

Comment le transistor a ouvert la voie aux technologies radioélectriques modernes

Ph. Dupuis, M. Joindot, A. Gilloire
APAST Pleumeur-Bodou

Introduction

- L'invention du transistor quarante ans après celle de la triode
- Une invention des Bell Labs en déc 47
- Impact sur la radio
 - dès 1955 sur la radio grand public
 - les CI imposent le numérique (années 70)
 - impact plus tardif sur l'émission et la réception radio au dessus de 5 GHz

Année 1948 : grande année technologique du 20 ème siècle

- Invention du transistor (annonce du 30 juin 1948)
- Avènement de la théorie des communications

Electronics, jan 1948

« The opportunity is open to conquer new worlds in communication technology...

relative value of AM, FM, PTM and PCM ? »

researchers : A. Clavier, C. Earp, S. Goldman, J. Laplume, C. Shannon, W. Tuller, N. Wiener.

Le groupe de recherche sur les composants à l'état solide des Bell Labs

- Melvin Kelly crée un « groupe semiconducteurs » en 1936 et le relance en 1946
- W. Shockley, J. Bardeen et W. Brittain inventent le transistor en déc 1947
- Pas d'impact sur le grand public. Par contre impact fort chez les professionnels

Plusieurs années pour en faire un composant industriel

- Purification des cristaux de germanium et silicium
- Transistor à jonction n-p-n (Shockley)
- Transistor allié (RCA)
- Technique planaire (Texas, Fairchild)

BELL LABORATORIES SERIES

**ELECTRONS
AND HOLES IN
SEMICONDUCTORS**

**WITH APPLICATIONS TO
TRANSISTOR ELECTRONICS**

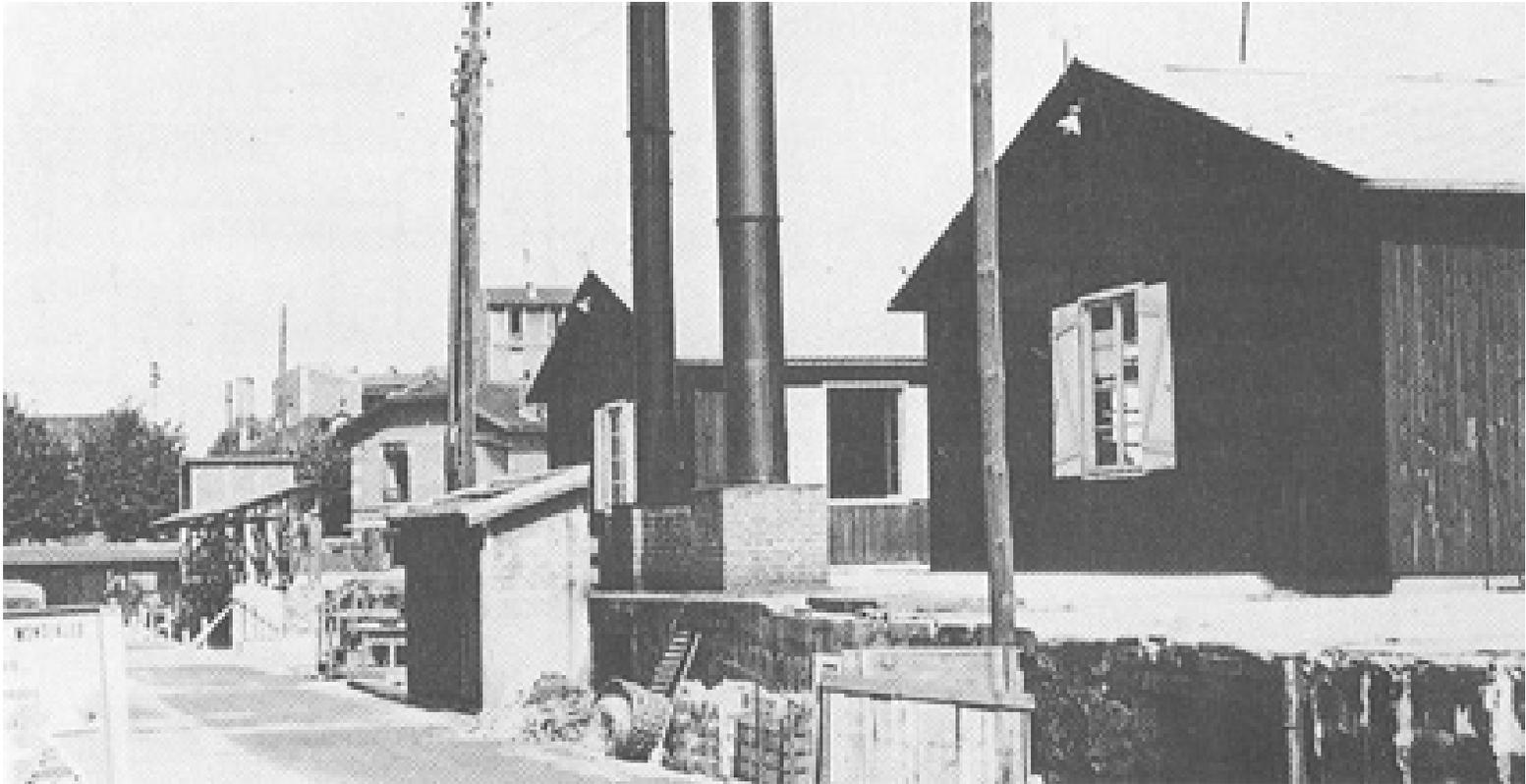
WILLIAM SHOCKLEY, Ph. D.

MEMBER OF THE TECHNICAL STAFF
BELL TELEPHONE LABORATORIES

A comprehensive introduction to the important new field of transistor electronics—from basic principles to application. Written in the clearest and most logical terms—requiring no previous detailed knowledge of quantum theory to serve as a basic text or a guide for electrical engineers, physicists, designers, and students.

« They have little groups in all sorts of rat holes , farm houses, cheese factories, and jails in the Paris suburbs.
They are all young and eager »

Lettre de Holden à Shockley, mai 1949

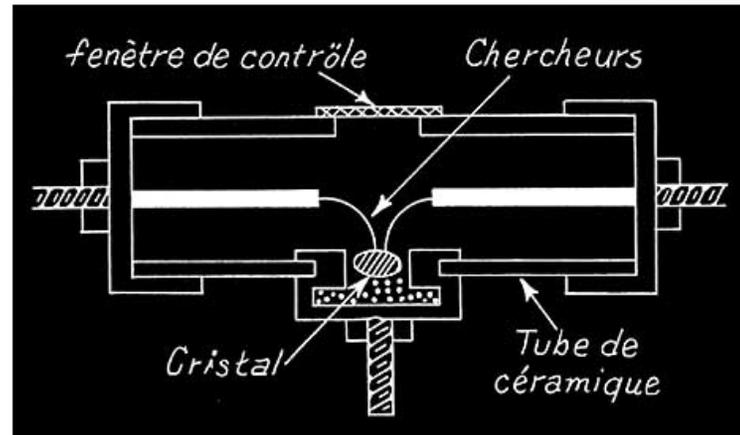
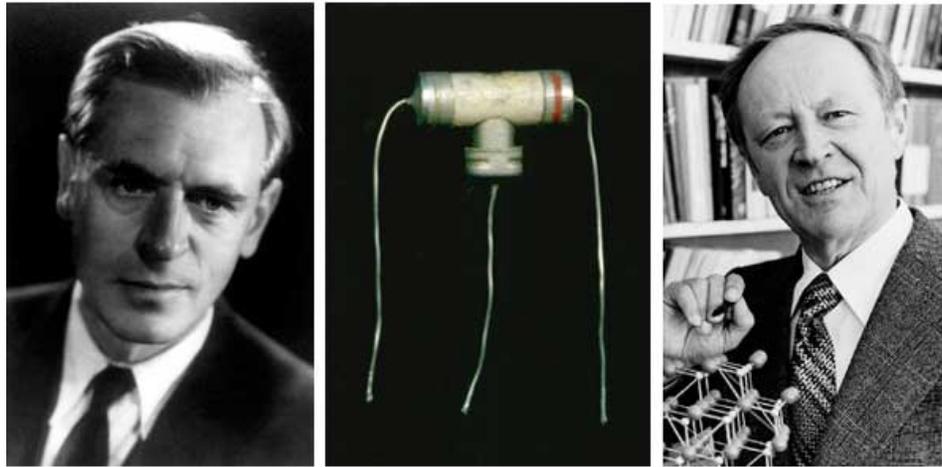


L'affaire du transistron

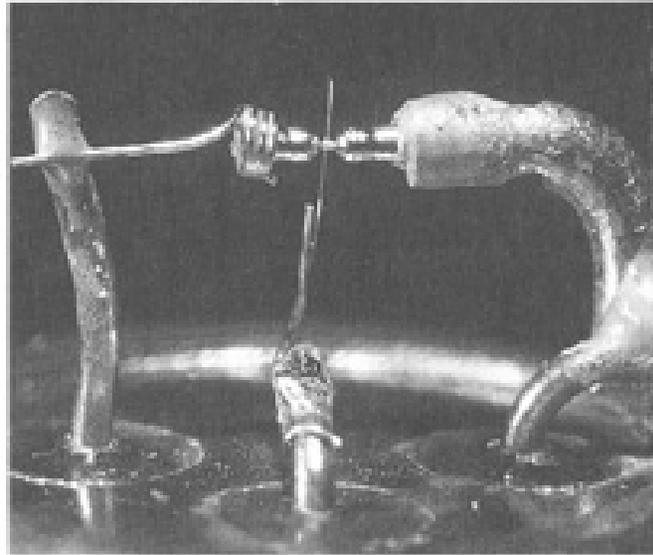
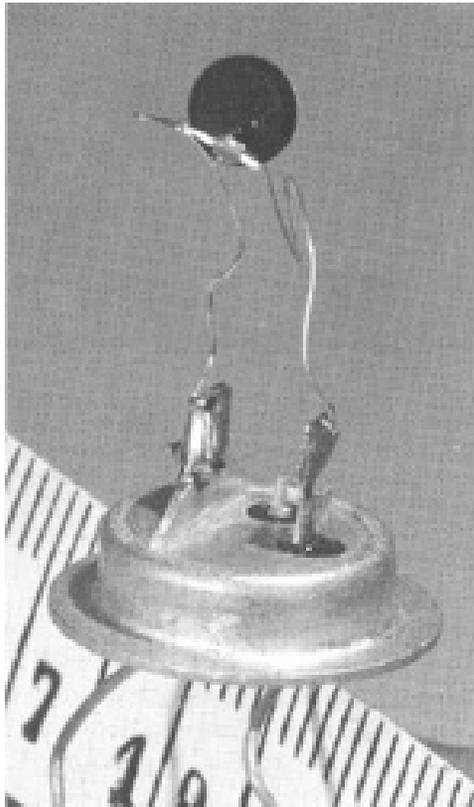
- Dès juillet 1948 P. Marzin et René Sueur agissent : brevet français déposé en août
- À Aulnay sous Bois H. Welcker et H. Mataré passe d'une recherche sur une duo-diode micro-onde au transistron
- Juin 1949 annonce de la réalisation d'un transistron
- Début 2000 H. Mataré revendique une invention indépendante du transistor

H. Mataré et H. Welcker

Transistron



Réalisations françaises de transistor :
transistor SOTELEC A (allié germanium) 1957
technetron CNET (100 MHz) 1958



Premières démonstrations de récepteurs à transistor, notamment Intermetall

1953 ?



Postes récepteur radio : accélération de la fabrication « grand public »

- la radio, premier média électronique
dès les années 30
- apparition des premiers postes à transistor en
1955-56 (CSF premier fabricant français)
- apparition des premiers portables personnels
(entrée de Sony sur le marché)
- une certaine automatisatisation de la fabrication
surtout aux USA : circuits imprimés (idée des
années 30), premières machines de placement
automatique des composants vers 1955.

sur le transistor

pas de guerre des brevets

- Les brevets ont joué un grand rôle dans les Télécoms
- De nombreuses batailles ont eu lieu sur le Strowger, la réception hétérodyne...
- Certains chercheurs déposent de nombreux brevets tel Nyquist et ses 138 brevets
- Les Bell Labs obligés d'accorder largement des licences à des conditions favorables
- Les brevets CNET sur le transistor inutiles

Deux grands inventeurs au laboratoire LMT
(plus tard LCT) :

André Clavier faisceaux hertziens (1929)

Alec Reeves codage-multiplexage PCM (1938)



Réunion de Toulon (sept-oct 1941)

A.Clavier

J.Dauvin



P.Marzin

R. Villeneuve

P.David

G.Lange



P.Labat

Cl.Rouleau

Cap.C.Bras

Le prénumérique de 1938 à 1964

- Le début : brevets de **Reeves** (PAM, PTM, PPM, PCM)
- Parmi les pionniers du prénumérique (autour de 1950)
 - **Pierre Aigrain**, 2 ans au LCT (PABX en PAM)
« faire du PCM avec les composants de l'époque ce n'était pas possible »
 - **André Pinet** au CNET (hertzien par impulsions)
« l'idée de modulation codée existait depuis très longtemps, mais elle n'était pas réalisable »
- La fin du prénumérique :
les premiers circuits intégrés (DTL-TTL)

Premières transistorisations de faisceaux hertziens

En France

- en 1955 « trois voies léger » de SFR-CSF en PPM avec des transistors CSF :
transistorisation du multiplexeur et de l'alimentation à découpage du klystron
- en 1958 12 voies en PAM

Montée en débit spectaculaire

En laboratoire

- 1964 : 2 Mbit/s
- 1974 (guide d'ondes) : 560 Mbit/s

puis transmission par fibre optique

- Fin des années 80 : 2,5 Gbit/s
- Début années 2000 : 40 Gbit/s
- 2006 (ECOC) : 160 Gbit/s

GSM

à partir de 1985 : définition du système

- Compression de la parole (LPC)
- Modulation robuste (GMFSK)
- Accès multiple TDMA/FDMA-FH
- Egalisation numérique
- Optimisation des voies de signalisation radio (à partir expériences E10 et RITA)
- Poids des premiers terminaux : 2 kg

Vers la radio logicielle

- Modulation à grand nombre d'états
(MAQ 16 à 140 Mb/s en 1978)
- Egalisation adaptative
- Modulation complexe de type OFDM
toujours sur des signaux en bande de base

Numérisation de la porteuse modulée :
la radio logicielle

Satellite Telstar 1962

transmission TV Andover-Pleumeur Bodou

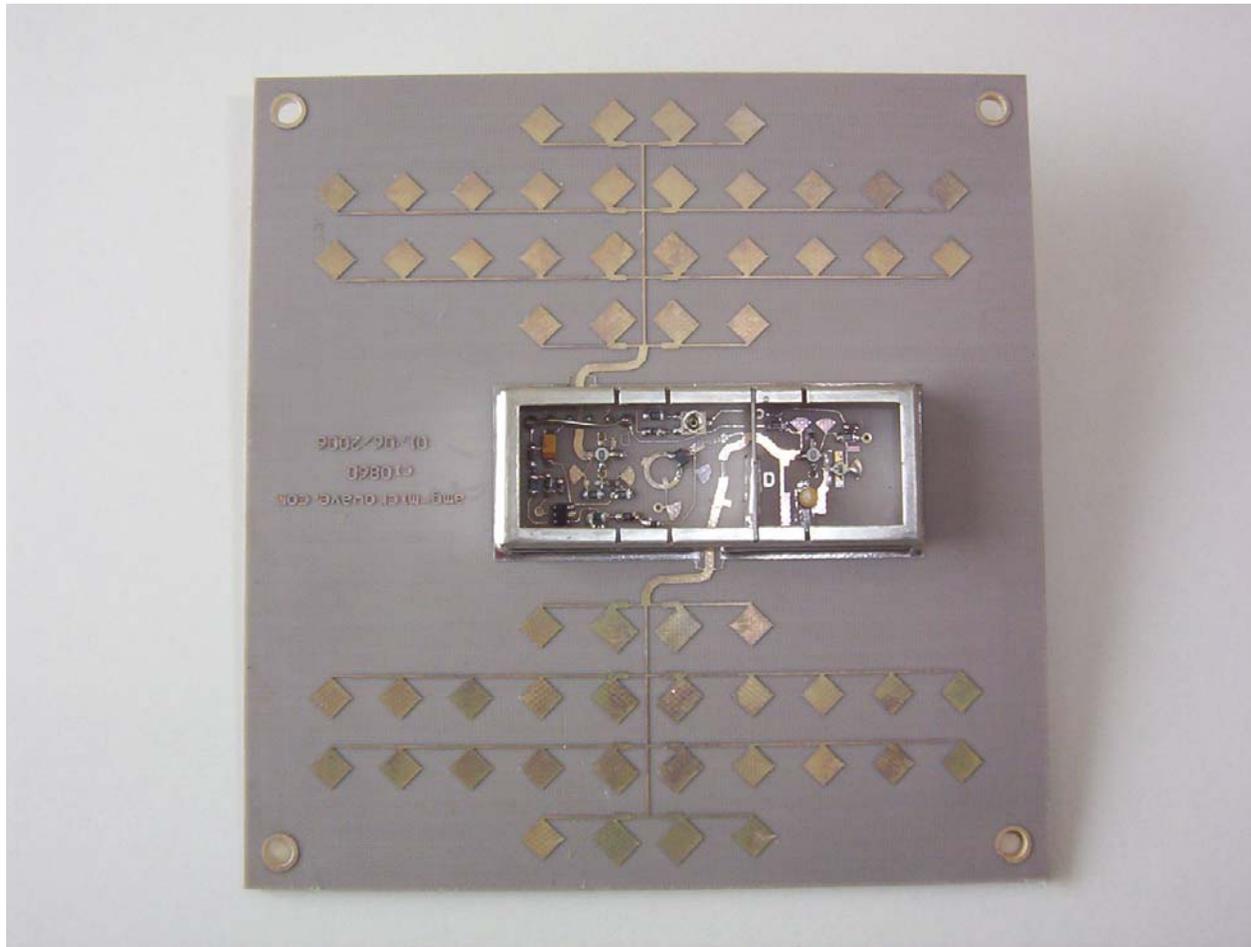
- 2000 transistors sur Telstar
 - Régulation électrique
 - Amplification en FI à 90 MHz
 - Fonctions de télécommande et télécontrôle
- Le spatial exige qualité et fiabilité

Montée en fréquence

- Composants longtemps coûteux en microondes
- Le FET AsGa permet le faible bruit
- Pour la moyenne puissance montée en fréquence continue

Les tubes à vide ont gardé une certaine place

Transistorisation tardive des capteurs Doppler à 24 GHz



Conclusion

- Le numérique a été inventé 25 ans avant que les circuits intégrés soient disponibles
- Reeves au LCT, Welcker et Mataré sous contrat du CNET : un début d'Europe des chercheurs ?
- Quelles nouvelles ruptures technologiques pour ouvrir la voie de la radio des futures années 20