	12	75	61,36	9,9	550	ADS54RF63	Texas Instrument	2,25W
ADFQ40	Delphi Engineering	14	80	69,18	11,2	400	ADS5474	Texas Instrument	2,5W
ADFQSIG	Delphi Engineering	16	90	80,02	13	260			
AF201	ApisSys	12				2Gsp/s			
FMC210	Vadatech	10		48,11	7,7	2,5Gsp/s	EV10AS150A	E2V	6,2W

LES CONSTITUANTS DU RADAR : CNA/CAN

Référence	Constructeur	DAC							
		Nbits	SFDR	SNR	Rapidité	Ref DAC	Constructeur	Conso DAC	Interpolation
FMC204	4DSP	16	81	73	1Gsp/s	DAC568 2Z	Texas Instrument	1,4W	oui x2/x4
FMC520	Curtiss Wright	16	81	73	1Gsp/s	DAC568 2Z	Texas Instrument	1,4W	oui x2/x4
DACD2500	Delphi Engineering Group	14	54		2,5Gsp/s	AD9739- A	Analog Device	1,1W	
FMC221	Vadatech	14	60		2,5Gsp/s	AD9739	Analog Device	1,1W	
FMC222	Vadatech	14	60		2,5Gsp/s	AD9739	Analog Device	1,1W	

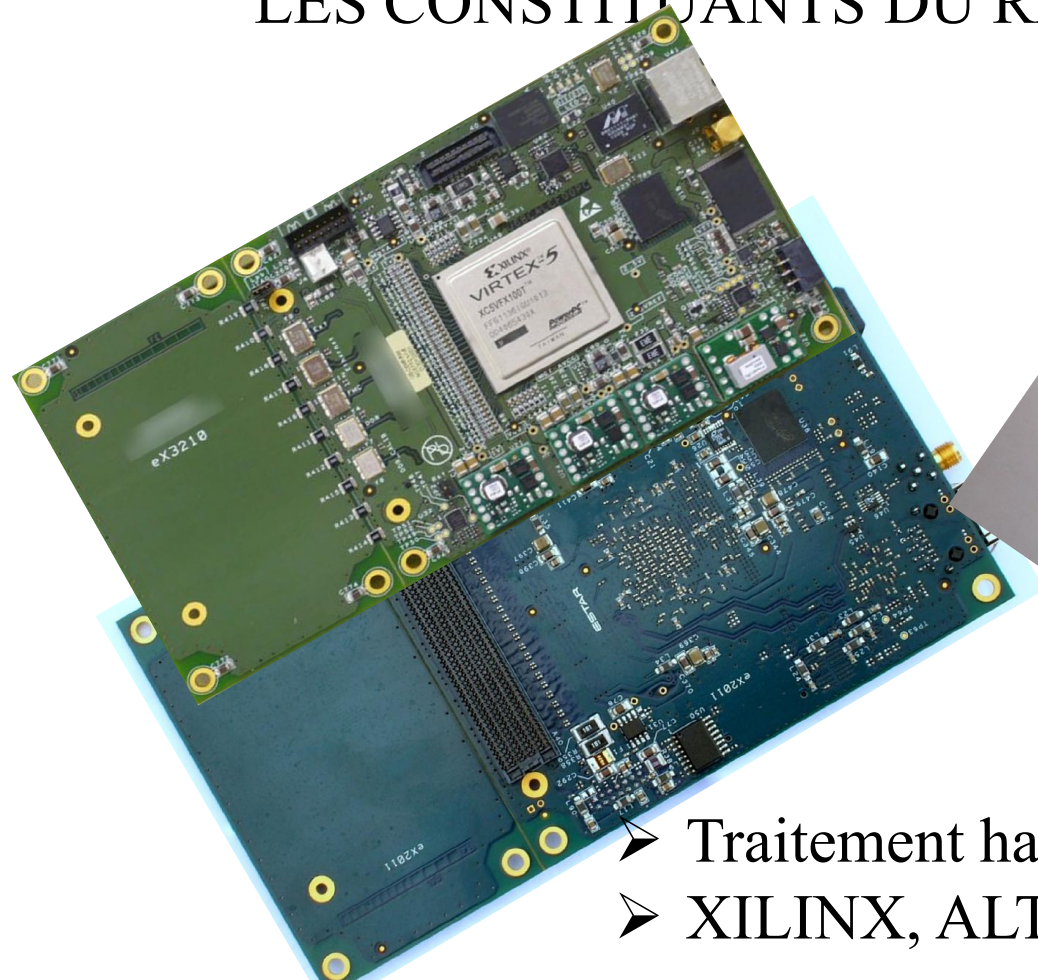


LES CONSTITUANTS DU RADAR : CNA/CAN

Référence	Constructeur	ADC							
		Nbits	SFDR	SNR	ENOB	Rapidité	Ref ADC	Constructeur	Conso ADC
FMC110	4DSP	12	72	58,17	9,37	1Gsp/s	ADS5400	Texas Instrument	2,15W
FMC150	4DSP	14	71	57,75	9,3	250	ADS62P49	Texas Instrument	1,25W
ADAC250	Lyrtech	14	71	57,75	9,3	250	ADS62P49	Texas Instrument	1,25W
16-bit AD/DA FMC	Hitech Global	16				170			
Référence	Constructeur	DAC							
		Nbits	SFDR	SNR	Rapidité	Ref DAC	Constructeur	Conso DAC	Interpolation
FMC110	4DSP	16	81	75	1Gsp/s	DAC5681Z	Texas Instrument	0,83W	oui x2/x4
FMC150	4DSP	16	61		800	DAC3283	Texas Instrument	1,3W	oui x2/x4
ADAC250	Lyrtech	16	81	73	1Gsp/s	DAC5682Z	Texas Instrument	1,4W	oui x2/x4
16-bit AD/DA FMC	Hitech Global	16			500				

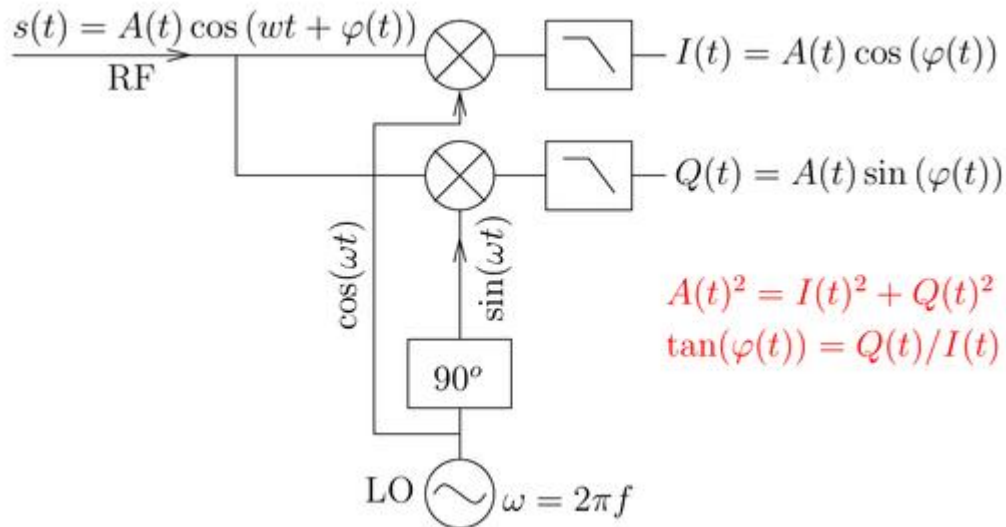


LES CONSTITUANTS DU RADAR : TRAITEMENTS



- Traitement haut débit : le FPGA
- XILINX, ALTERA

LES CONSTITUANTS DU RADAR : TRAITEMENTS



$$A(t)^2 = I(t)^2 + Q(t)^2$$

$$\tan(\varphi(t)) = Q(t)/I(t)$$

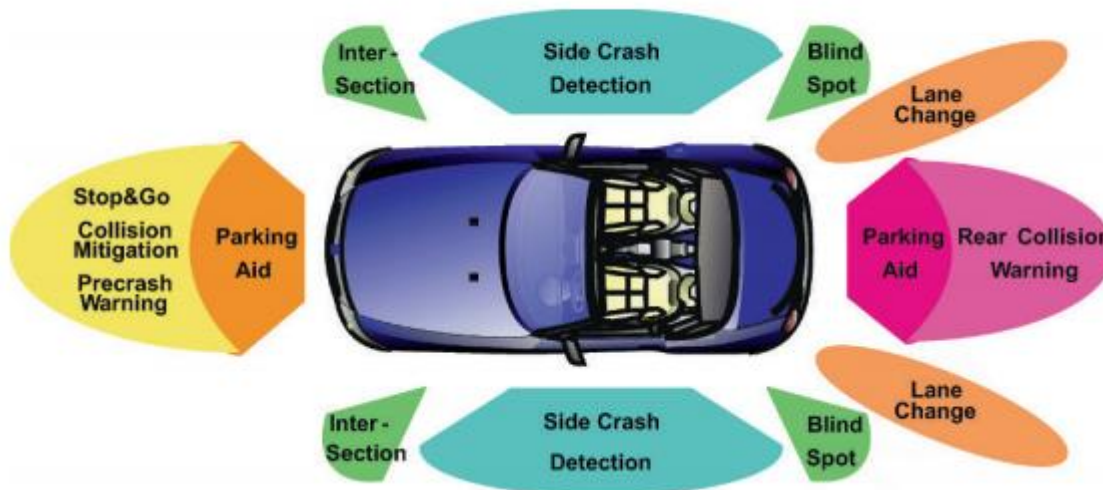
- Démodulation I&Q
- Filtrage adapté
- Décimation

➔ Traitement bas débit : processeur

DISPONIBILITE COMPOSANTS / COUT

- PCB
- Structures gravées
- Composants discrets
- Emetteur/Récepteur intégrés (24 ou 77 GHz)
- Composants CMS
- ADC/DAC
- FPGA
- PROCESSEUR

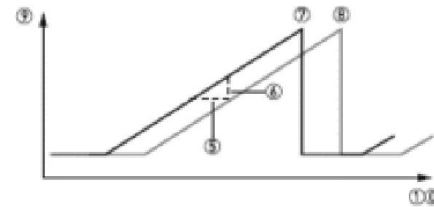
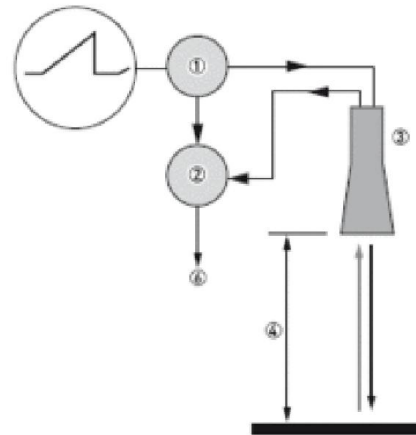
SECTEUR AUTOMOBILE



- 24 GHz
- 77 GHz



SECTEUR INDUSTRIEL : MESURE DE NIVEAUX



SECTEUR INDUSTRIEL : MESURE DE NIVEAUX

Principes de mesure	Produits et conditions de process							
	Liquides	Pâteux	Gaz liquides	Zone Ex	Très haute température	Très basse température	Produits très agressifs	Produits alimentaires
Capacitif / admittance	■	■	■	■	■	■	■	■
Plongeur / Tube de torsion	■		■	■	■	■	■	
Flotteur	■		■	■	■	■	■	
Pression hydrostatique	■	■	■	■	■	■	■	■
Pression différentiel	■	■	■	■	■	■	■	■
Ultrasons	■	■		■			■	■
Radar	■	■	■	■	■	■	■	■
Radar à ondes guidées	■	■	■	■	■	■	■	■

■	Seulement liquides non colmatants	■	Utilisation possible dans certaines limites	■	Utilisation sans restriction
---	-----------------------------------	---	---	---	------------------------------

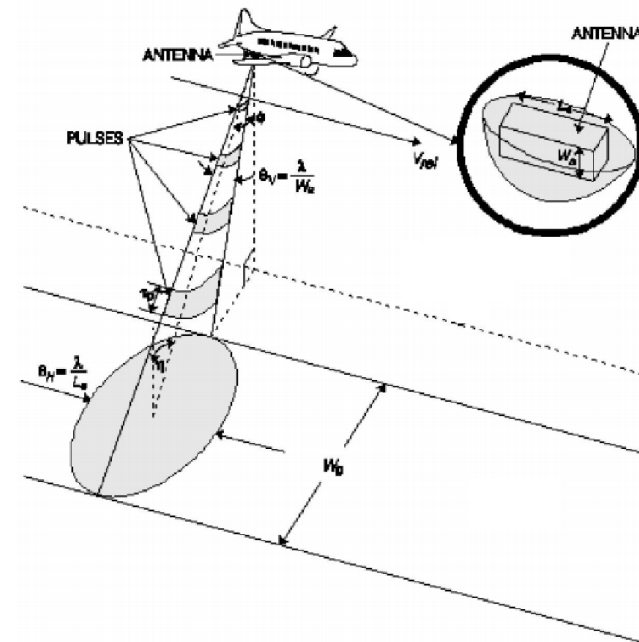


SECTEUR INDUSTRIEL : MESURE DE NIVEAUX

- Pétrole
- Fuel ou Kérosène
- Bière
- Céréales
- Produits chimiques
- Produits alimentaires
- Pétroliers
- Cuves des raffineries ou des lieux de stockage de carburants
- Barges de transport
- Silos

IMAGERIE RADAR

- Principe du SAR (Radar à Synthèse d'Ouverture)
- Utilisation de drones



IMAGERIE RADAR



- Tout temps
- De nuit comme de jour
- Traitement déporté

RADAR SURVEILLANCE SITE GEOLOGIQUE SENSIBLE

- Surveillance stabilité des versants rocheux





RADAR SURVEILLANCE SITE GEOLOGIQUE SENSIBLE

- Bande de fonctionnement : 18 à 26.5 GHz
- Précision de mesure : 1 mm
- Portée : 10 Km
- Puissance émission variable
- Antenne à très faibles lobes secondaires
- Large spectre d'application :
 - Ouvrage d'art
 - SCNF
 - RTE (infrastructure EDF)
 - Surveillance des excavations dans les carrières

CONCLUSION

- Concentré de toutes les technologies de l'électronique
- Solutions techniques accessibles
- Forte diminution du cout de la partie hyperfréquence