

DÉPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MATIÈRE  
ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE DE LYON  
46, AVENUE DES DOCTEURS  
69394 LYON CEDEX 07

ENS LYON

P0.59

# BANC HYPERFREQUENCE

Philips – Sivers Lab

## EXPÉRIENCE 1

# Etude de l'oscillateur Gunn

### OBJET

Se familiariser avec le fonctionnement d'un oscillateur à effet Gunn et mesurer quelques unes de ses caractéristiques.

### MATÉRIEL

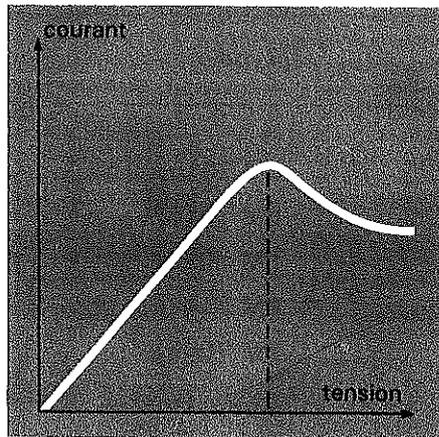
1	Alimentation pour oscillateur Gunn	PM 7815
1	Oscillateur Gunn	PM 7015X
1	Modulateur	PM 7026X/01
1	Isolateur à ferrite	PM 7045X
1	Fréquencemètre	PM 7070X/bg
1	Atténuateur variable	PM 7110X
1	Atténuateur calibré	PM 7101X
1	Détecteur à cristal	PM 7195X
1	Pont bolométrique	PM 7841
1	Support de thermistance	PM 7201X
2	Support de guide	PM 7700
1	Étrier	PM 7701X
1	Étrier	PM 7702X
1	Adaptateur BNC/BANANE	PM 9051
1	Cable BNC	SL 80254
1	Support	SL 80300
1	Voltmètre continu	
1	Milliampèremètre	
1	Oscilloscope	

Voir aussi la description des composants pages 20 etc.

### THÉORIE

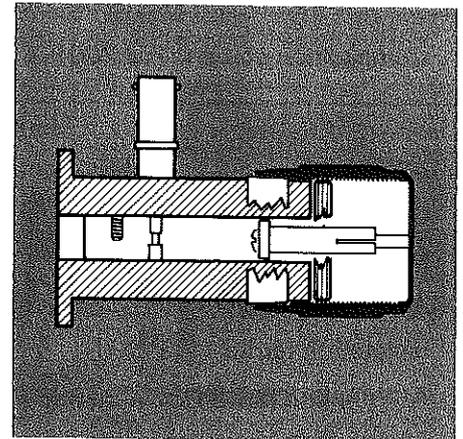
L'oscillateur Gunn est appelé ainsi du nom du chercheur britannique J. B. Gunn, qui étudia les effets des champs électriques élevés dans les semi-conducteurs. Quand il mesura la caractéristique tension-courant de l'Arseniure de Gallium (GaAs) il découvrit des oscillations à très haute fréquence lorsque le champ électrique appliqué était de l'ordre de 2000 V/cm—ses propres termes étant:

*'... when I pushed the electric field up to the neighbourhood of 1000 to 2000 V/cm something entirely unexpected happened. Instead of a simple variation of current with voltage, all hell broke loose - the current started to jump up and down in a completely irregular way that very much resembled electrical noise except that the amplitude was much greater than could be accounted for by any noise mechanism I knew of. The current variations were of the order of amperes rather than the nanoamperes you ordinarily see.'*



1. Caractéristique tension courant d'une diode à effet Gunn

Comme aucune information n'existait sur ces oscillations, le comportement de la tension et du courant se présentait comme indiqué fig. 1. A la tension  $V_0$  le GaAs commençait à se conduire comme une résistance négative. Gunn fit de nombreuses expériences et arriva à la conclusion que ce phénomène n'était pas un "effet tunnel"—l'effet tunnel dans une diode se produit au niveau des contacts, mais l'effet Gunn est un effet "bulk" (= volume) soit quelque chose se produisant dans toute l'étendue d'une région. D'autres expériences avec de petits (0,2 mm) échantillons de GaAs ont conduit à des oscillations périodiques plus régulières. Gunn réussit également à mesurer le champ électrique à l'intérieur du cristal comme une fonction du temps et de la distance. Ces expériences donnèrent une très bonne représentation de l'effet Gunn. Une perturbation à la cathode donne une augmentation de la région du champ élevé qui se déplace vers l'anode. Quand ce domaine de champ élevé atteint l'anode, il disparaît et un autre domaine se forme à la cathode, se déplace à nouveau vers l'anode et ainsi de suite. Le temps nécessaire à son déplacement de la cathode à l'anode (temps de transit) donne la fréquence de l'oscillation, par exemple: un cristal court oscille à une fréquence plus élevée qu'un cristal long. Ceci est une description très schématique de l'effet Gunn. Pour plus de détails consulter les ouvrages donnés en référence.

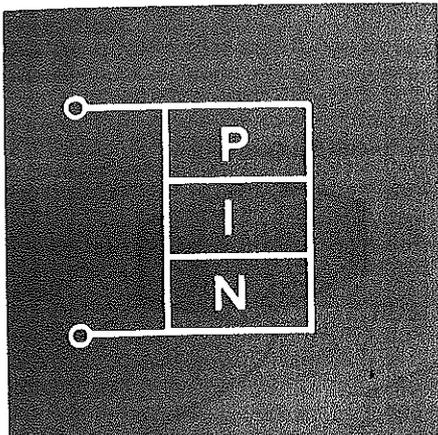


2. Oscillateur Gunn PM 7015X

Pour utiliser l'oscillateur Gunn, la diode doit être placée dans un circuit résonant, une cavité en guide d'ondes ou coaxiale. Dans ce cas la fréquence est déterminée par la cavité plus que par la diode elle-même. Le mode de fonctionnement n'est plus maintenant exactement le "mode du temps de transit". Il est possible de faire osciller la diode à une fréquence plus haute ou plus basse que la fréquence propre "transit" de la diode.

La diode Gunn peut être modulée en impulsions par l'alimentation. Toutefois, il est rare d'obtenir ainsi une bonne modulation. Ceci est dû à la variation d'impédance de la diode en fonction de la température dans le cristal. Une autre solution possible pour moduler un oscillateur Gunn consiste à moduler le signal hyperfréquence avec un modulateur à diode séparé. Ce système est composé dans sa forme la plus simple par un tronçon de guide équipé d'une diode en parallèle. L'impédance de la diode varie avec sa tension d'alimentation par exemple dans notre cas, avec une tension négative la diode présente une très faible impédance et ainsi réfléchit le signal et avec une tension positive la diode a une impédance très élevée et n'a pas d'effet sur le signal dans la ligne de transmission.

Ainsi si l'alimentation est par exemple un signal rectangulaire polarisant la diode positivement et négativement le signal hyperfréquence sera modulé en signaux carrés. Si le modulateur est bon,



2a. Diode pin

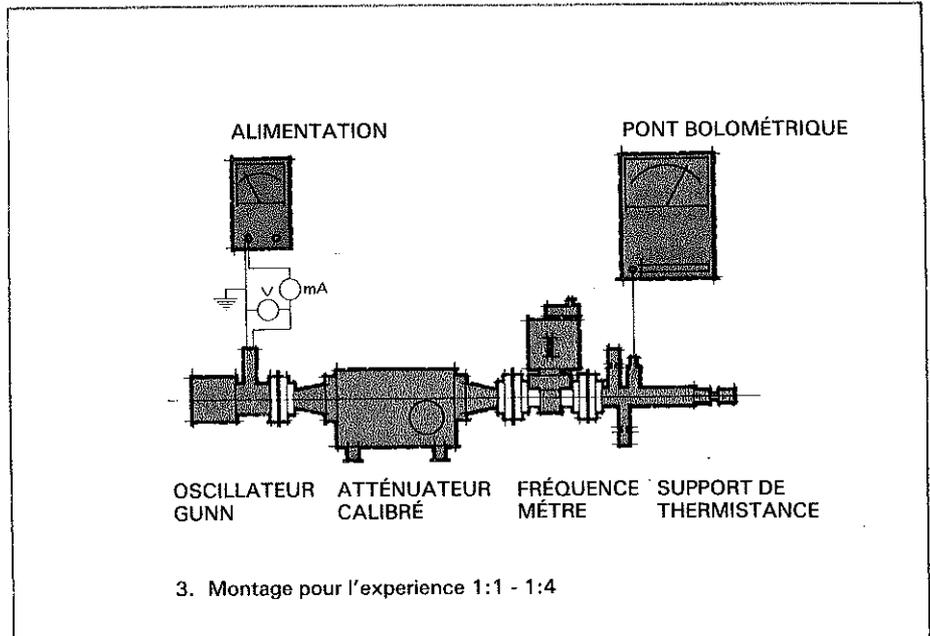
toute la puissance sera réfléchi pendant une demie période.

Pour protéger l'oscillateur Gunn de cette puissance réfléchi, il est indispensable de placer un isolateur entre l'oscillateur Gunn et le modulateur.

Il existe des diodes Gunn spéciales, fortement dopées pour la modulation d'impulsions (doping = introduction de matériaux étrangers dans le GaAs).

La LSA diode (Limited Space charge accumulation) est une diode pouvant produire des puissances très élevées, quelques diodes de ce type ont fourni plusieurs kW en bande X (autour de 9 GHz). La diode Gunn est un système très prometteur, il peut aujourd'hui produire des oscillations très stables et à très faible bruit à des puissances variant entre 10 mW et 500 mW.

La fréquence peut varier entre quelques GHz jusqu'à 100 GHz. Dans le bas de cette gamme, la diode Gunn est en concurrence avec les transistors. Maintenant beaucoup d'oscillateurs Gunn disponibles travaillent en bande X et en bande Ku (entre 7 et 18 GHz) leurs applications sont par exemple: comme oscillateurs locaux dans les stations radars, émetteurs basse puissance. Les avantages des oscillateurs Gunn étant leur faible poids, leurs petites dimensions, leur alimentation basse tension et leur longue durée de vie.



3. Montage pour l'expérience 1:1 - 1:4

## MANIPULATION

### 1. Préparation

- 1.1. Avant de monter l'équipement montré fig. 3, appuyer sur le bouton gauche du panneau avant de l'alimentation de l'oscillateur Gunn, en faisant ainsi on déconnecte l'alimentation (bouton de gauche) et la sélection de la gamme de tension (bouton de droite).
- 1.2. Monter l'équipement et mettre l'atténuateur au maximum d'atténuation.
- 1.3. S'assurer que l'oscillateur Gunn est correctement connecté à la sortie BNC marquée "GUNN-OSC" sur l'alimentation.
- 1.4. Tourner le bouton de l'alimentation à fond dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. Position C.W.
- 1.5. Mettre en service l'alimentation.
- 1.6. Régler l'oscillateur Gunn approximativement sur 9,5 GHz. Ne pas changer ce réglage avant l'opération 4.2.

### 2. Caractéristiques courant-tension

- 2.1. Faire varier la tension par bonds de 1 V, noter et reporter le courant correspondant sur le tableau 1. NE PAS DEPASSER 9 VOLTS.

- 2.2. Utiliser les résultats pour tracer un diagramme avec la tension sur l'axe des X et le courant sur l'axe des Y. Comparer avec la figure 1.

### 3. Puissance de sortie et fréquence en fonction de la tension

*Remarque:* l'étudiant est présumé être familiarisé avec les mesures de puissance traitées à l'expérience 2.

- 3.1. Mettre sous tension le pont bolométrique et régler son zéro sur la gamme 1 mW (atténuateur au maximum).
- 3.2. Régler la tension de l'alimentation à 9 volts.
- 3.3. Diminuer l'atténuation pour obtenir une déflexion moyenne sur le pont bolométrique.
- 3.4. Adapter le support de thermistance pour obtenir une déviation maximum.
- 3.5. Diminuer la tension et l'atténuation jusqu'à zéro, ensuite faire varier la tension par bonds de 1 V jusqu'à ce que l'on observe une déviation sur le pont bolométrique.
- 3.6. Obtenir une déviation max. en accordant le support de thermistance. Noter et reporter sur le tableau 1 la puissance indiquée: A 2.
- 3.7. Tourner le fréquencemètre pour obtenir le "dip" d'absorption sur l'indication du pont bolométrique. Noter et inscrire la fréquence.

- 3.8 Désaccorder le fréquencesmètre d'au moins 50 MHz.
- 3.9 Refaire les mesures 3.6 à 3.8 tous les volts jusqu'à 9 volts.

*Remarque:* Lorsqu'il est nécessaire d'utiliser la gamme 10 mW sur le pont bolométrique, il peut être également nécessaire d'utiliser l'atténuateur pour obtenir une déviation dans l'échelle. Dans ce cas noter et reporter l'atténuation.

- 3.10 Utiliser les résultats pour tracer deux diagrammes, l'un donnant la puissance en fonction de la tension et l'autre la fréquence en fonction de la tension.

**4. Puissance de sortie en fonction de la fréquence**

- 4.1 Régler la tension sur la valeur donnant le maximum de puissance de sortie de l'oscillateur Gunn à environ 9,5 GHz (max. 9 V), maintenir la tension à cette valeur.
- 4.2 Régler l'oscillateur Gunn à 8,5 GHz. Mesurer la puissance et la fréquence (comme en 3.6-3.7). Reporter sur le tableau.
- 4.3 Amener l'oscillateur Gunn sur 9 GHz et mesurer la puissance et la fréquence. Reporter sur le tableau II.
- 4.4 Répéter ces mesures à 9,5, 10,0 et 10,5 GHz.
- 4.5 Tracer le diagramme donnant la puissance en fonction de la fréquence.

**5. Modulation en signaux carrés**

- 5.1 Faire le montage de la fig. 4.
- 5.2 Avant la mise en service de l'alimentation, s'assurer que le potentiomètre est tourné à fond dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.
- 5.3 Mettre l'alimentation en service et régler la tension de l'oscillateur Gunn sur 8 volts.
- 5.4 Régler l'oscillateur Gunn à 9 GHz.
- 5.5 Régler l'atténuateur variable sur environ 20 dB et l'atténuateur calibré à zéro.
- 5.6 Mettre on service la modulation (bouton droit).
- 5.7 Mettre l'amplificateur vertical de l'oscilloscope sur le couplage DC et ajuster le gain pour que le bas du signal carré se positionne à 4 divisions au-dessus de la ligne de base.

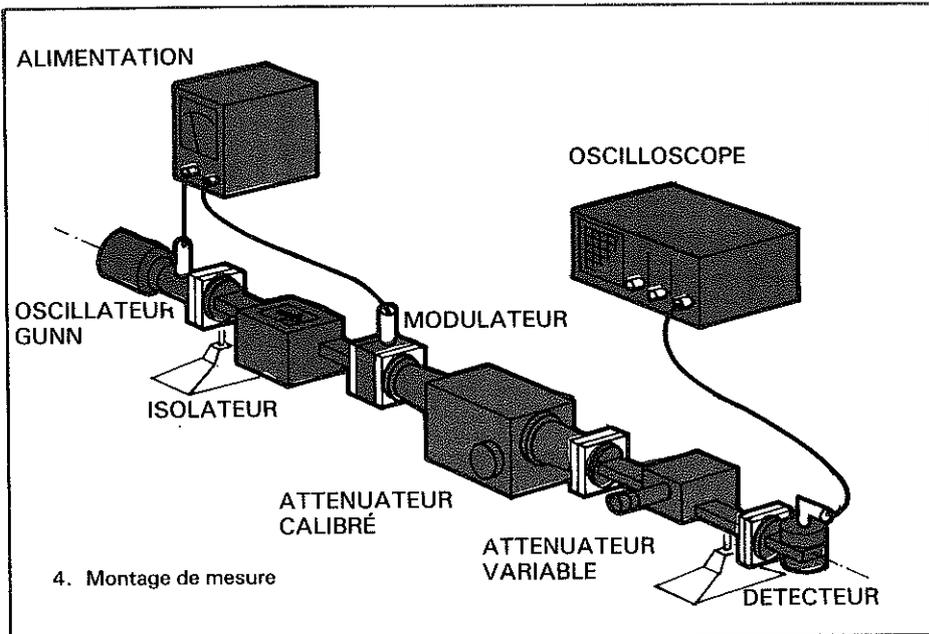


Tableau 1

Tension gunn	Courant mA	A <sub>2</sub> dB	Frequence MHz	Observations
9				
8				
7				
6				
5				
4				
3				
2				
1				

- 5.8 Ajuster l'atténuateur calibré de façon à positionner le sommet du signal carré à 4 divisions au-dessus de la ligne de base. Noter l'atténuation indiquée, celle-ci étant la profondeur de modulation.

- 2. L'oscillateur Gunn PM 7015X et le klystron PM 7011X délivrent des puissances comparables aux mêmes fréquences. Comparer les deux oscillateurs en fonction de:
  - l'alimentation
  - Possibilités de modulation
  - Dimensions.

**QUESTIONS**

- 1. Calculer le rendement de l'oscillateur Gunn (puissance hyperfré-

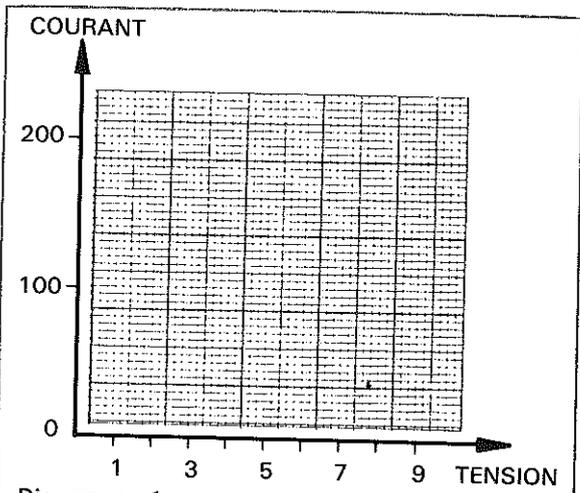


Diagramme 1.

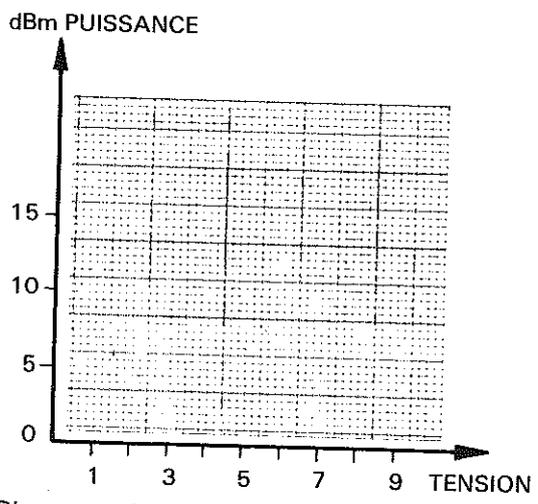


Diagramme 2.

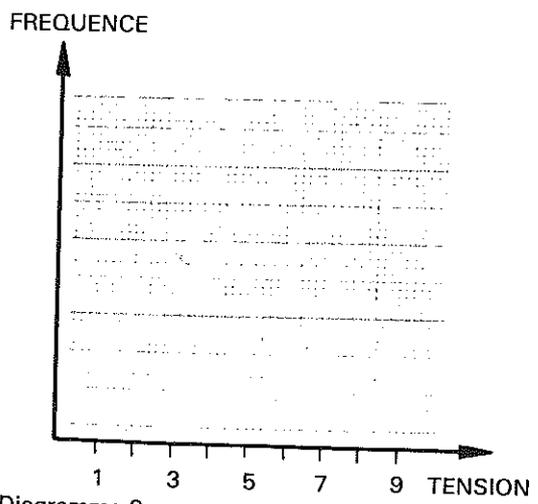


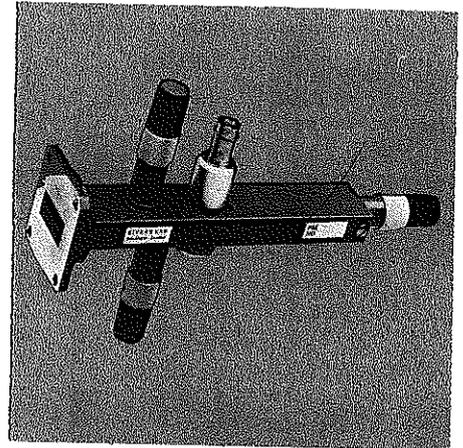
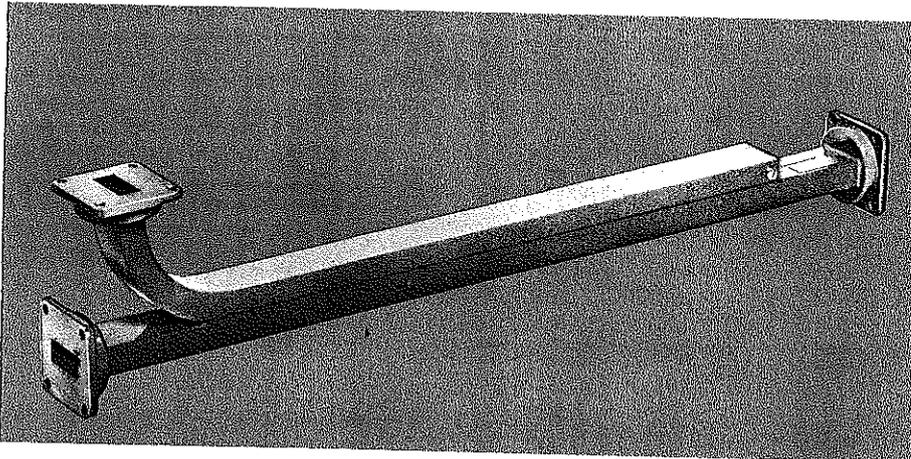
Diagramme 3.

$V_0 = \dots\dots\dots$  Volt  
 $I_{max} = \dots\dots\dots$  mA  
 = Longueur diode  $\dots\dots\dots$  d  
 = champ electrique =  
 $V_0/d = 3.2 \cdot 10^5$  V/m  
 $d = \frac{V_0 \cdot 10^6}{3.2 \cdot 10^5}$  um =  $\dots\dots\dots$  um  
 Pushing  $\dots\dots\dots$  MHz/V

## Description des composants

### Coupleur directif

### Support de thermistance



Le coupleur directif multitrous est composé d'un assemblage de deux tronçons de guide formant le bras principal et le bras secondaire. Les trous de couplage sont ménagés dans la paroi commune entre les deux tronçons de guide. Une des extrémités du guide secondaire est terminée sur une charge adaptée.

Le coupleur directif est traité en détail dans l'expérience 3.

#### Caractéristiques Type PM 7241X

Gamme de fréquence: *8,2-12,4 GHz.*  
Facteur de couplage: *10 dB ± 0,4 dB.*  
Directivité: *> 40 dB.*  
TOS du bras principal: *max. 1,05.*

Ce support est constitué d'un tronçon de guide comportant une thermistance l'adaptation étant effectuée par un piston de court-circuit variable derrière la thermistance et deux sondes réglables devant la thermistance.

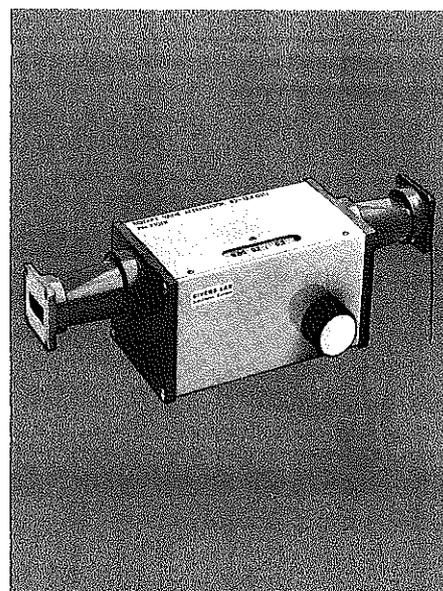
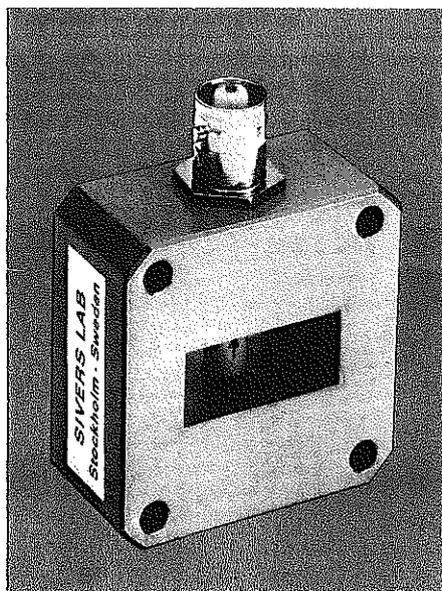
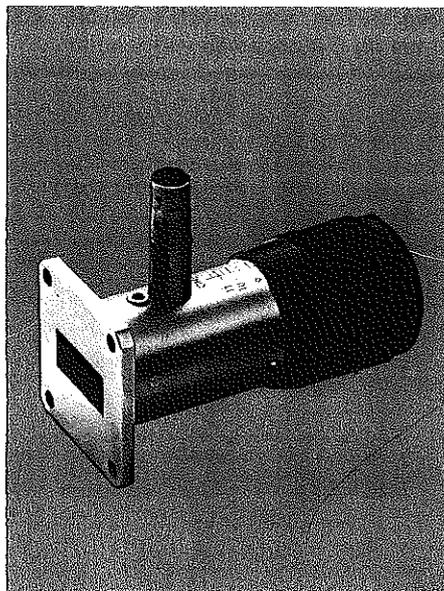
#### Caractéristiques Type PM 7201X

Gamme de fréquence: *8,5-11 GHz.*  
Puissance: *max. 10 mW.*  
TOS: *< 1,10.*  
Sortie: *BNC femelle.*

## Oscillateur Gunn

## Modulateur

## Atténuateur calibré



Cet oscillateur comporte une diode Gunn montée dans une cavité en guide d'ondes accordable. L'alimentation basse tension est appliquée par connecteur BNC femelle. L'oscillateur à effet Gunn est traité en détail dans l'expérience I.

### Caractéristiques Type 7015X

Gamme de fréquence: 8,5 à 10,5 GHz.  
accord mécanique.

Puissance de sortie: 10mW, au milieu de la bande.

Alimentation: tension négative 7-9 volts continus  
courant 100-150 mA.

Le modulateur consiste en un tronçon de guide d'ondes comportant une diode montée dans l'axe de guide. La diode présente une grande impédance lorsque le modulateur est alimenté par une basse tension positive et une impédance très faible lorsque cette tension est négative. L'alimentation PM 7815 est prévue pour alimenter le modulateur en signaux carrés.

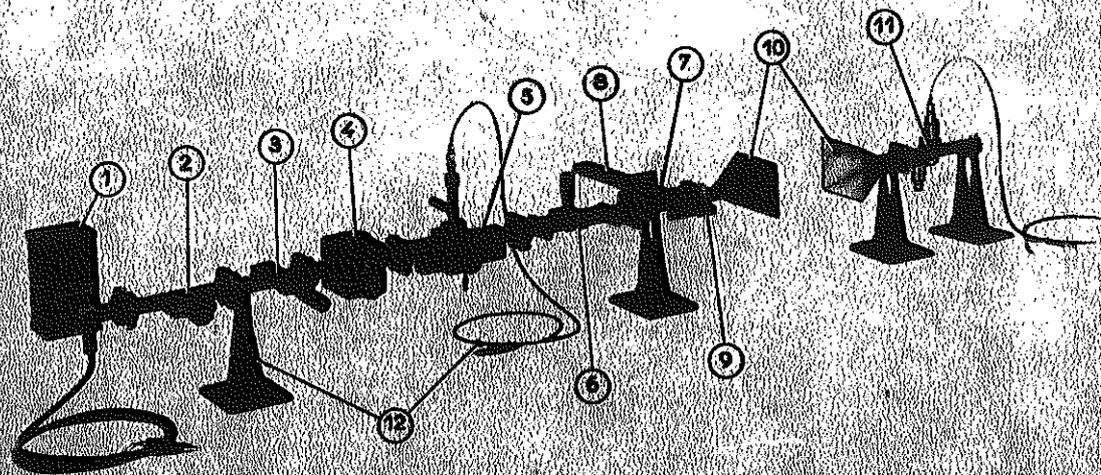
### Spécifications Type PM 7026X/01

Gamme de fréquence: 8,5-10,0 GHz  
Profondeur de modulation: > 50 %

Cet atténuateur de haute précision est composé de deux transitions guide rectangulaire, guide circulaire séparées par un tronçon de guide circulaire. Chaque section est équipée d'une lame résistive. Celles des transitions fixes sont perpendiculaires au champ électrique. Celle de la partie circulaire peut tourner d'un angle  $\alpha = 90^\circ$  par rapport aux transitions fixes, l'atténuation est proportionnelle  $\cos^2 \alpha$

### Caractéristiques Type PM 7101X

Gamme de fréquence: 8,2-12,4 GHz.  
Gamme d'atténuation: 0-60 dB.  
Précision: 0-10 dB: 0,1 dB.  
10-40 dB: 2 % de la lecture.  
50-60 dB: 3 % de la lecture.  
Perte d'insertion: max. 0,75 dB.  
TOS: max. 1,15.



L'ensemble du banc de mesure 3 cm type 775 comprend :

- ✓ - un montage oscillateur MK \_\_\_\_\_ 1
- ✓ - un atténuateur variable AV \_\_\_\_\_ 2
- ✓ - un odémètre OR \_\_\_\_\_ 3
- ✓ - un atténuateur variable étalonné AC \_\_\_\_\_ 4
- ✓ - une ligne de mesure SM \_\_\_\_\_ 5
- ✓ - un correcteur d'impédance CR \_\_\_\_\_ 6
- ✓ - un coupleur directif CD \_\_\_\_\_ 7
- ✓ - deux charges adaptées RF \_\_\_\_\_ 8
- ✓ - une transition guide/coaxial TGC \_\_\_\_\_ 9
- ✓ - deux cornets AN \_\_\_\_\_ 10
- ✓ - un montage détecteur MC \_\_\_\_\_ 11
- un jeu d'accessoires \_\_\_\_\_ 12
- une plaque court-circuit CC

