

Systemes Radar

24 – 25 juin 2021



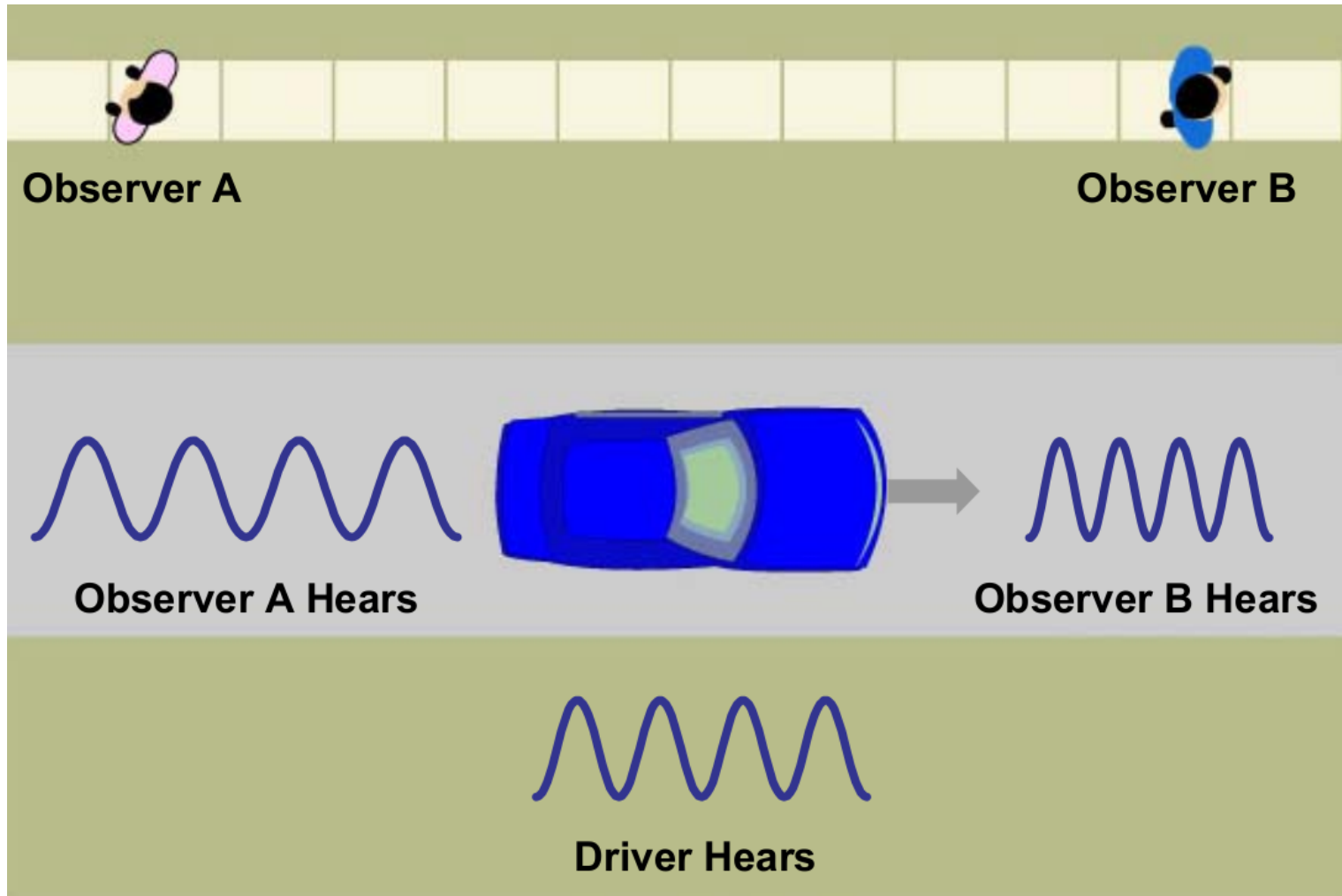
*Bureau d'études
Radar Doppler MDU1130*

Franck Daout
fdaout@parisnanterre.fr

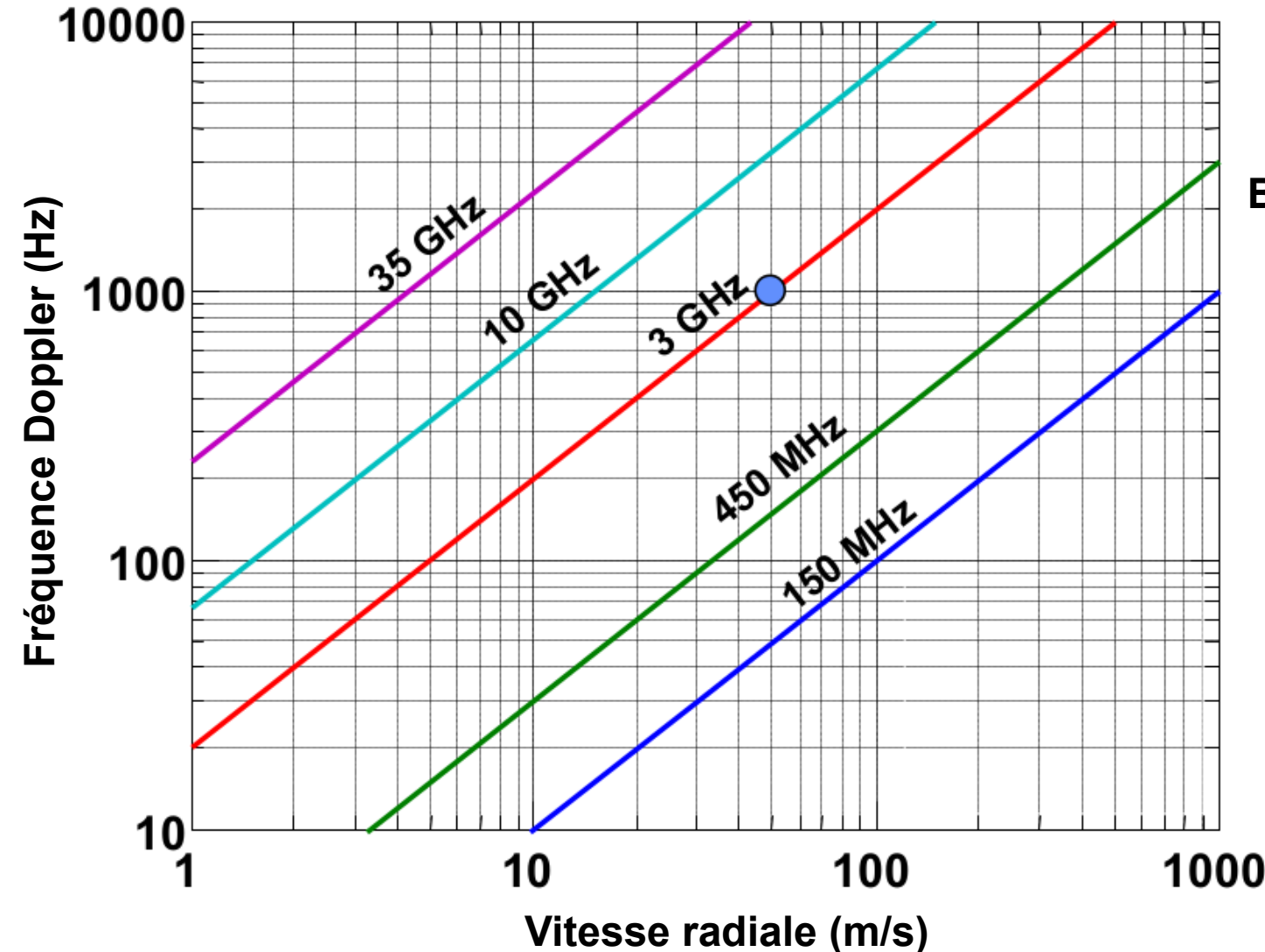
<https://cva-geii.parisnanterre.fr/>

CFD - Bourges

Mode Doppler



Fréquence Doppler



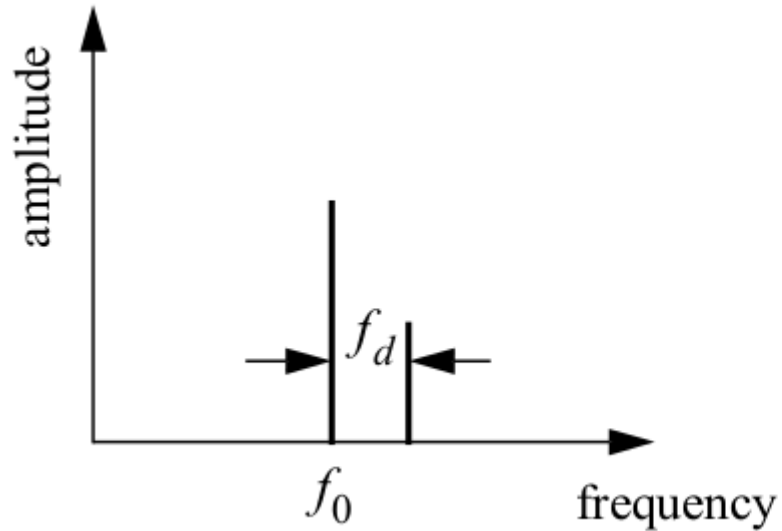
Bande S (2800MHz)

$f_d \sim 1 \text{ kHz} / 40 \text{ m/s}$

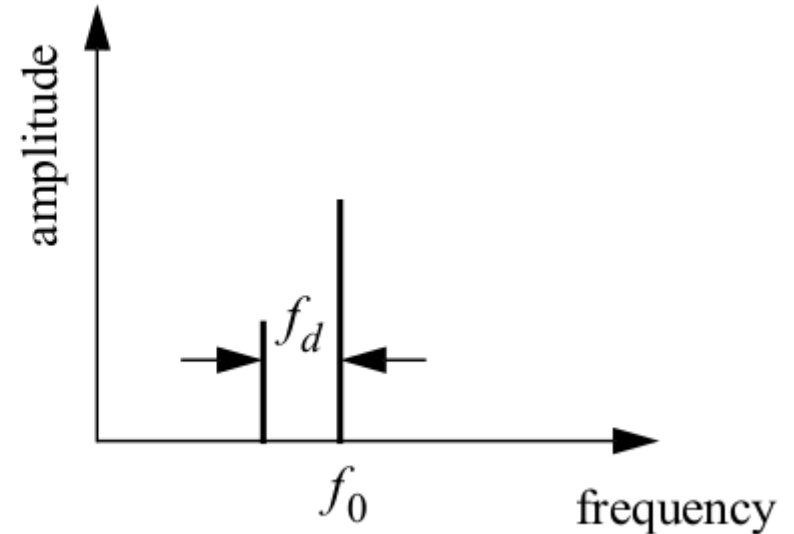
Fréquence
Doppler

$$f_d = \frac{2V}{\lambda}$$

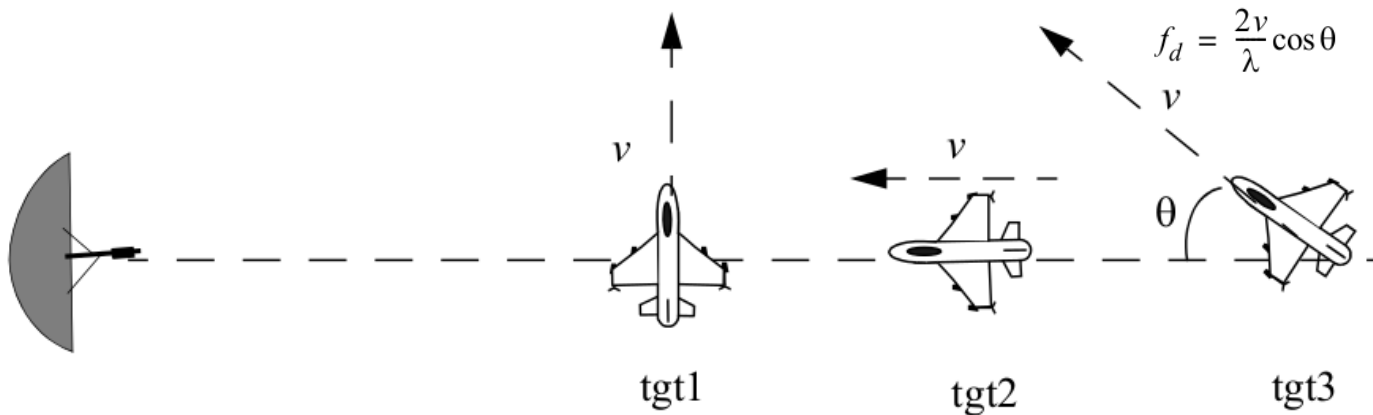
Fréquence Doppler



Cible se rapprochant

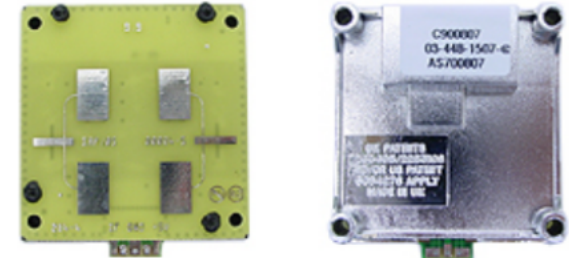


Cible qui s'éloigne



- Tgt1 : zero Doppler
- Tgt2 : Max Doppler
- Tgt3 : Valeur intermédiaire

Radar Doppler bande X



- Le principe d'un radar est d'illuminer une cible à l'aide d'une onde électromagnétique. Celle-ci reflète une partie de l'énergie et est donc détectable par la partie réception du Radar. L'écho renvoyé par la cible est de même fréquence que le signal émis si la cible est immobile mais de fréquence différente si celle-ci est en mouvement . Cette caractéristique constitue l'effet Doppler.
- La variation de la fréquence étant proportionnelle à la vitesse de l'objet, il est donc possible de mesurer cette vitesse.

Radar Doppler bande X

X-Band Doppler Motion Detector Units
Model Numbers MDU1100/20/30



Model	Country	Frequency
MDU 1100	UK	10.587 GHz
	UK Ceiling Mount	10.587 GHz
MDU 1120	Belgium, Holland, Italy	10.525 GHz
	Ceiling mount version	10.525 GHz
MDU 1130	Italy, France	9.90 GHz

MDU 1130

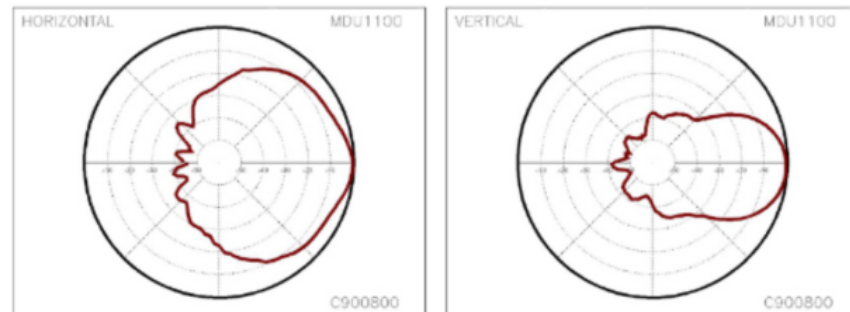
Transmitter

Frequency	See table over
Frequency Setting Accuracy	3 MHz
Power Output (Min.)	13 dBm EIRP
Operating Voltage	+5 V \pm 0.25 V
Operating Current (CW)	60mA (max)
	40mA (typ)
Harmonic Emissions	<-30dBm

Pulse Mode Operation

Average Current (5% DC)	2 mA typ.
Pulse Width (Min.)	5 μ secs
Duty Cycle (Min)	1%

Coverage Pattern



Receiver (3Hz to 80Hz bandwidth)

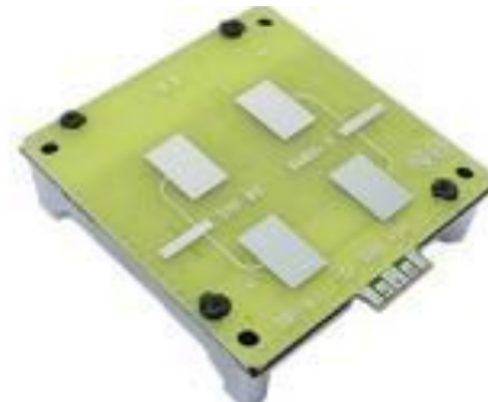
Sensitivity (10 dB S/N ratio)	-86 dBm
Noise	< 10 μ V

Antenna : standard

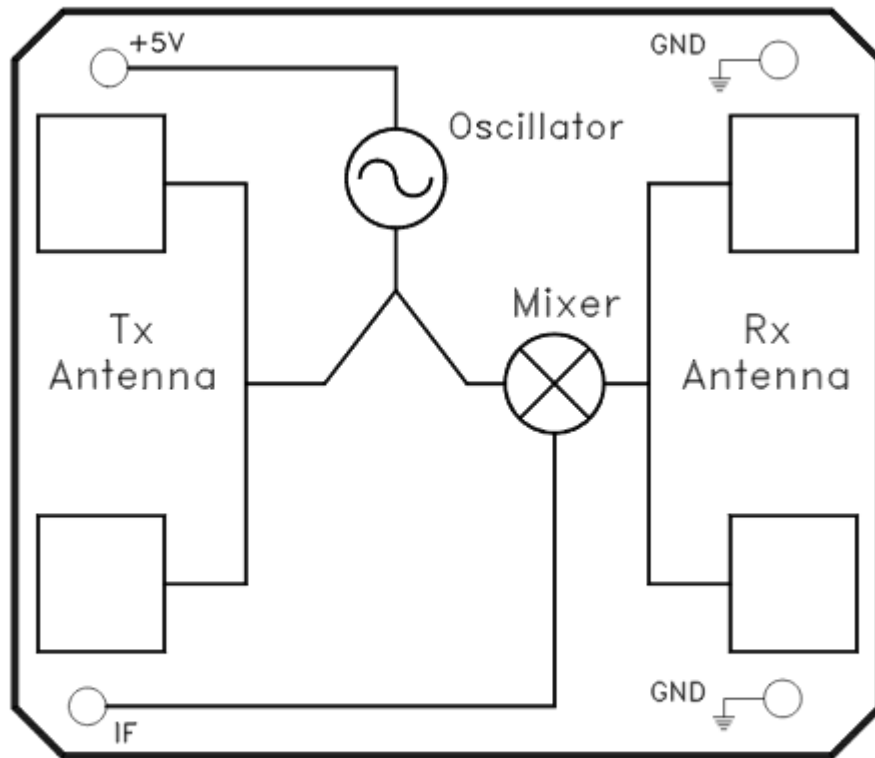
Gain	8 dBi
-3 dB Beamwidth	
E Plane	72°
H Plane	36°

Antenna : ceiling mount

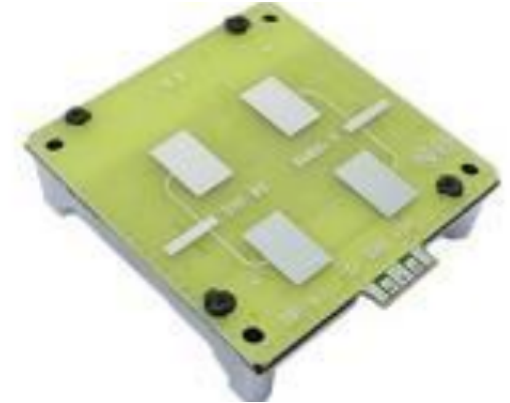
Gain	5 dBi
------	-------



MDU 1130



Block diagram and connection



**Ne pas dépasser la
tension
d'alimentation
→ vérifier la valeur
de votre alimentation**

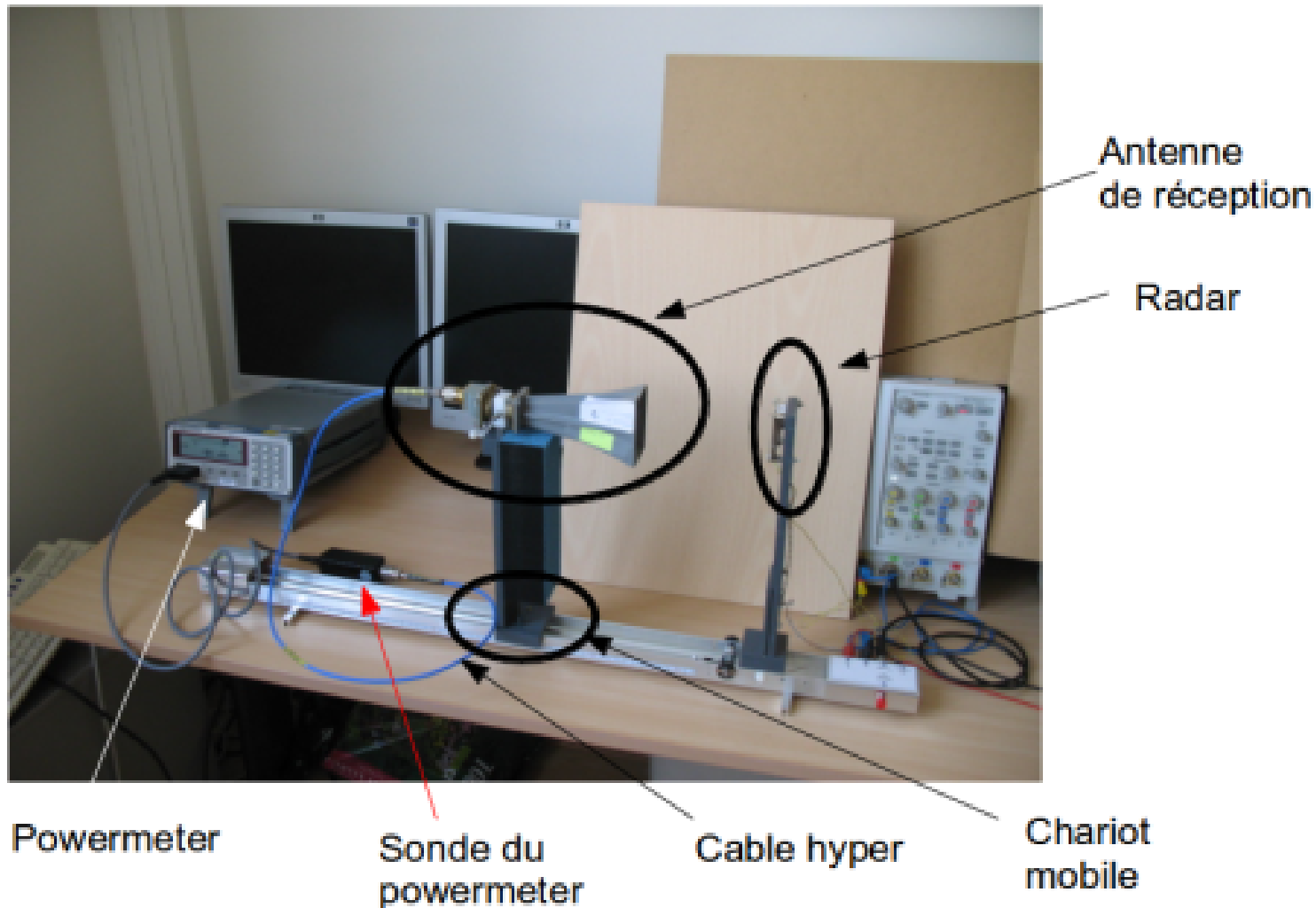
MDU 1130 : Étude de la datasheet

- A partir des descriptions constructeurs, déterminer :
 - La fréquence d'émission, en déduire la longueur d'onde
 - Le gain des antennes
 - La sensibilité du récepteur pour un RSB de 10dB et pour un RSB de 0dB
 - La puissance émise

MDU 1130 : Calcul de la portée

- En utilisant vos notions sur la SER, déterminer la SER d'une plaque métallique carré de 9cm de coté
- A partir de l'équation radar, déterminer la portée du système radar étudié
- En supposant que la cible se déplace entre 0.001m/s et 10m/s, déterminer la plage de fréquence Doppler

Expérimentation : le banc que l'on doit fabriquer



Lab. 1 : Atténuation distance (1/3)

Attention au branchement de la sonde



Powermeter
(milliwattmètre)

Caractéristique de la sonde



Sonde du powermeter

Déterminer les caractéristiques de la sonde :

- Bande de fréquence
- Puissance minimum, maximum

Lab. 1 : Atténuation distance (2/3)

La puissance reçue par le récepteur dépend de la distance émetteur-récepteur. La puissance reçue P_r est inversement proportionnelle au carré de la distance parcourue ce qui se traduit par l'expression:

$$P_r = \frac{K}{L^2}$$

où L est la distance entre les deux antennes.

Question



1. Quelle est l'unité de K ?
2. Définissons une distance de référence L_{ref} avec $P_{ref} = P_r(L_{ref})$ la puissance mesurée à cette distance. Il est possible d'exprimer la puissance P_r à une distance L en fonction de P_{ref} :

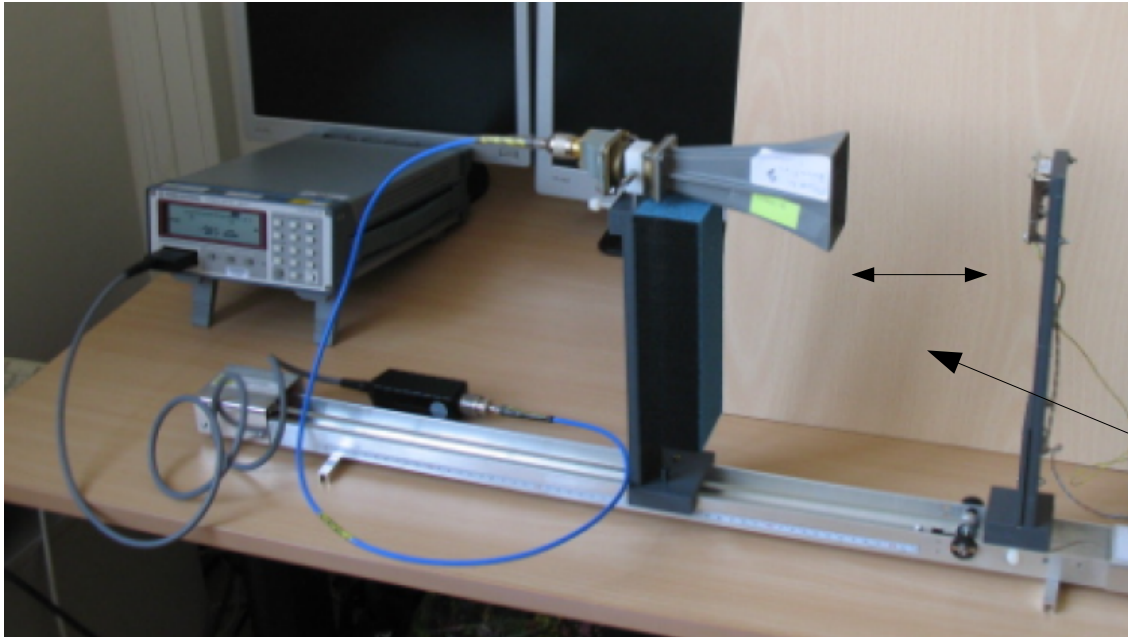
$$P_r = P_{ref} \frac{L_{ref}^2}{L^2}$$

3. Justifier que cette relation peut s'écrire:

$$P_r(L)_{dBm} = P_{ref(dBm)} - 20 \log\left(\frac{L}{L_{ref}}\right)$$

Comme le montre cette équation, une multiplication par 2 de la distance entraîne une perte de 6dB et une multiplication par 10 une atténuation de 20dB.

Lab. 1 : Atténuation distance (3/3)



Distance L qui varie



1. Remplir le tableau ci-dessous

L	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5
L/L_{ref}	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
P_r (dBm)									

Question



1. Tracer* la caractéristique $P_r(\text{dBm})$ en fonction de $20 \log(L/L_{ref})$.
2. Comparer à la théorie.

Lab. 2 : Mesure du diagramme d'antenne (1/3)

L'antenne est le dispositif qui assure la transition entre la ligne de propagation et l'espace libre dans lequel les ondes vont se propager, et inversement. Le diagramme de rayonnement de l'antenne donne la répartition dans l'espace de l'énergie rayonnée ou reçue par l'antenne. Il donc peut être défini par le rapport :

$$r(\theta) = \frac{P_r(\theta)}{\max(P_r(\theta))}$$

Où P_r est la puissance mesurée en sortie de l'antenne utilisée en réception et θ l'angle permettant de repérer l'orientation de l'antenne. Généralement l'angle $\theta = 0$ correspond à $P_r = \max(P_r(\theta))$.

Ce diagramme est le plus souvent exprimé en dB:

$$r_{dB}(\theta) = 10 \log(r(\theta))$$

Coverage Pattern

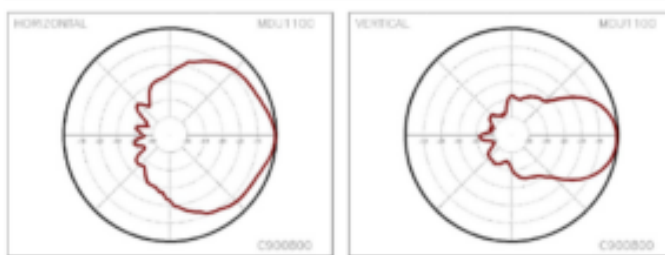


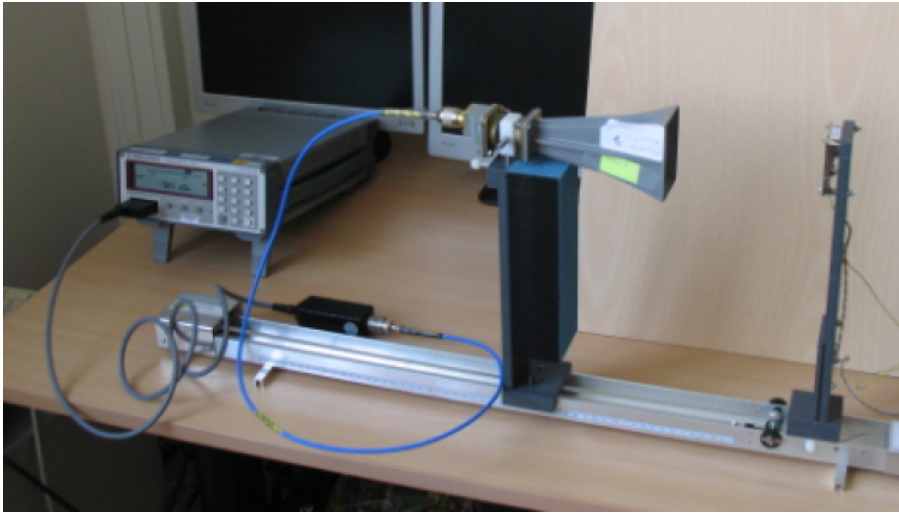
Diagramme polaire du capteur MDU1130- figure de gauche, plan E; figure de droite, plan H.

Il y a plusieurs représentations graphiques possible. Le diagramme de rayonnement peut être représenté en coordonnées polaires ou en coordonnées cartésiennes.

Le diagramme d'antenne est généralement représenté dans deux plans orthogonaux liés à la structure de l'onde (onde TEM) :

- plan E
- plan H

Lab. 2 : Antenne (2/3)



Le diagramme d'antenne du radar est réalisé en tournant le module radar. Le pas de rotation est de 20° . Pour chaque position, il suffit de relever la puissance reçue sur le powermeter. La distance entre l'antenne et le radar est de 20cm



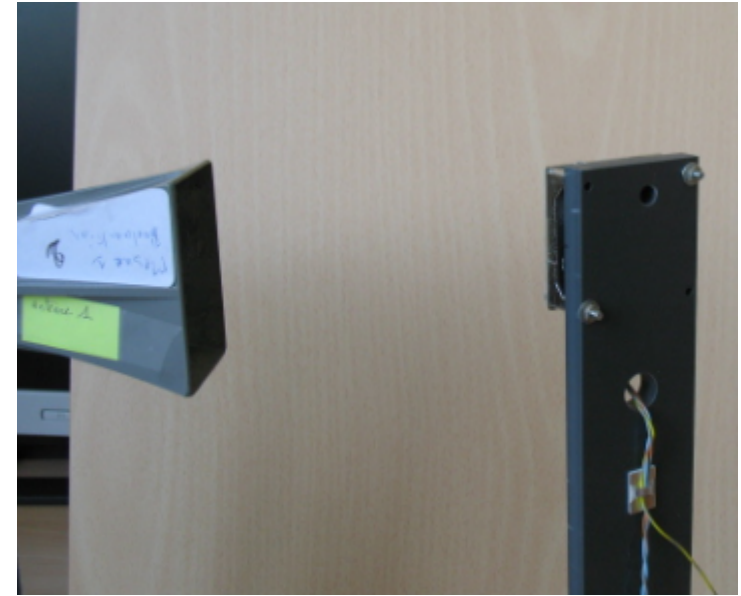
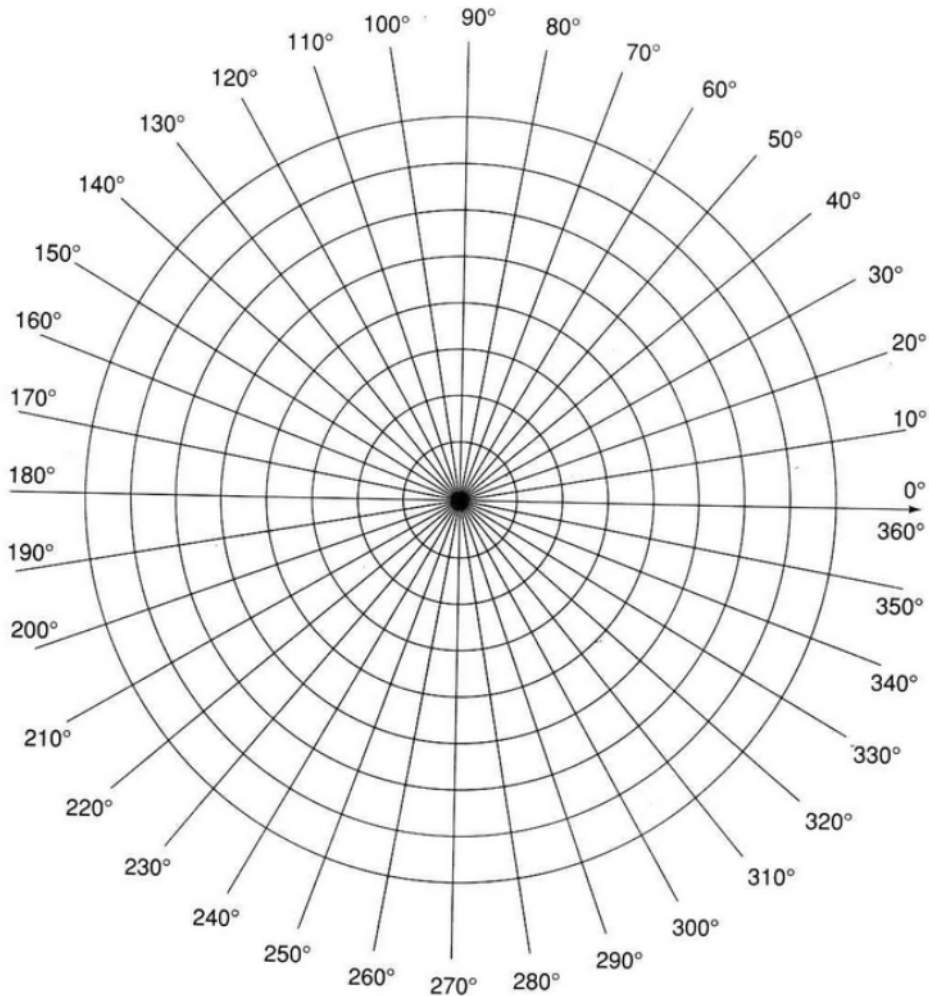
1. Faire les mesures et remplir le tableau suivant

θ (deg)	0								
P_r (dBm)									

2. Représenter le diagramme polaire de l'antenne (cf diagramme polaire*).

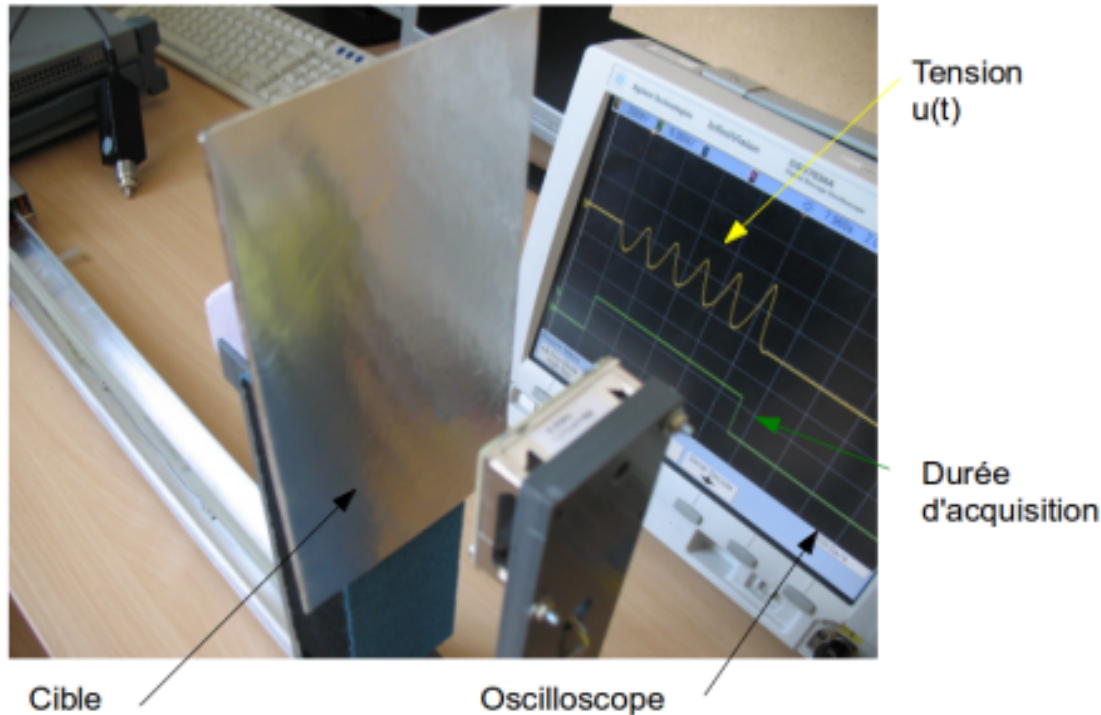
3. En déduire, l'ouverture à -3dB

Lab. 2 : Antenne (3/3)



L'antenne du radar est à la position 60°

Lab. 3 : Mesure de la vitesse (1/2)

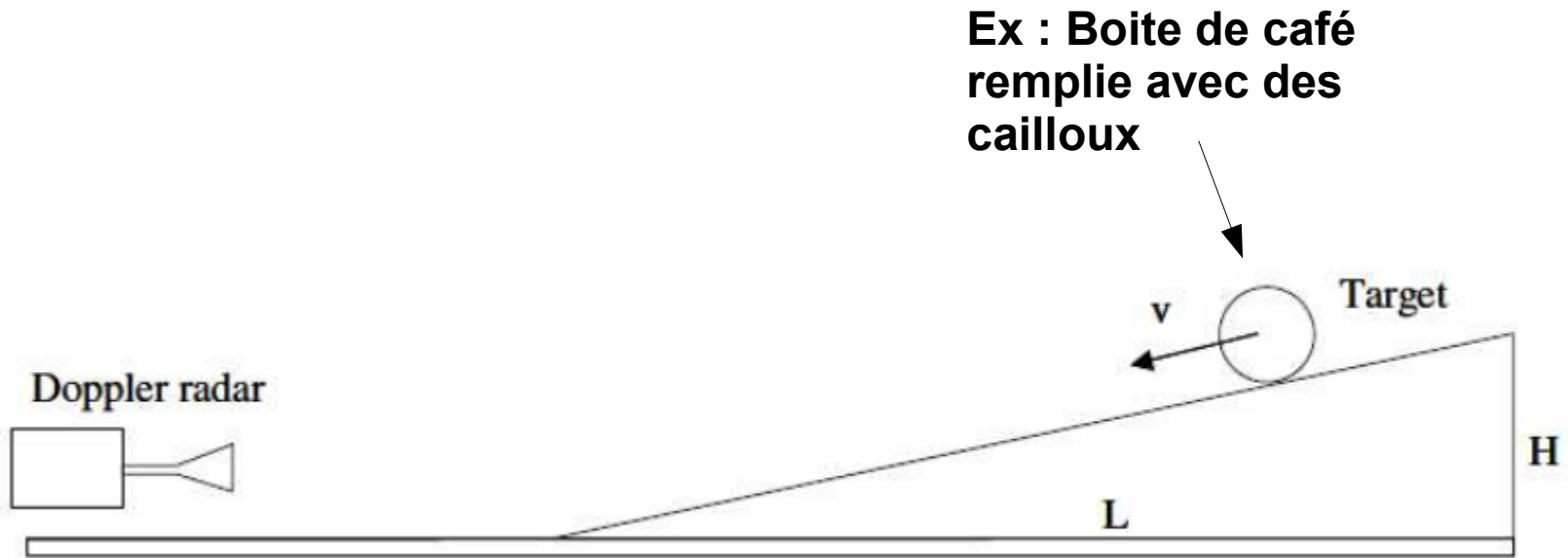


L'antenne de réception est remplacée par une cible. Il existe différentes tailles de cible. Dans cette partie, choisissez la cible qui présente la plus grande surface. La nature de la cible modifie l'amplitude du champ réfléchi.

La mesure de la vitesse est réalisée en observant l'oscilloscope

Dans la mesure, si possible, déplacez la cible dans l'axe du radar avec une vitesse constante.

Exemple de maquette permettant de mesurer la vitesse



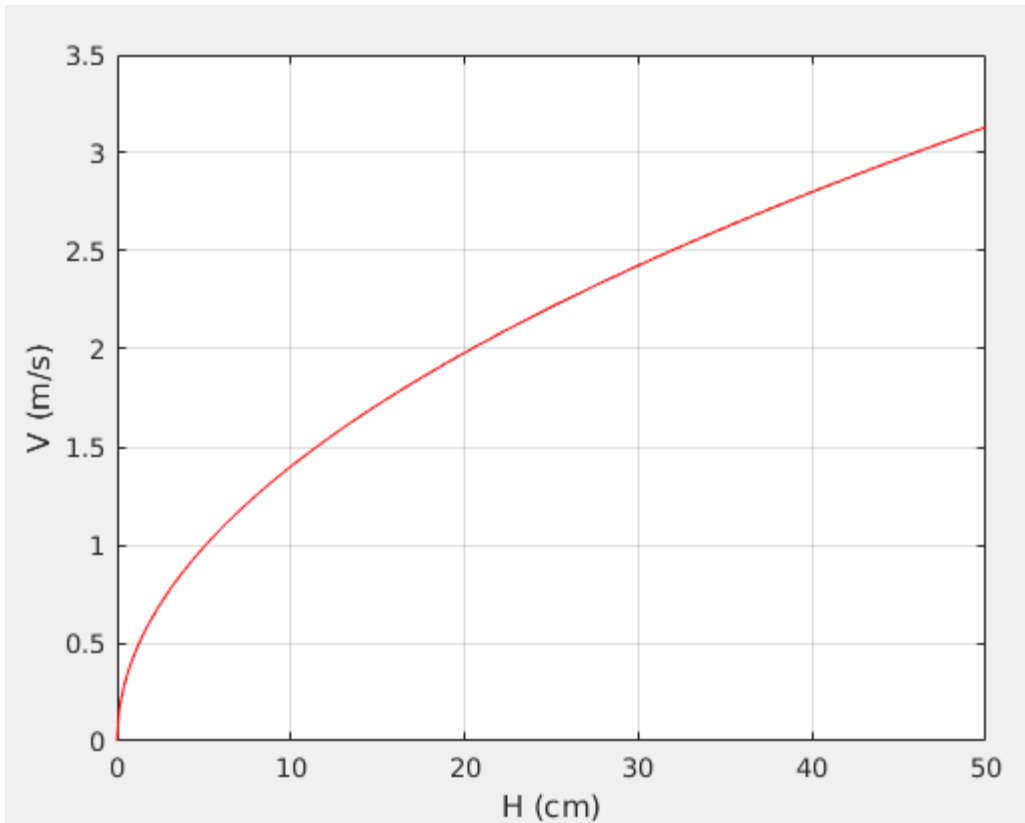
Équation de la vitesse en fonction de H :

$$v = \sqrt{2gH}$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgH - Fd$$

F force de frottement
 $d = \sqrt{H^2 + L^2}$

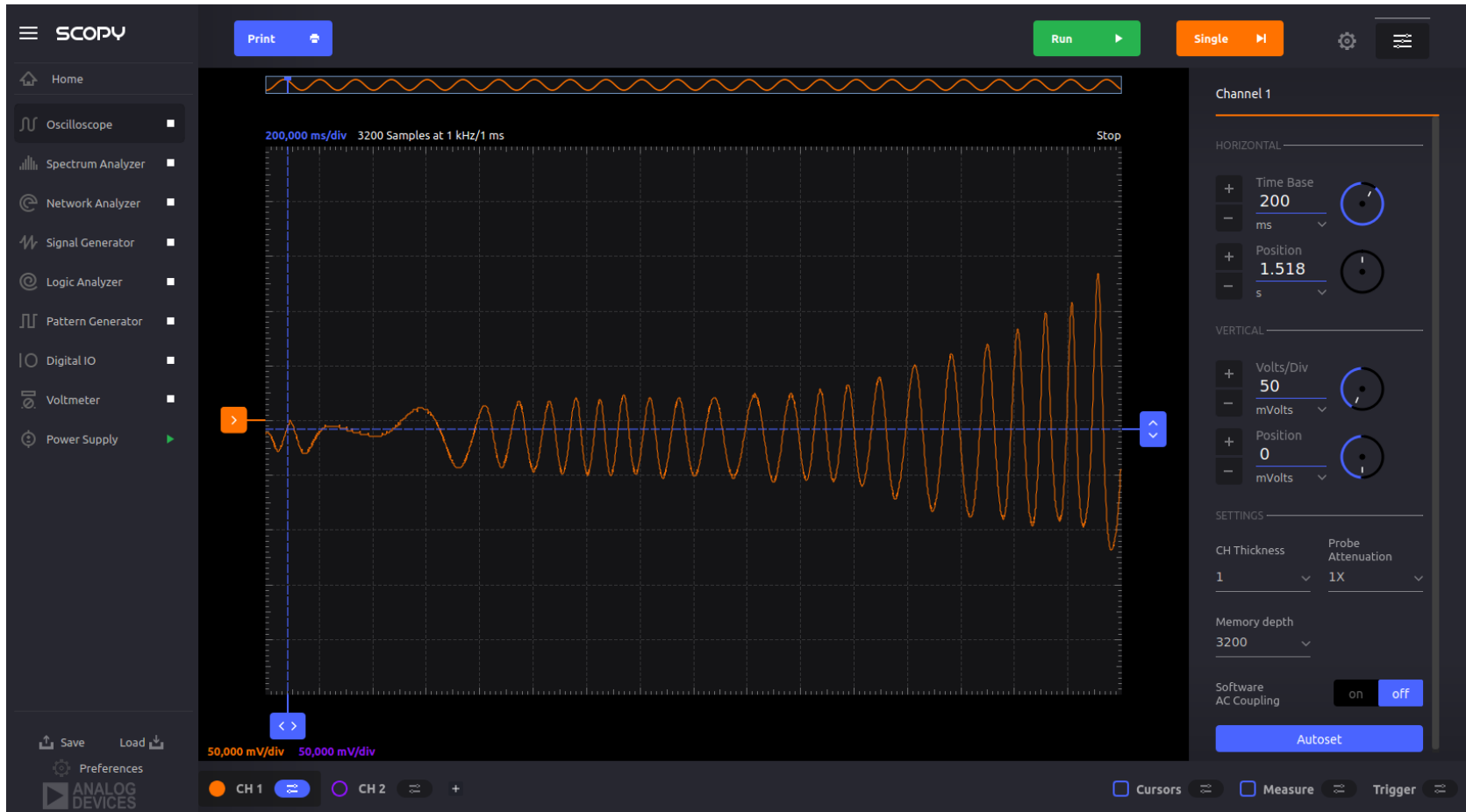
Variation de la vitesse en fonction de la hauteur



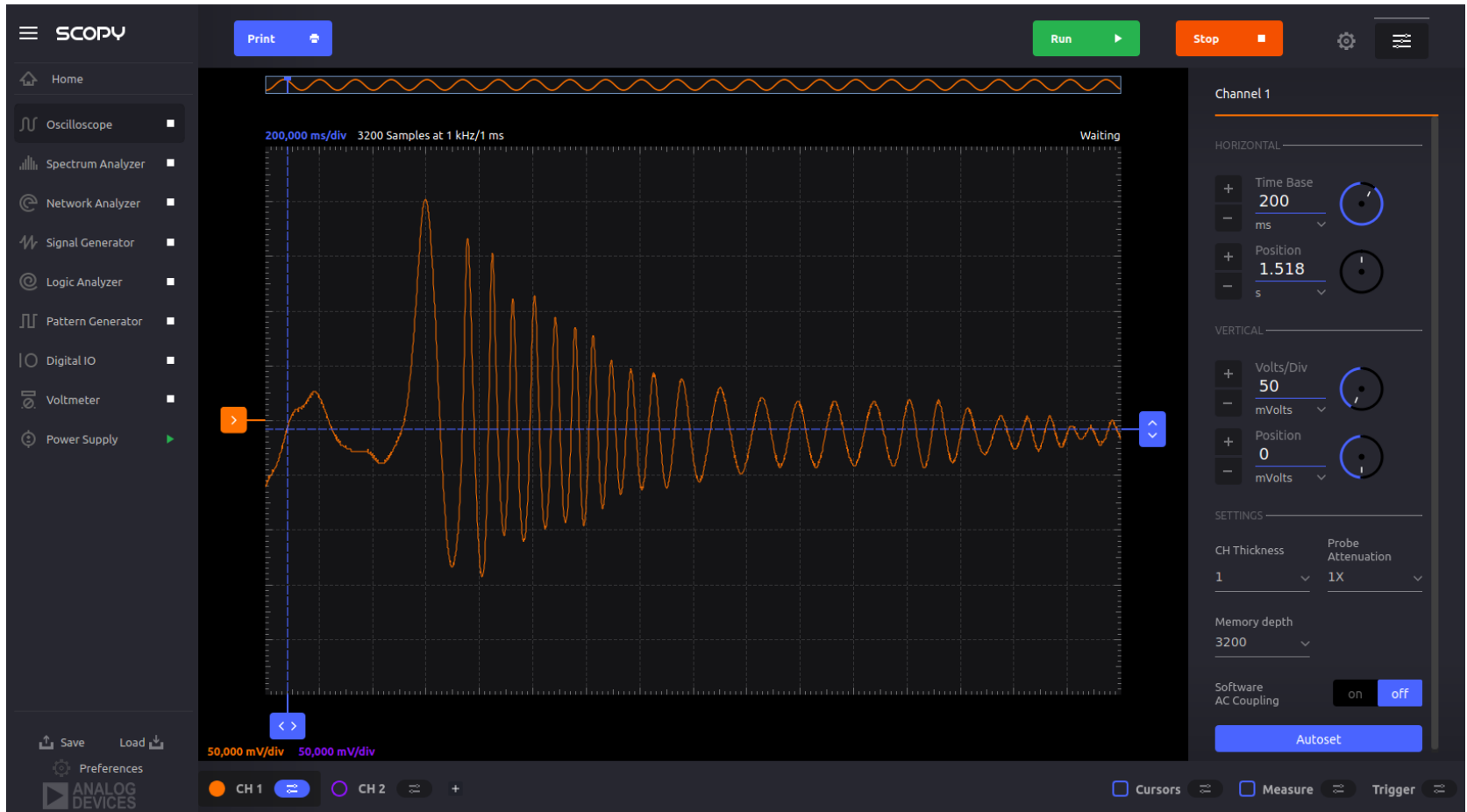
$$v = \sqrt{2gH}$$

**Les forces de frottement
sont considérées
comme nulles**

Cible qui se rapproche dans l'axe radar (signal IF)



Cible qui s'éloigne dans l'axe radar (signal IF)



Cible qui se déplace à 90° de l'axe radar (Signal IF)

