Conception d'un modulateur de puissance large-bande à deux étages en technologie GaN

Abhijeet Dasgupta, Anthony Disserand, Tibault Reveyrand, Pierre Medrel, Philippe Bouysse et Jean-Michel Nébus

XLIM, UMR CNRS-7252, Université de Limoges

abhijeet.dasgupta@unilim.fr

Sommaire

- Topologie conventionnelle d'émetteurs

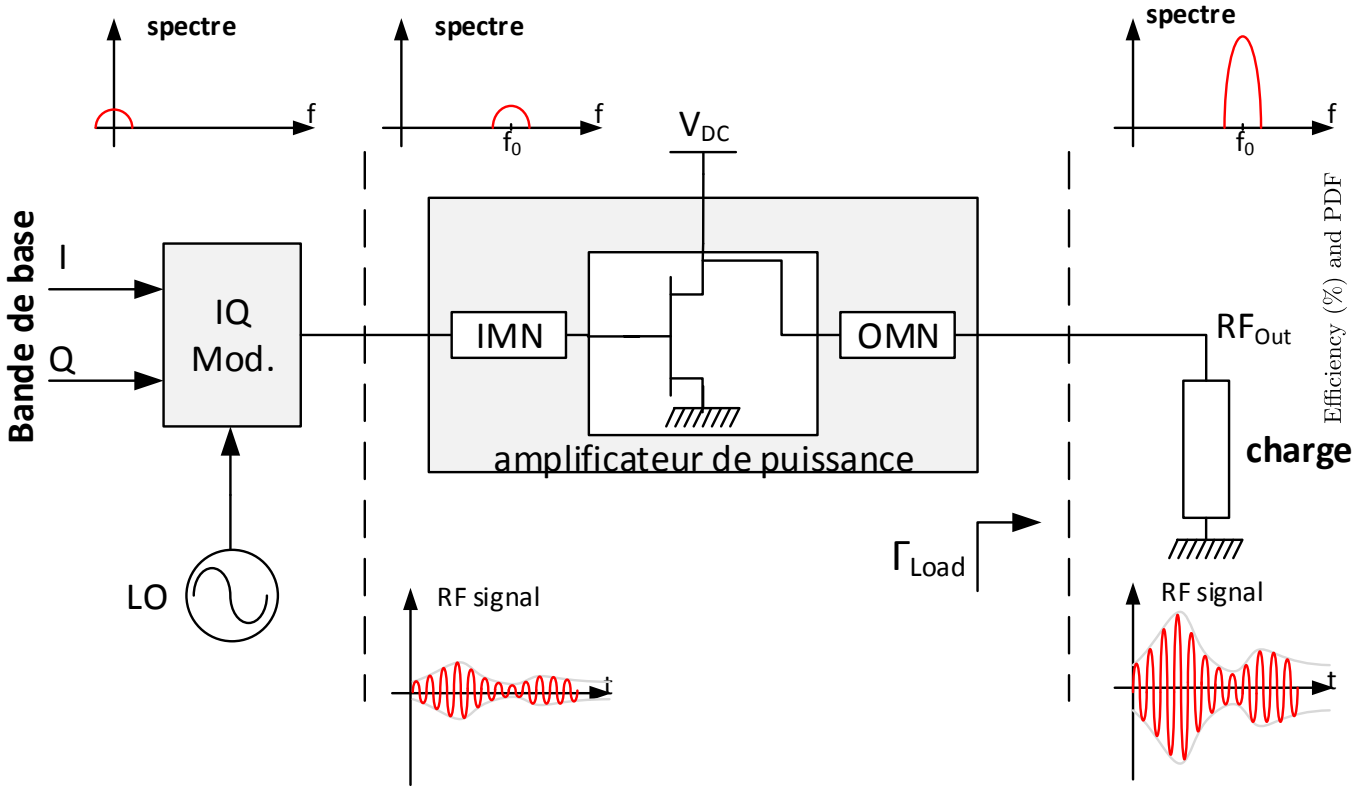
- Conversion DC-RF à haut rendement dans les transmetteurs RF

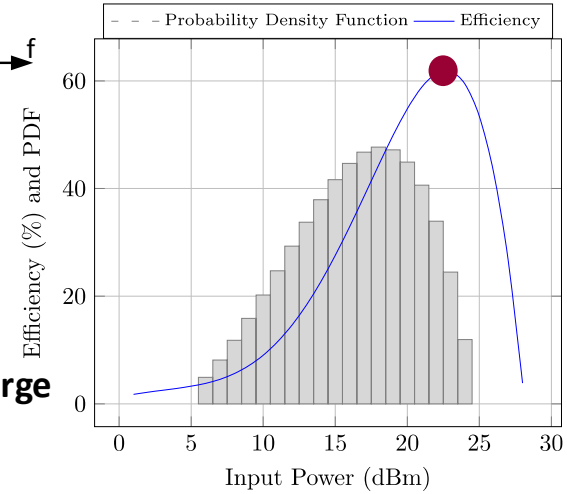
- Modulateur de puissance vectoriel basé sur la technologie GaN

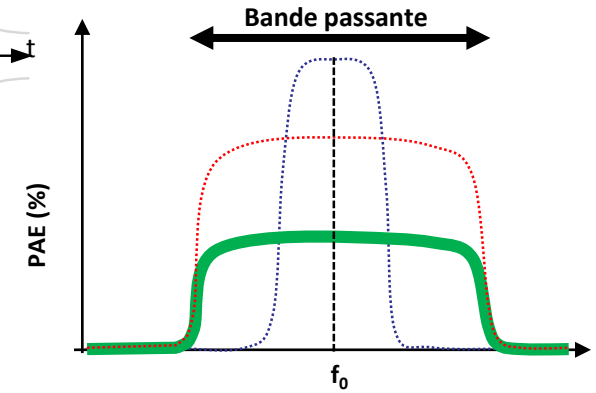
- Performances associées : résultats de simulation et de mesure

- Perspectives et applications

Topologie conventionnelle d'émetteurs



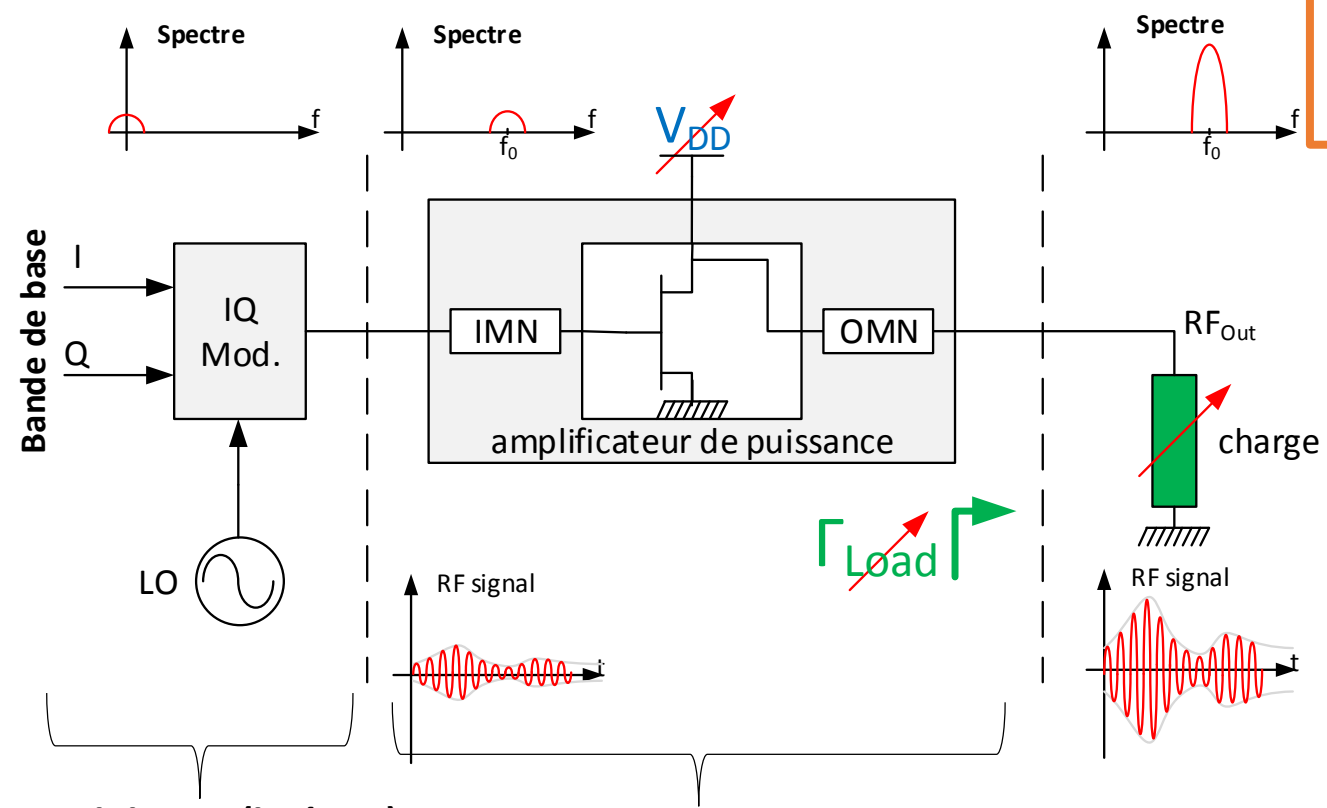




- **Il est possible d'avoir une bande de fréquence large, mais le rendement sera réduit en recul en puissance à cause du fort PAPR.**

Topologie conventionnelle d'émetteurs

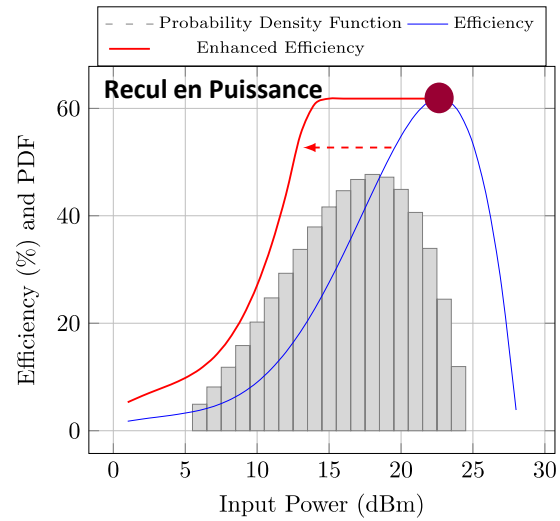
Solutions existantes au niveau du PA:
- **Modulation de charge.**
- **Modulation de polarisation.**

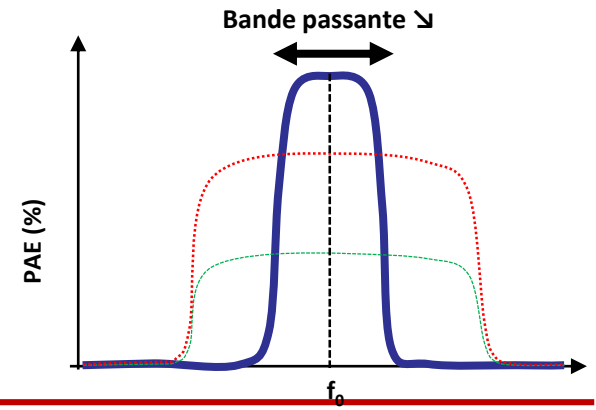


Modulation (linéaire) **Conversion d'énergie (non linéaire)**

Implémentées séparément

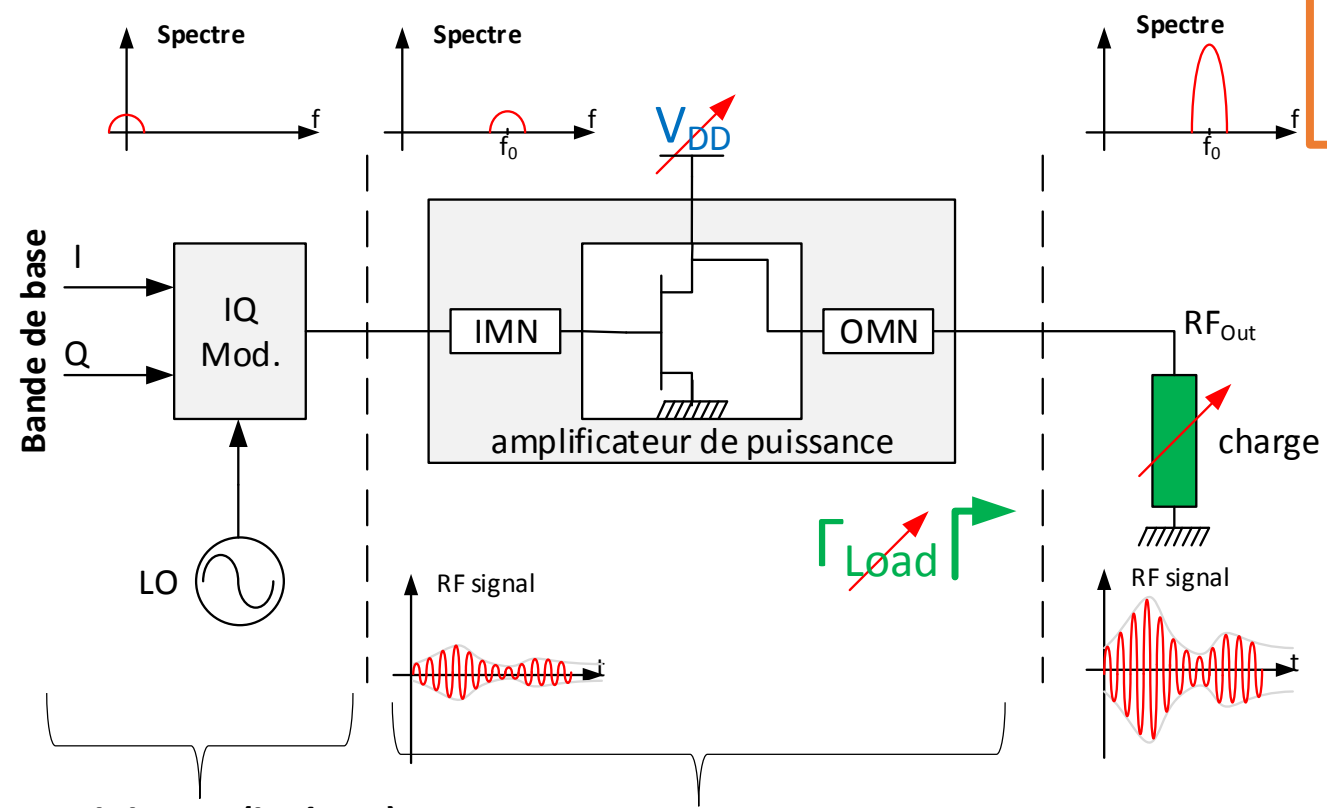
- **Ces méthodes permettent d'améliorer le rendement (sous back-off) mais sont contraignantes vis-à-vis de la bande passante.**





Topologie conventionnelle d'émetteurs

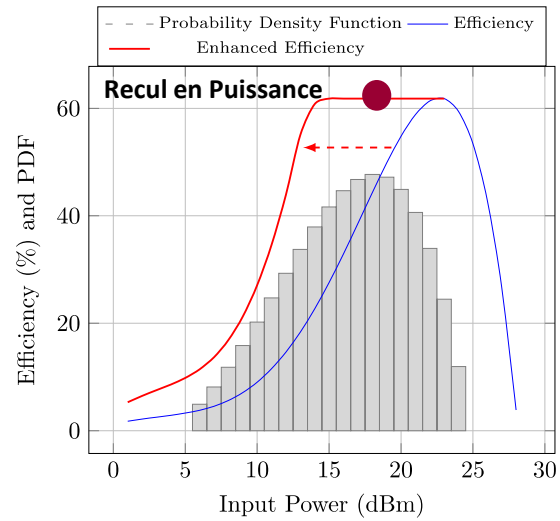
Solutions existantes au niveau du PA:
- **Modulation de charge.**
- **Modulation de polarisation.**

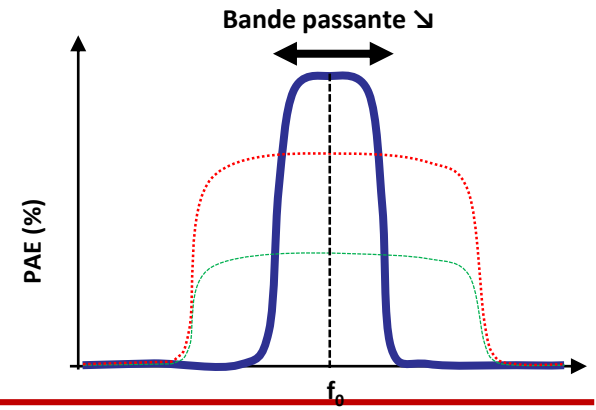


Modulation (linéaire) **Conversion d'énergie (non linéaire)**

Implémentées séparément

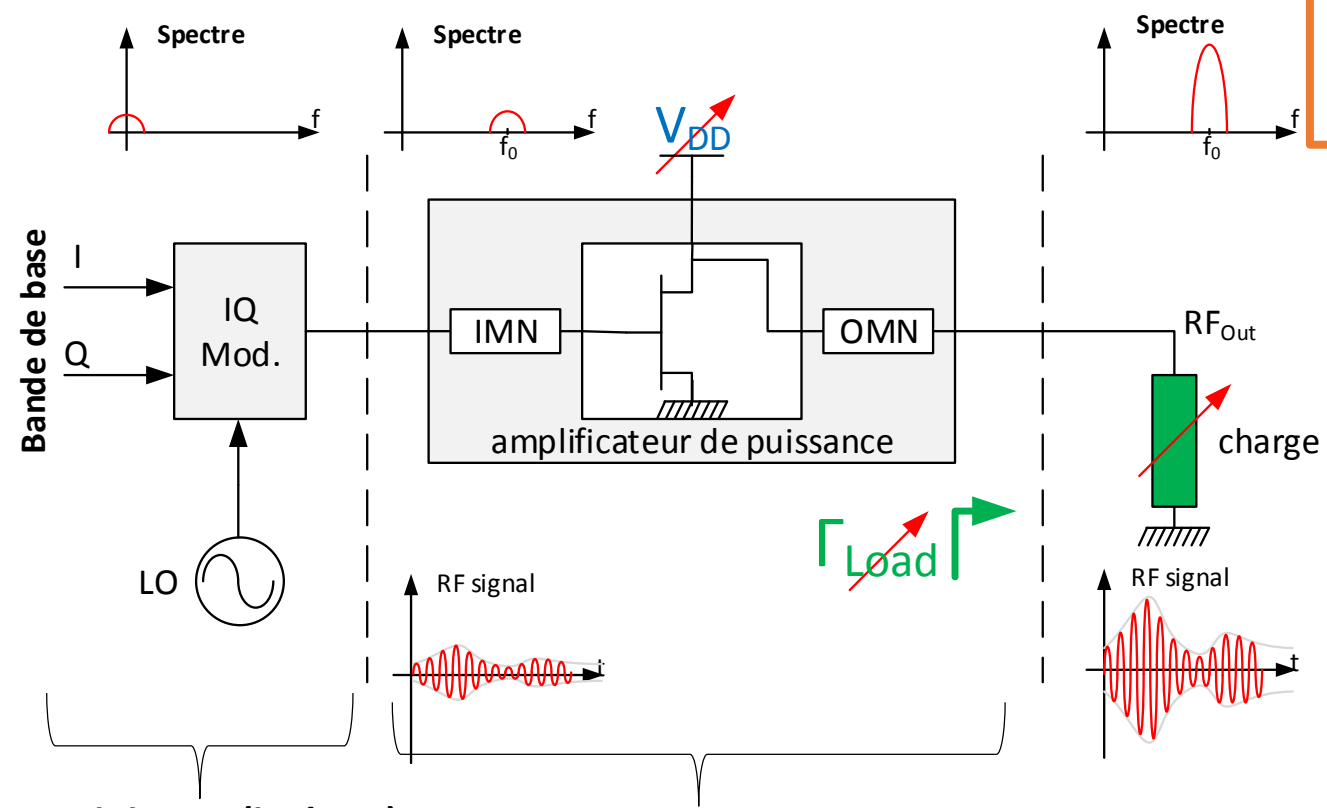
- **Ces méthodes permettent d'améliorer le rendement (sous back-off) mais sont contraignantes vis-à-vis de la bande passante.**





Topologie conventionnelle d'émetteurs

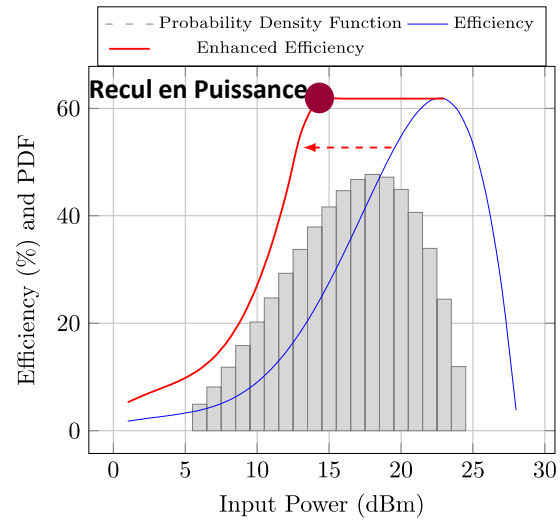
Solutions existantes au niveau du PA:
- **Modulation de charge.**
- **Modulation de polarisation.**

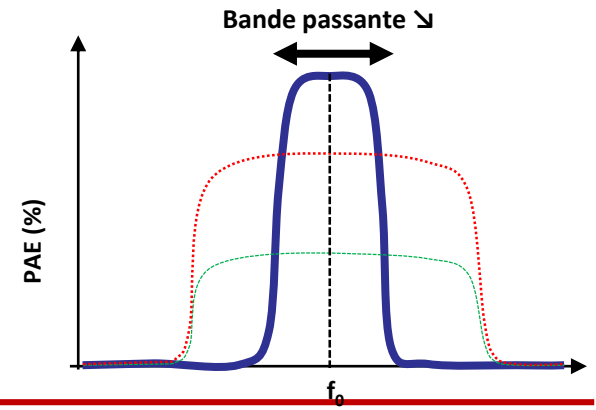


Modulation (linéaire) **Conversion d'énergie (non linéaire)**

Implémentées séparément

- **Ces méthodes permettent d'améliorer le rendement (sous back-off) mais sont contraignantes vis-à-vis de la bande passante.**





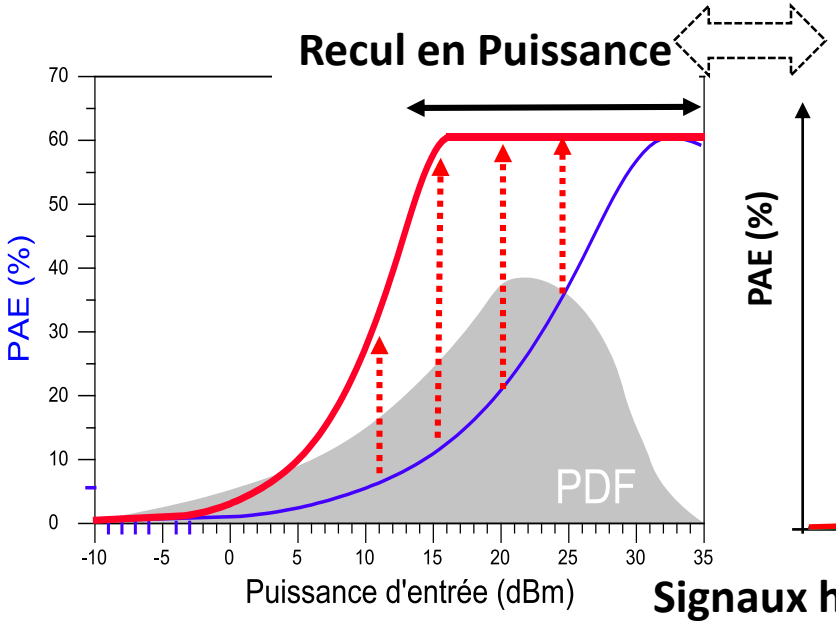
Résumé du problème

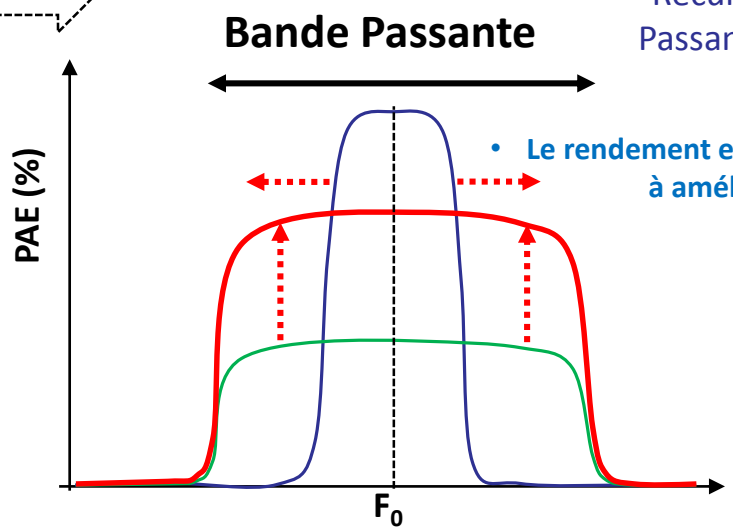
les contraintes sur l'étage d'amplification

Compromis Recul en puissance / Bande Passante

Objectif prioritaire:
- **Rendement Energétique (PAE)**

Sous contrainte de:
- Recul en puissance et Bande Passante (Back-off and bandwidth)





- **Le rendement et la bande passante sont difficiles à améliorer simultanément.**

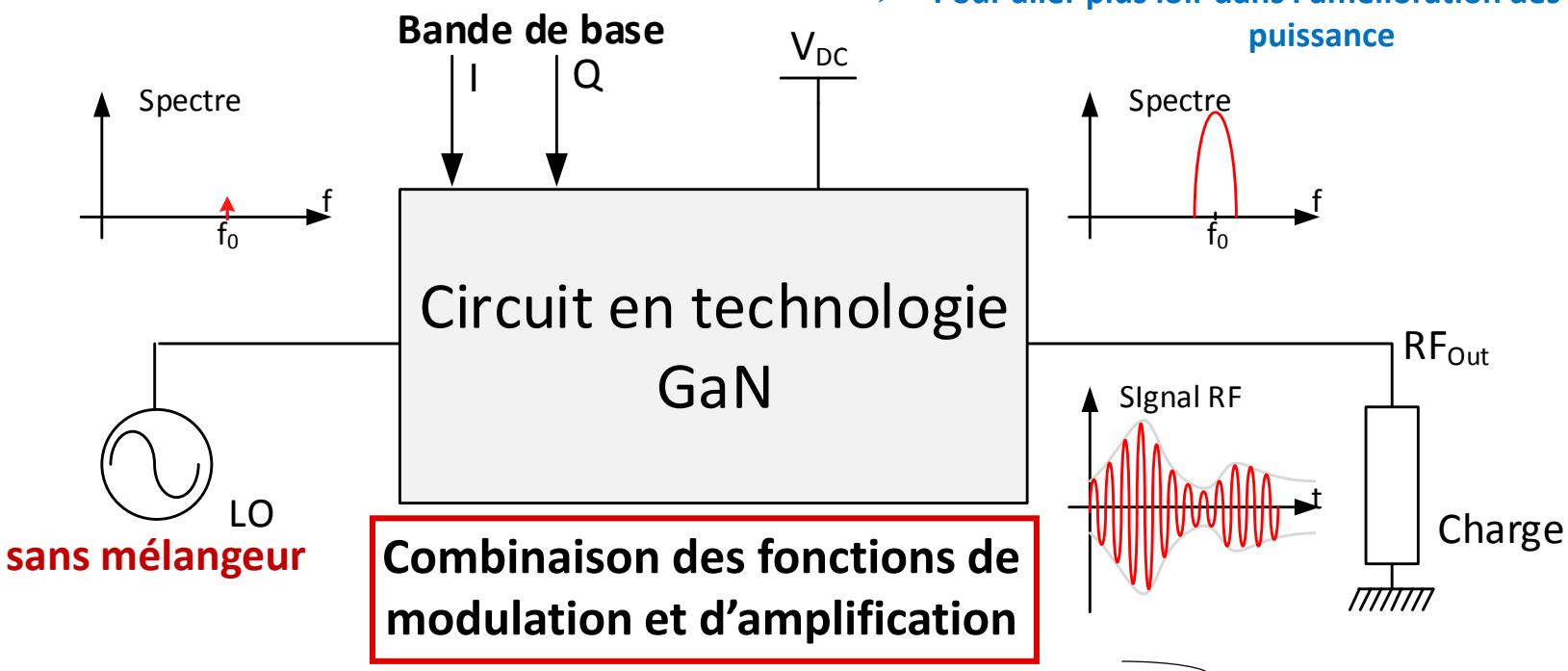
Signaux haute de PAPR

Spécifications Demandées:
- Plus de 10 dB de recul en puissance.
- Puissance de sortie de l'ordre de quelques dizaines de Watt
- Bande passante instantanée de 500 MHz en bande L, S ou C.

Ce compromis peut être amélioré avec la technologie GaN.

Modulateur de puissance proposé

➢ **Pour aller plus loir dans l'amélioration des étages de puissance**



sans mélangeur

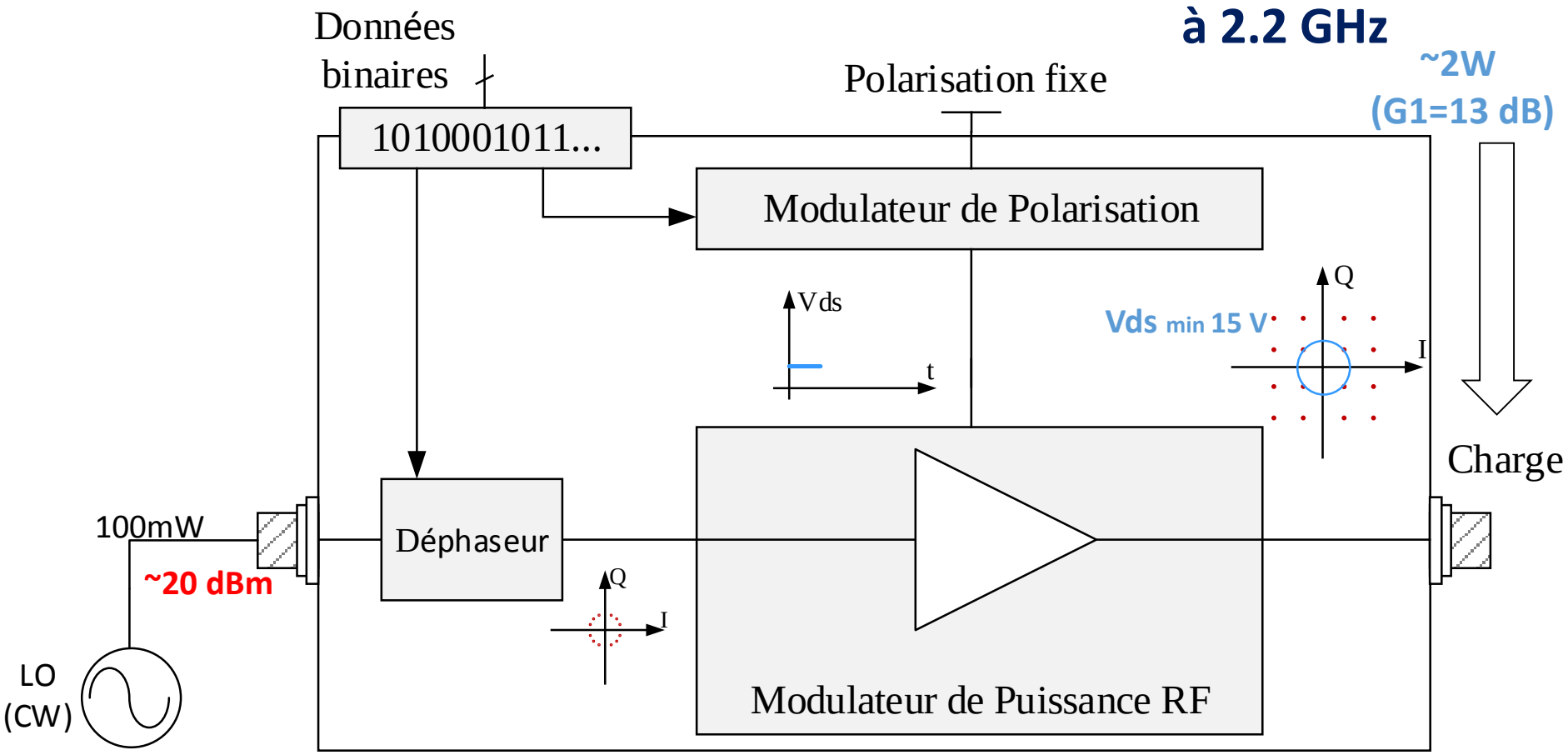
Combinaison des fonctions de modulation et d'amplification

Les spécifications sont :

- Puissance d'entrée constante.
- Le signal d'entrée est en bande de base (I/Q).
- Polarisation fixe.
- La sortie est un signal de puissance RF modulé.

circuit à gain variable saturé (SVG)

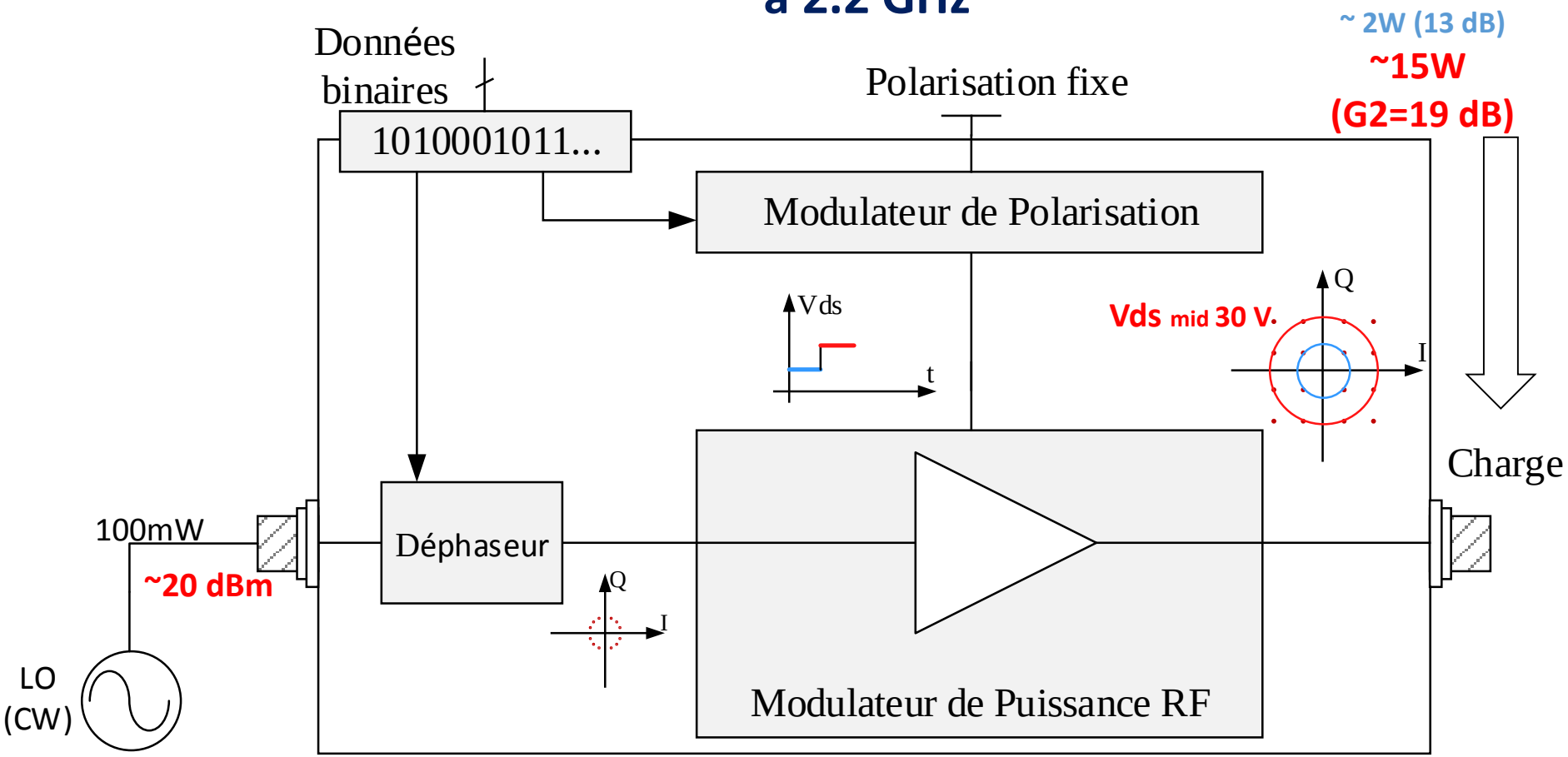
l'objectif : Combinaison des fonctions de modulation et de conversion d'énergie



- **Quand le modulateur de polarisation délivre une tension basse, Vdsmin = 15 V, la puissance d'entrée constante est convertie sur le plus petit cercle de la 16 QAM.**

l'objectif : Combinaison des fonctions de modulation et de conversion d'énergie

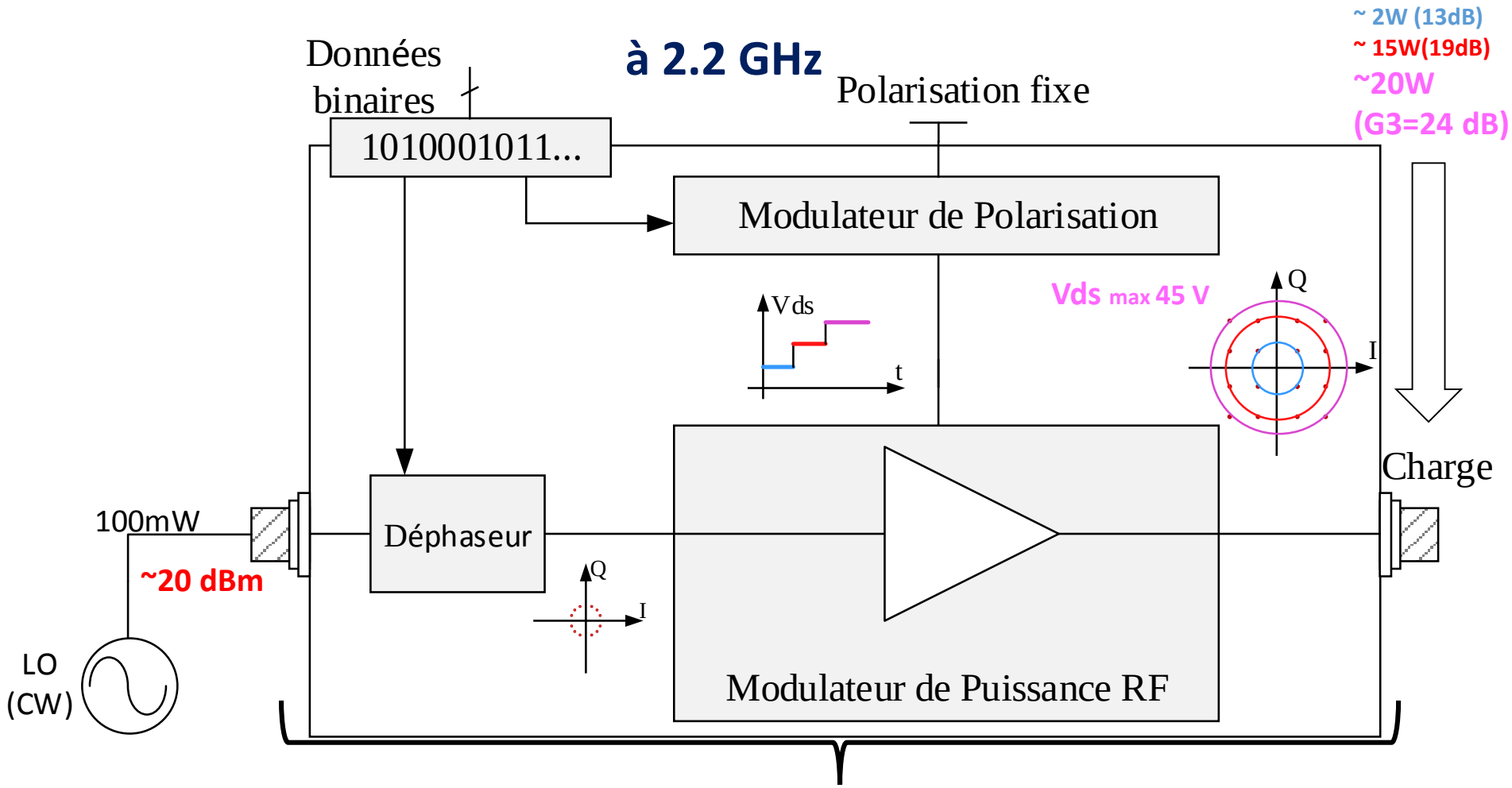
à 2.2 GHz



- **Quand le modulateur de polarisation délivre une tension basse, Vdsmid = 30 V, la puissance d'entrée constante est convertie sur le plus milieu cercle de la 16 QAM.**

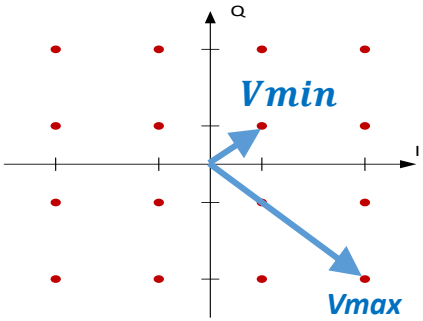
l'objectif : Combinaison des fonctions de modulation et de conversion d'énergie

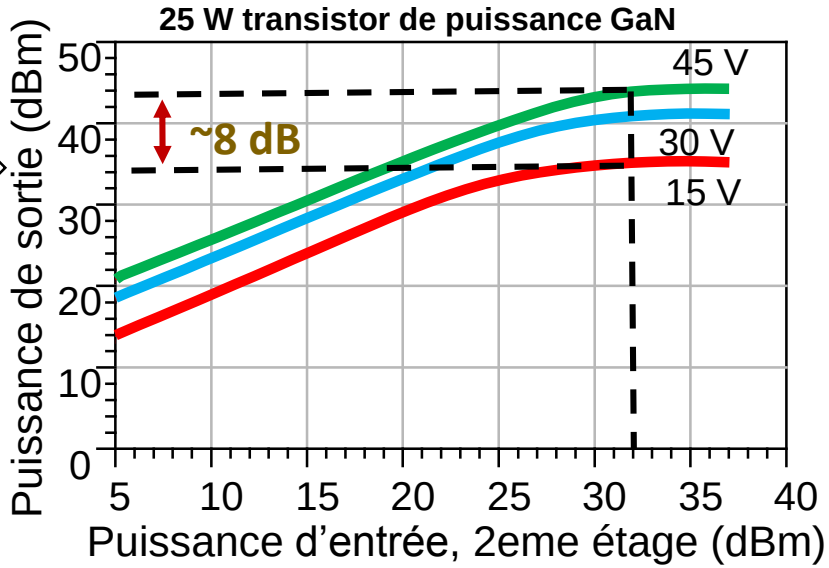
➢ **Le modulateur de puissance agit ici comme un amplificateur saturé à gain variable (SVG)**

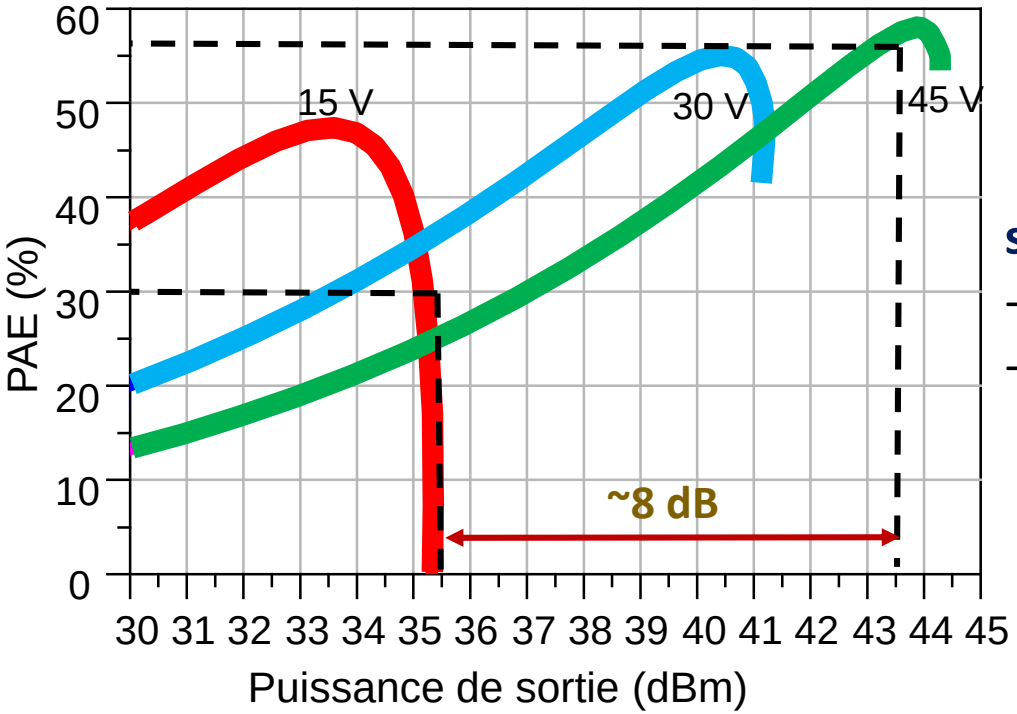


13 dB (15V) < G_{total} < 24 dB (45V) (on voit les 11 dB variations de gain ΔG=11 dB)

Niveaux d'énergies : critères







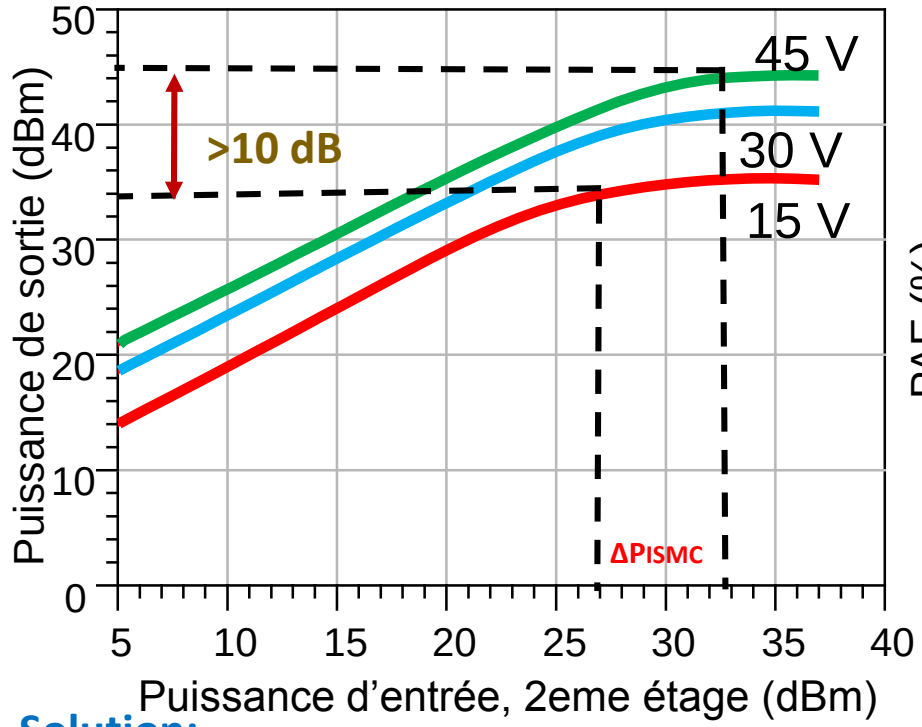
spécifications :

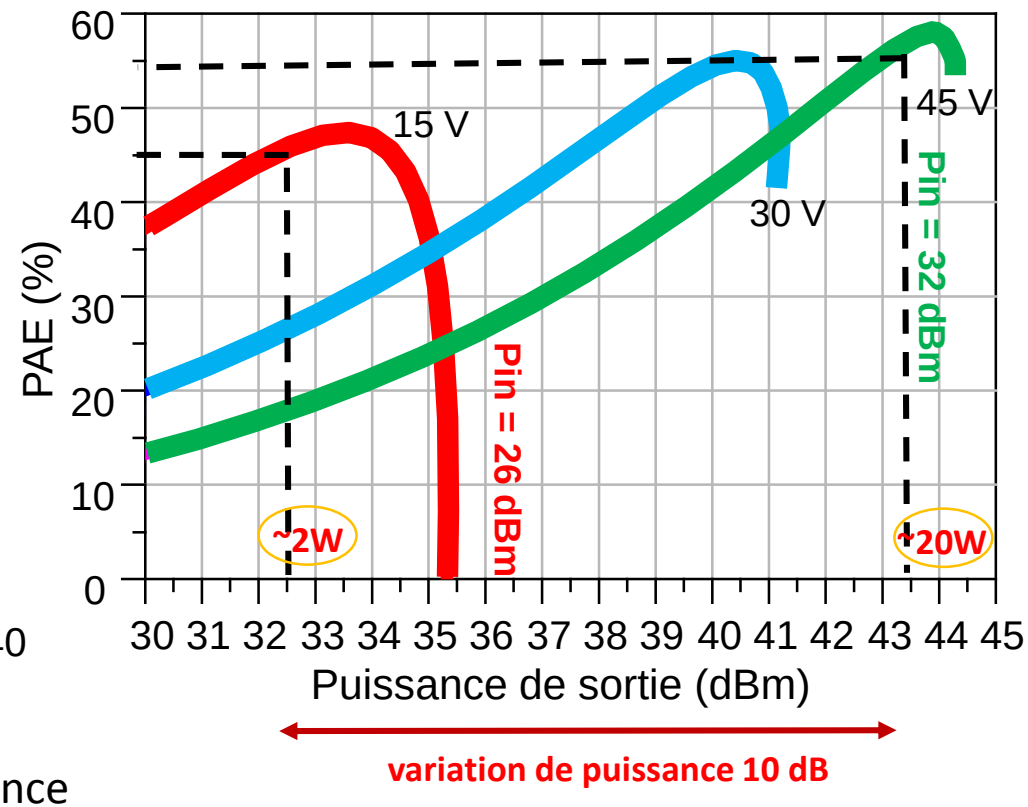
- Efficacité Energétique > (45-50 %).
- > 10 dB de recul en puissance.

sous contrainte de:

- Un seul étage de puissance ne peut pas remplir ces deux conditions simultanément.

Modulateur de puissance à deux étages





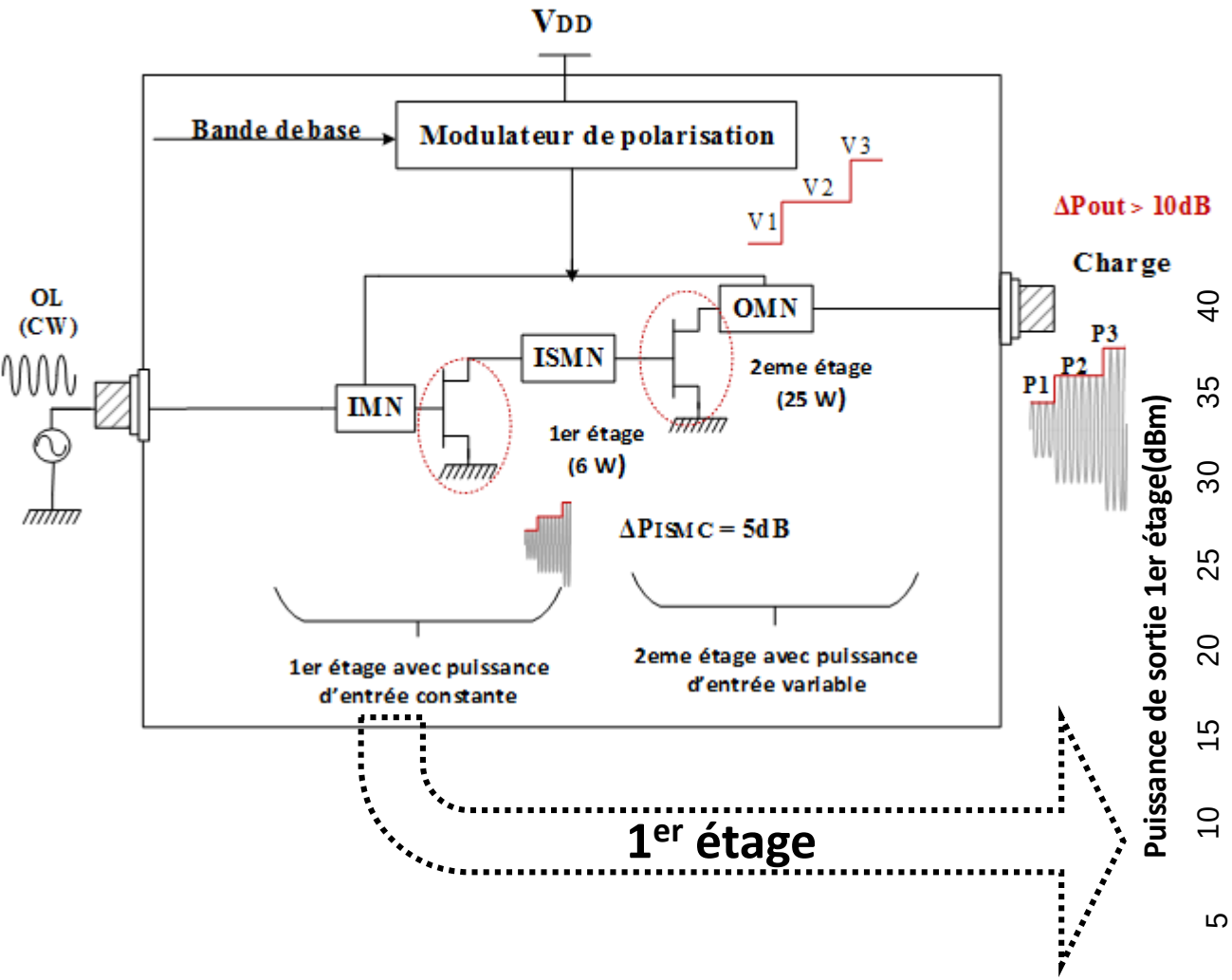
Solution:

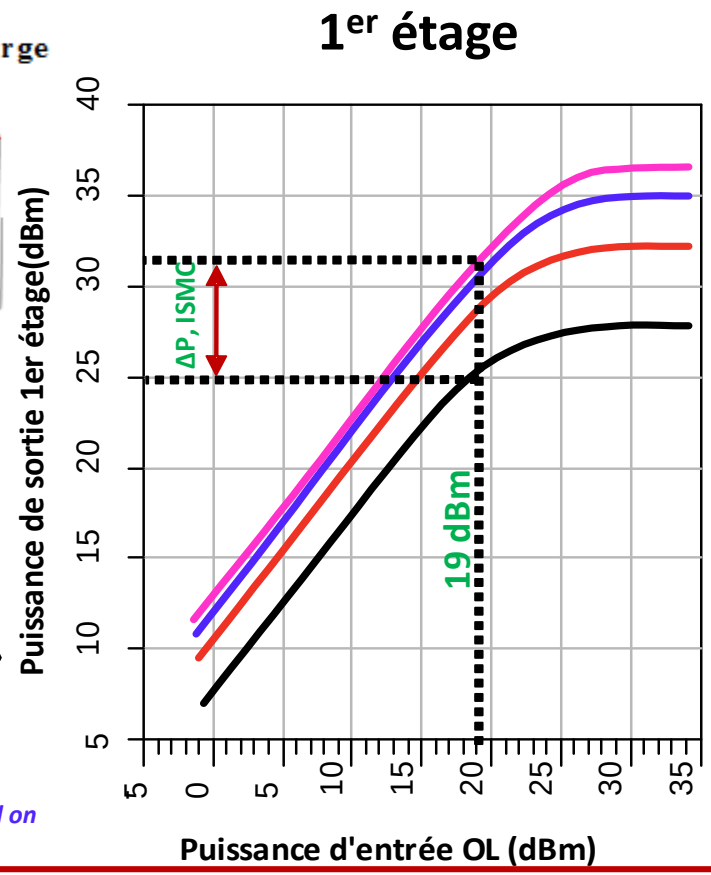
- Acceptant de petites variations de puissance d'entrée (**ΔPISMC** = 5-7 dB)

technologie GaN 50V avec modulation de polarisation

Un 1er étage avec modulation de polarisation à puissance d'entrée constante

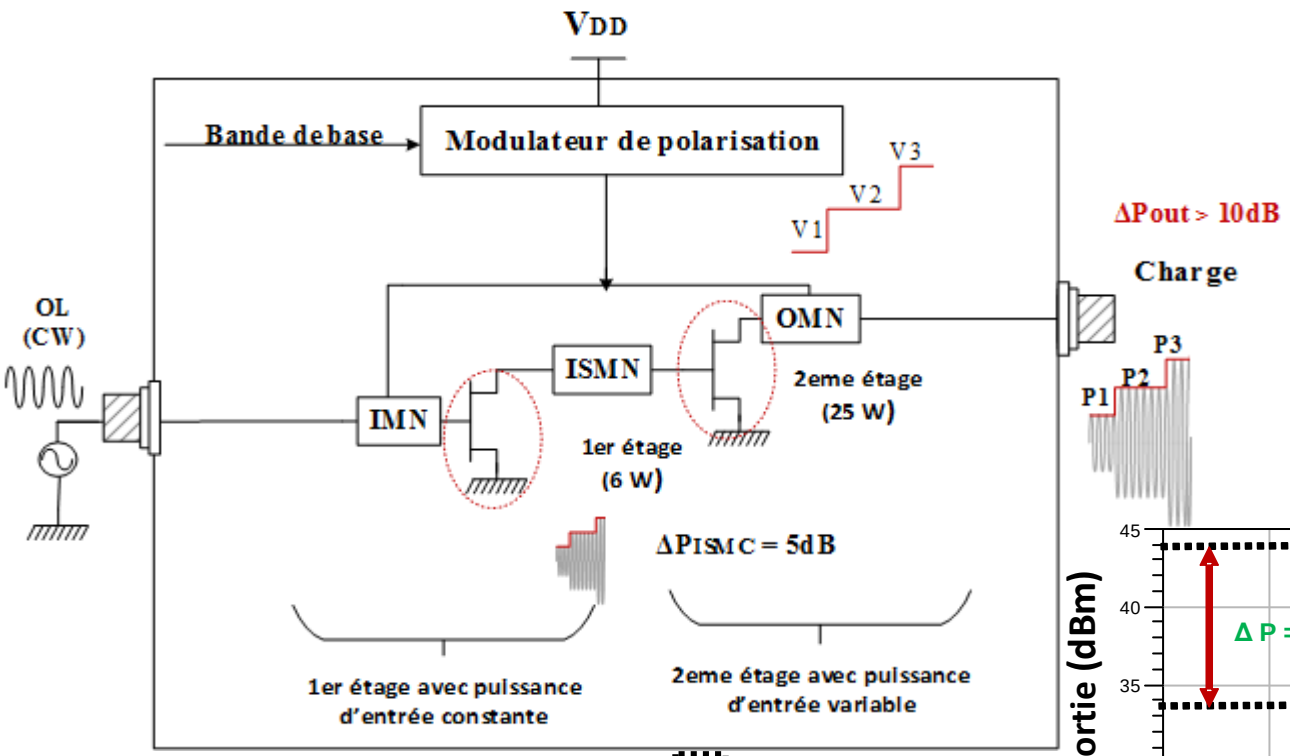
Modulateur de puissance avec deux étages



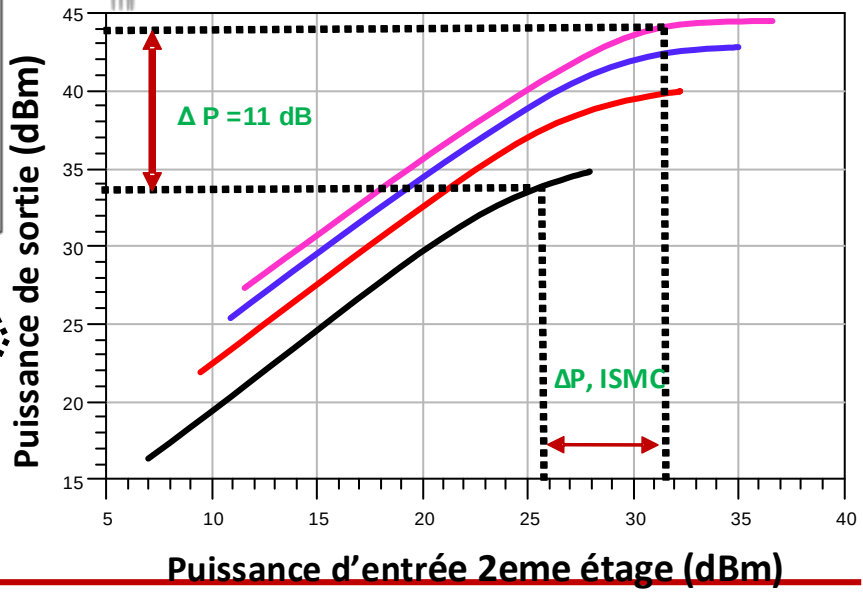


A.Dasgupta et al *"A New Design Approach of High Efficiency S-band 25W Mixerless Power Modulator based on High Voltage 50V GaN-HEMT Technology"* in APMC 2016, New Delhi, India, 5-9 Dec. 2016.

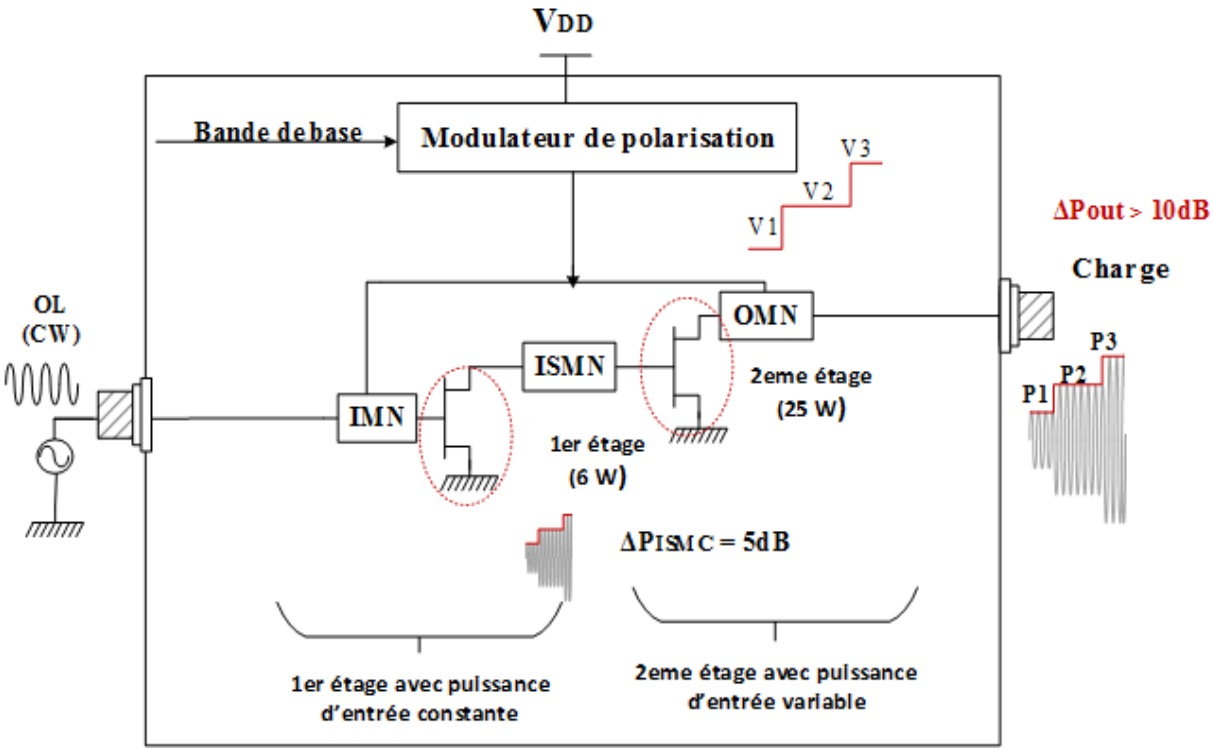
Modulateur de puissance avec deux étages

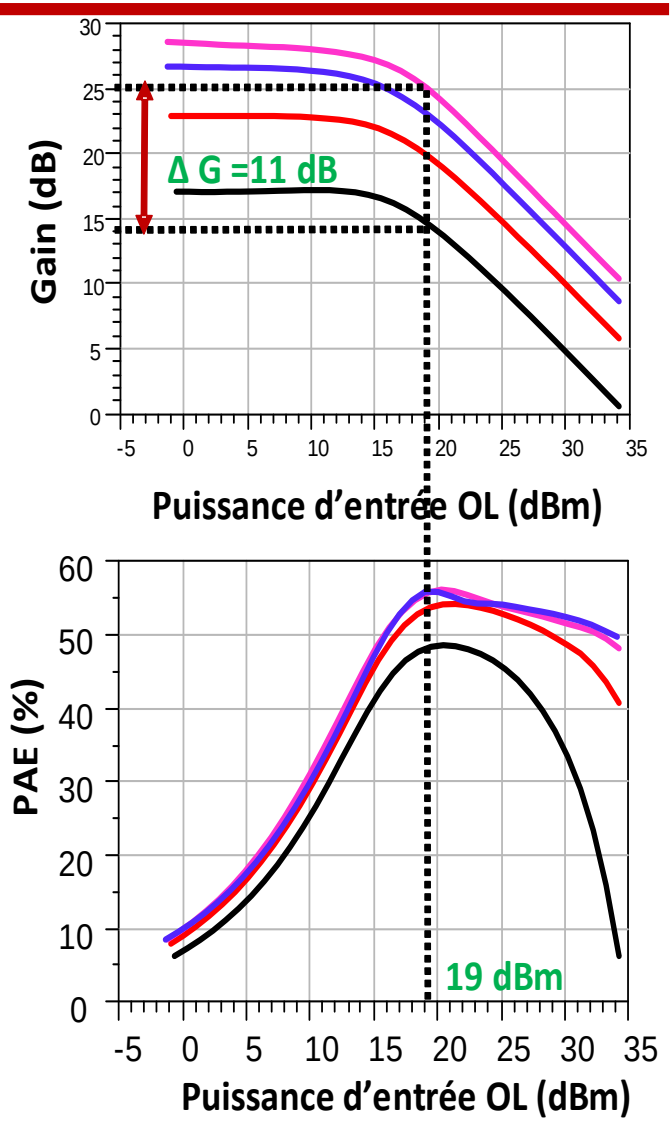


2eme étage

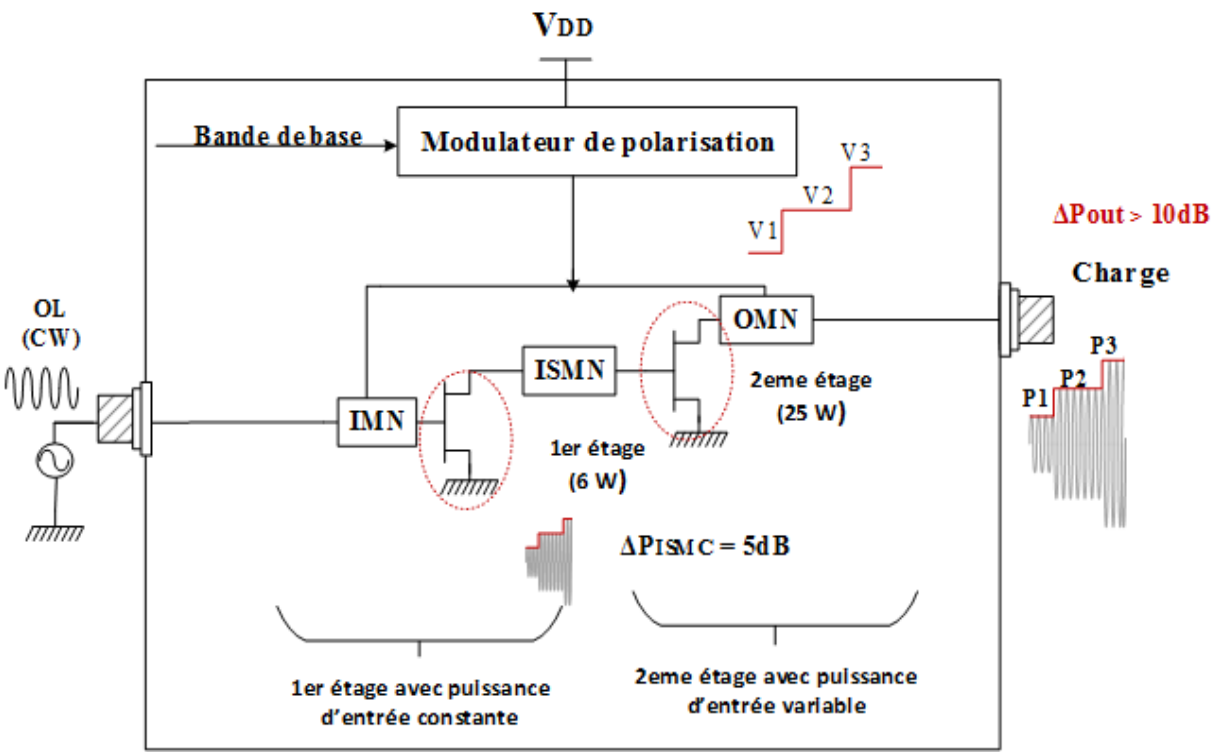


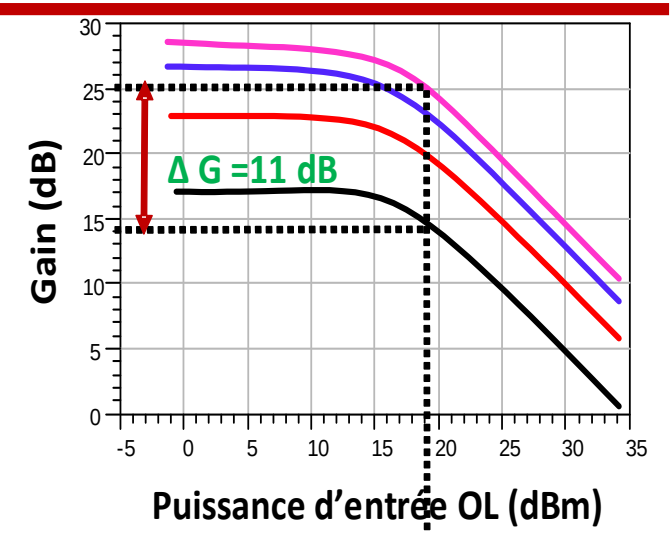
Modulateur de puissance avec deux étages

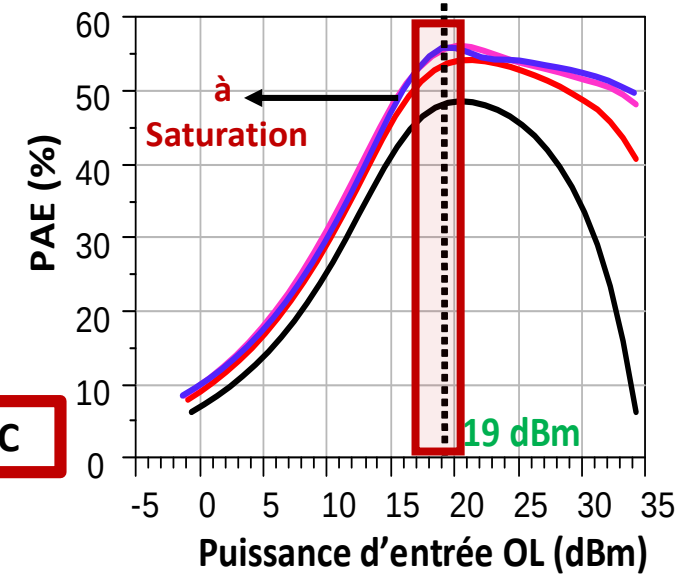




Modulateur de puissance avec deux étages



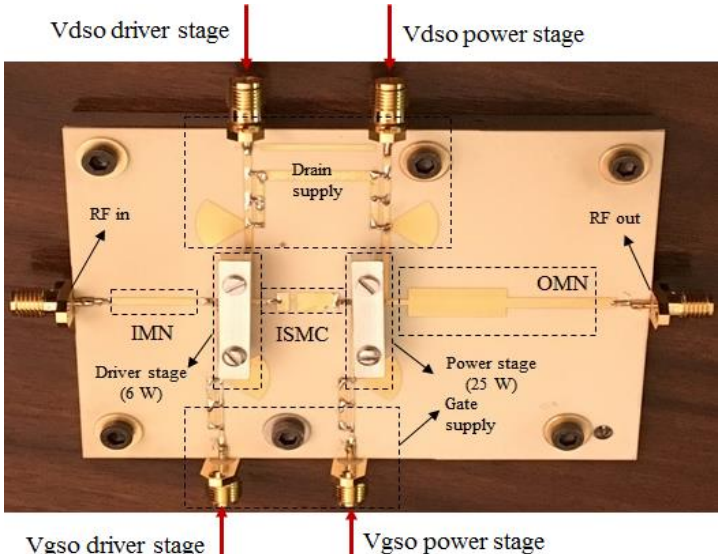




gain variable saturé (Gain variable au maximum de PAE)

→ **RF Power DAC**

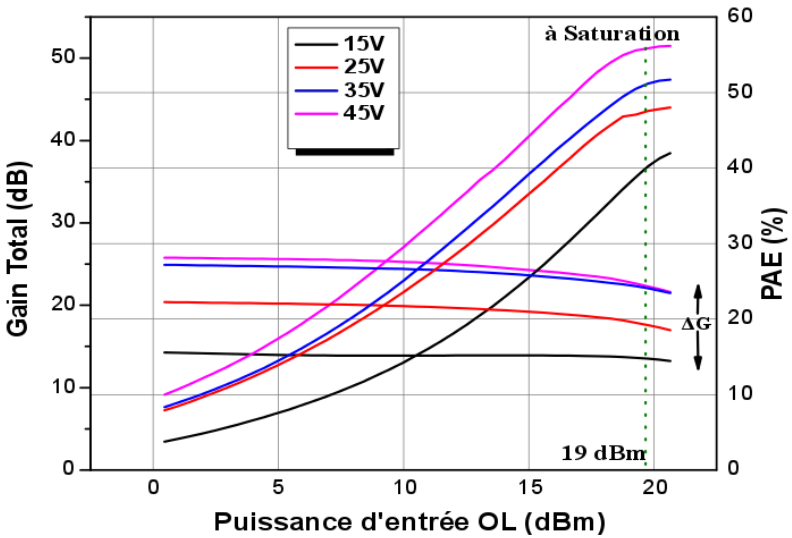
Démonstrateur et résultats de mesures statiques



1er étage

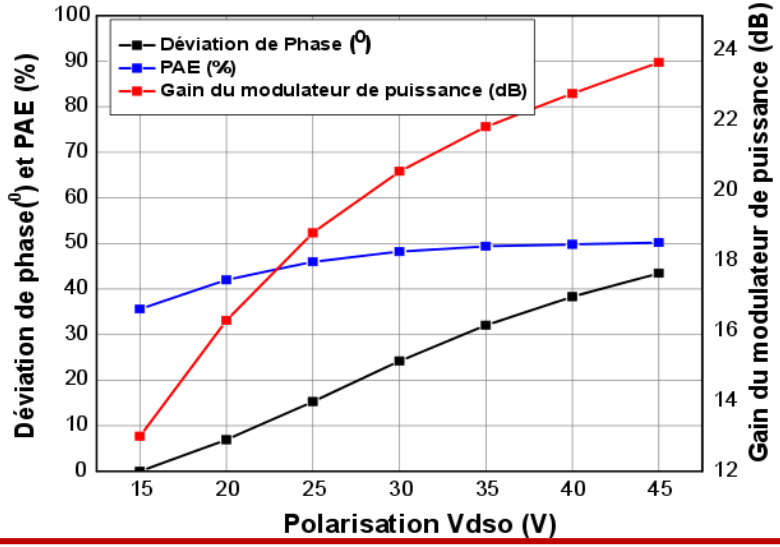
CGHV1F006S

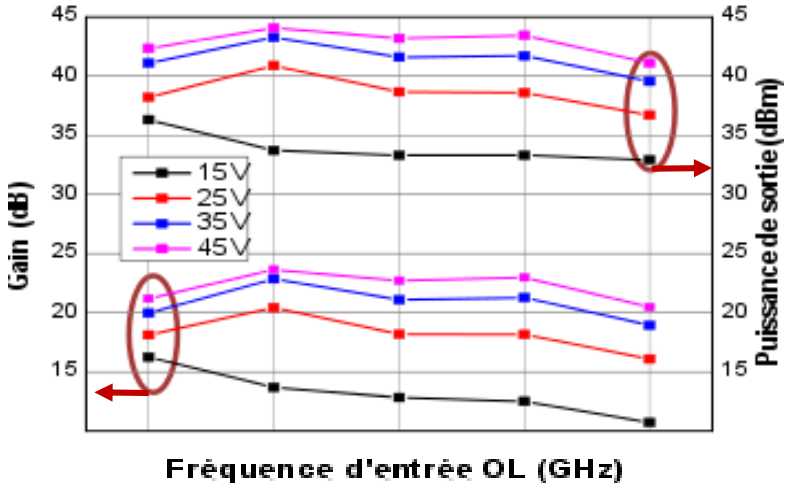
à 2.2 GHz



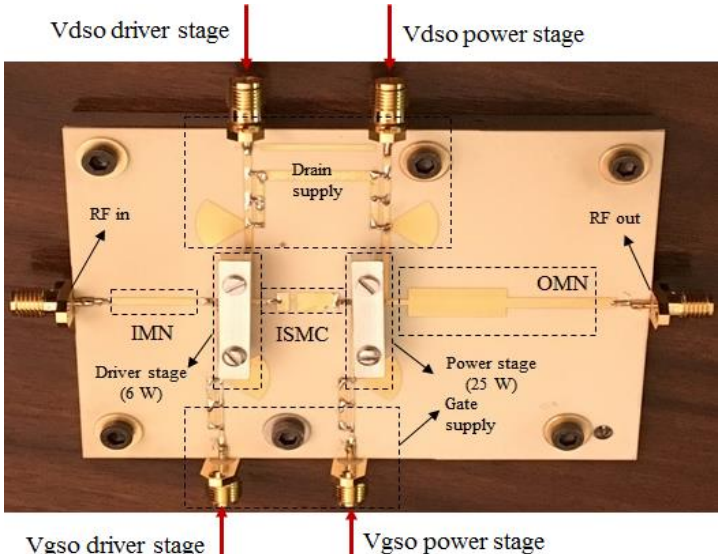
2eme étage

CGHV1F025S





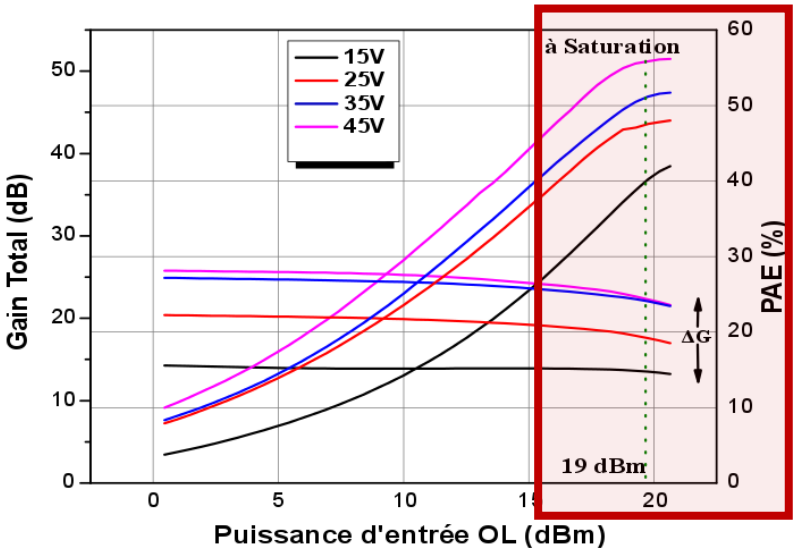
Démonstrateur et résultats de mesures statiques

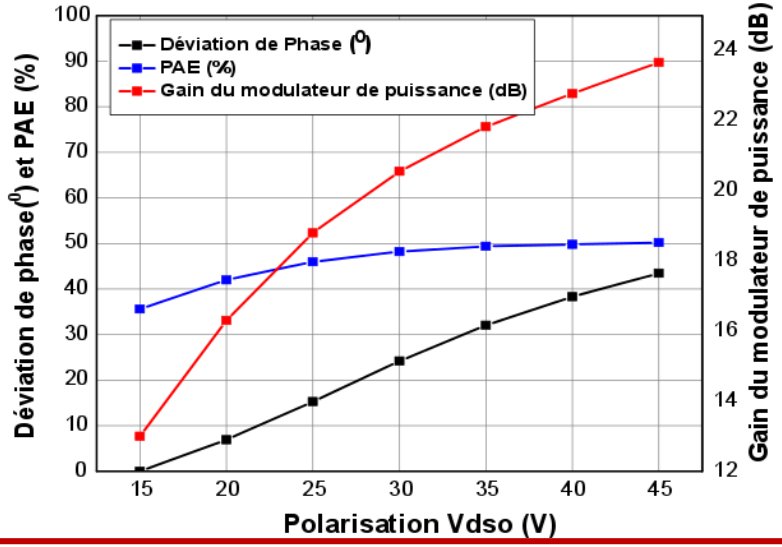


1er étage

CGHV1F006S

à 2.2 GHz

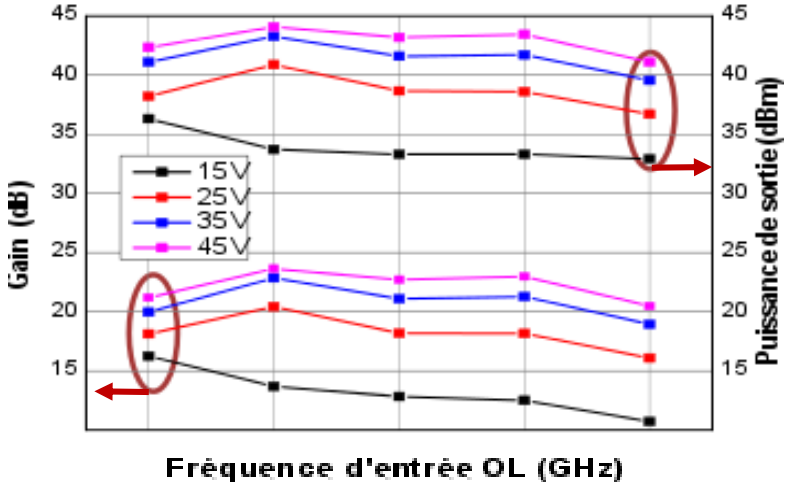


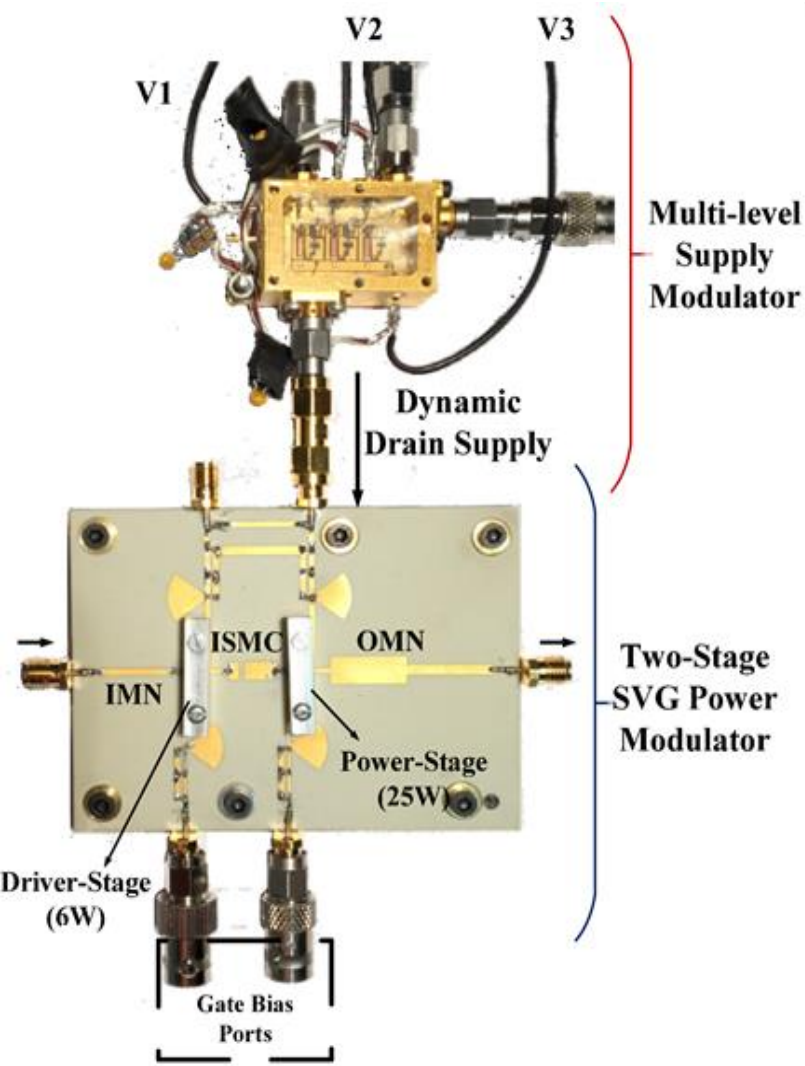


2eme étage

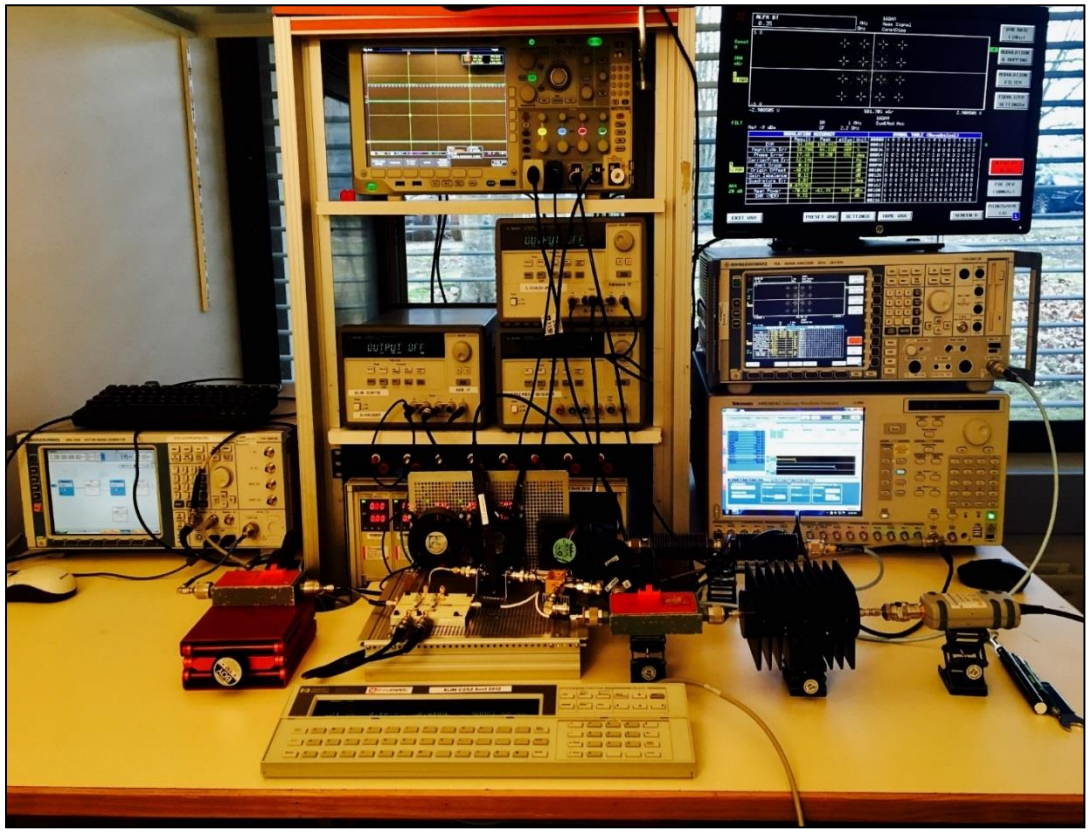
CGHV1F025S

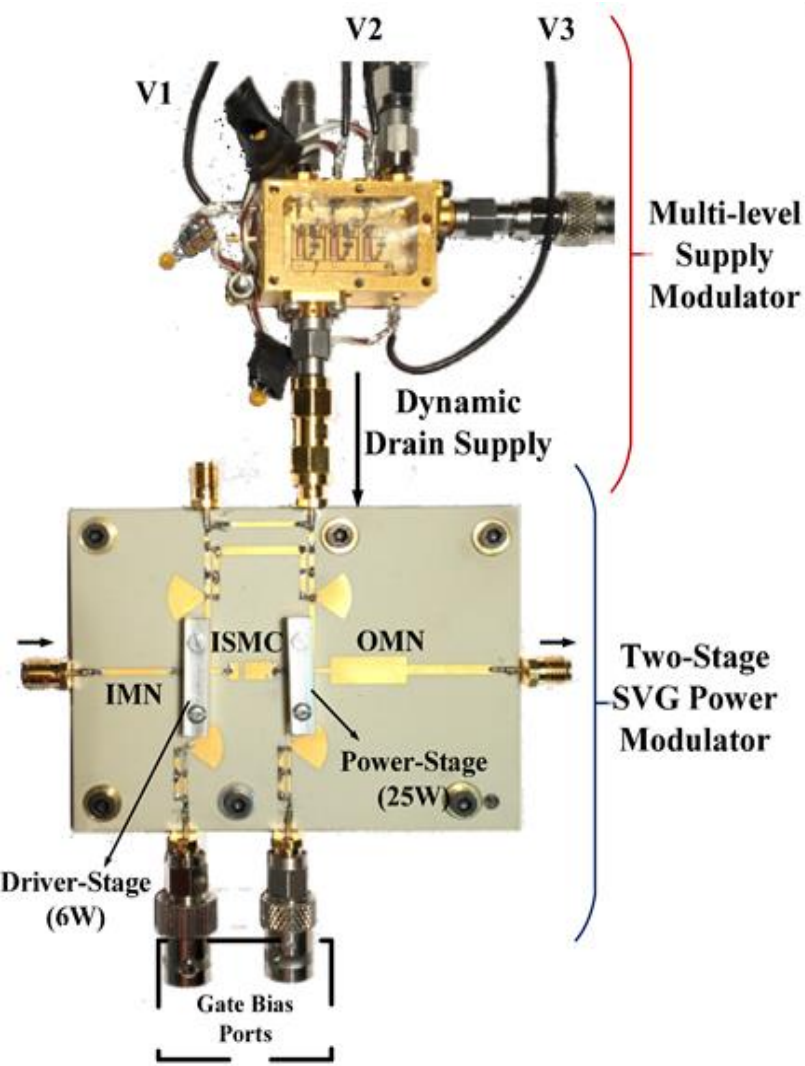
Bande RF 500 MHz



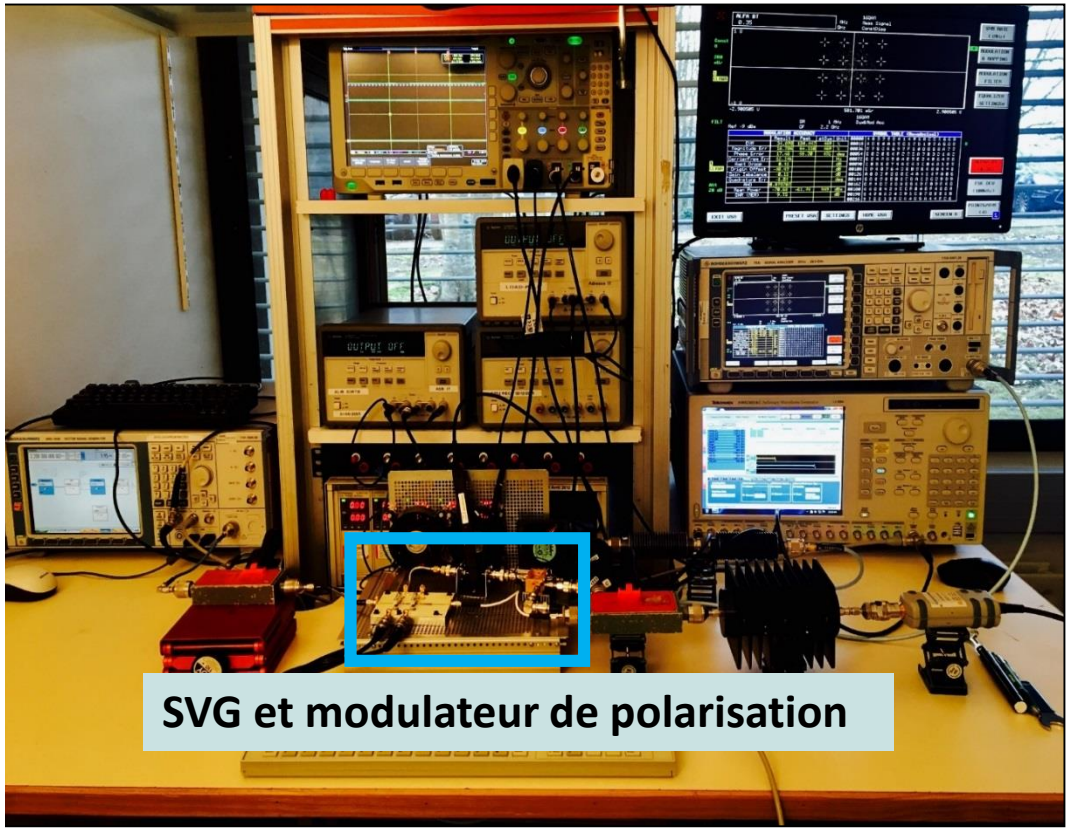


Banc de mesures dynamiques

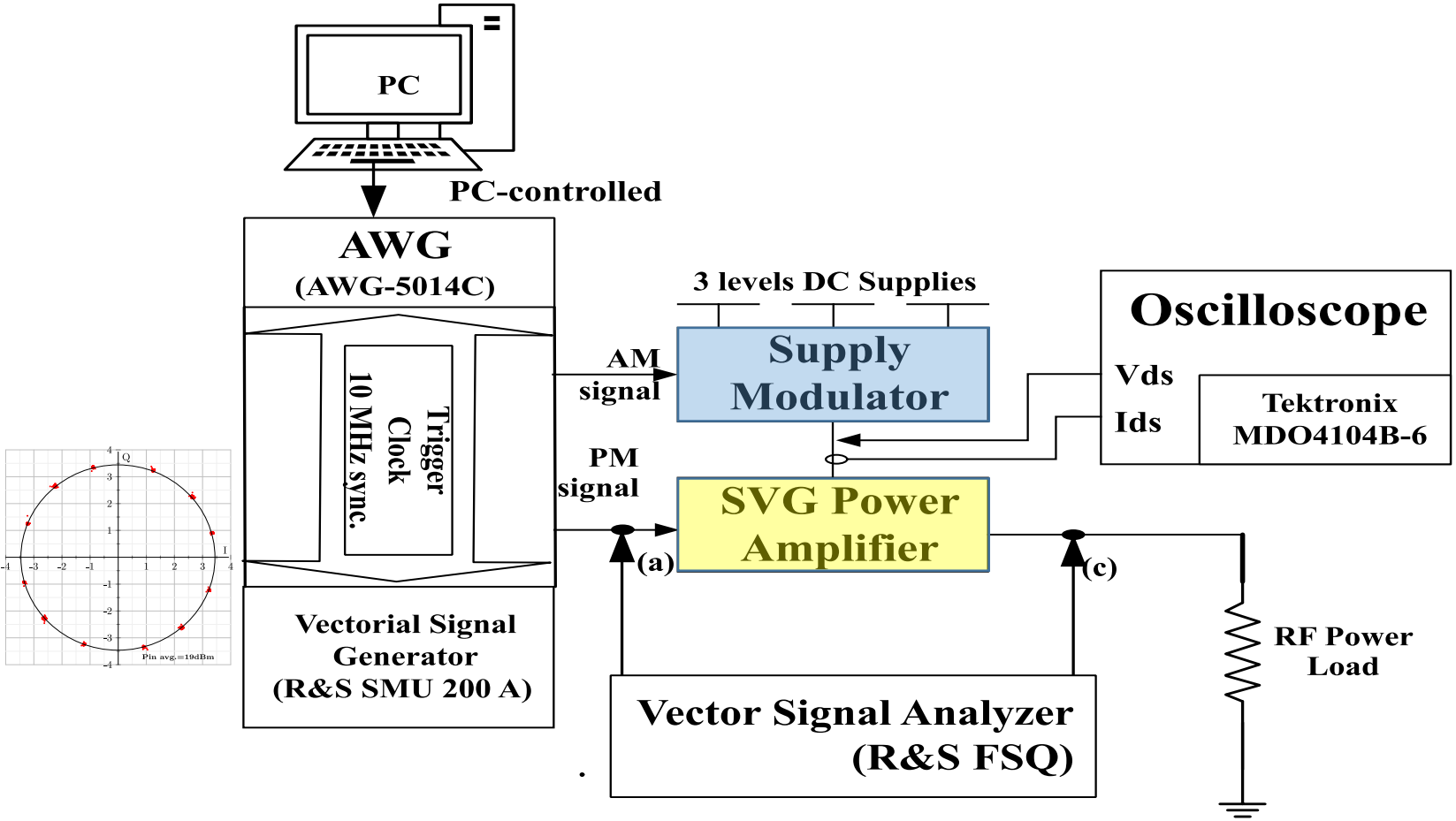




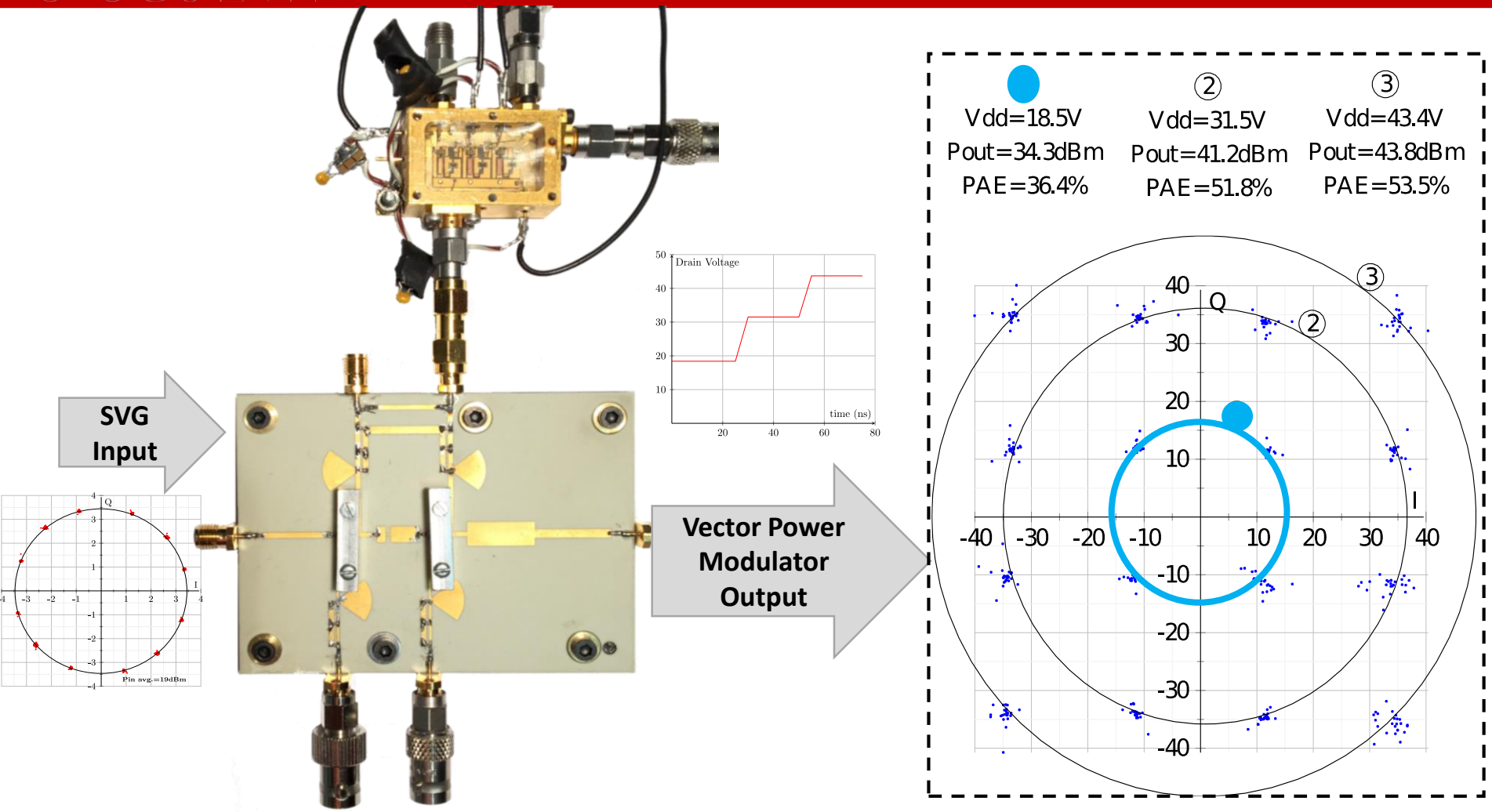
Banc de mesures dynamiques



Banc de mesures dynamiques

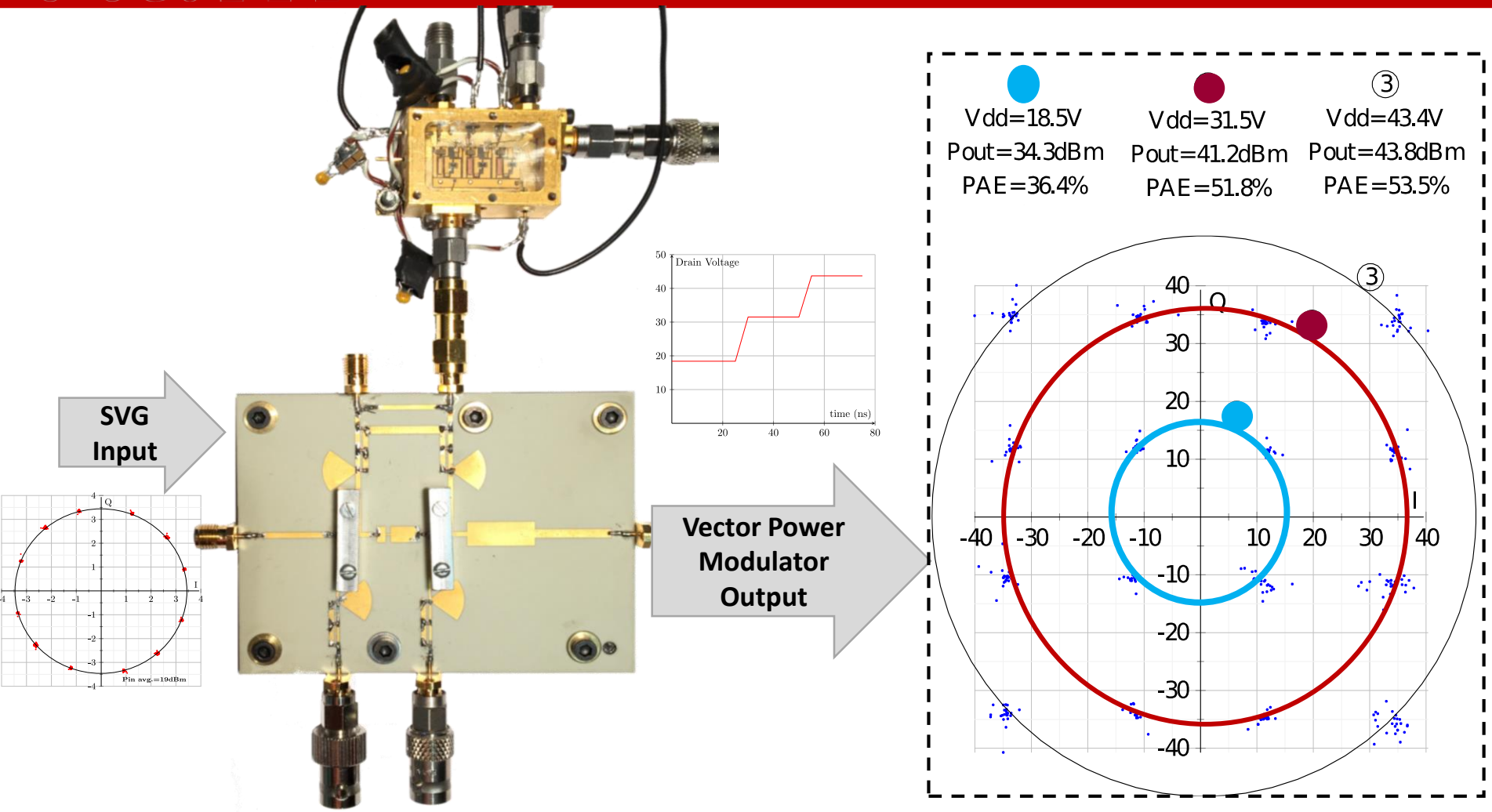


Résultats de mesures dynamiques



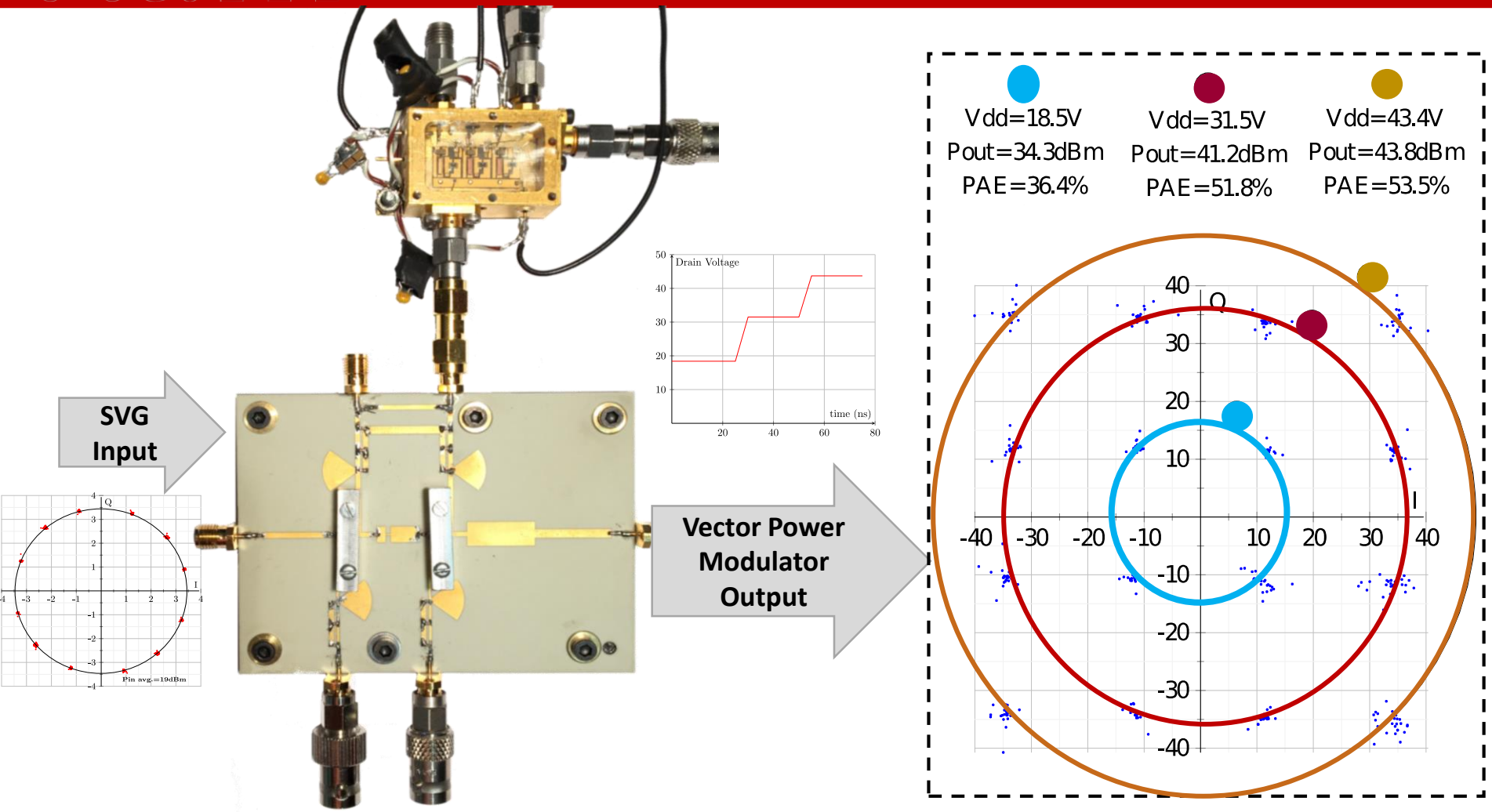
A. Dasgupta, A. Disserand, J.-M. Nébus, A. Martin, P. Bouysse, P. Medrel, and R. Quéré, "High Speed and Highly Efficient S-Band 20 W Mixerless Vector Power Modulator," in IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS), Honolulu, June 2017.

Résultats de mesures dynamiques



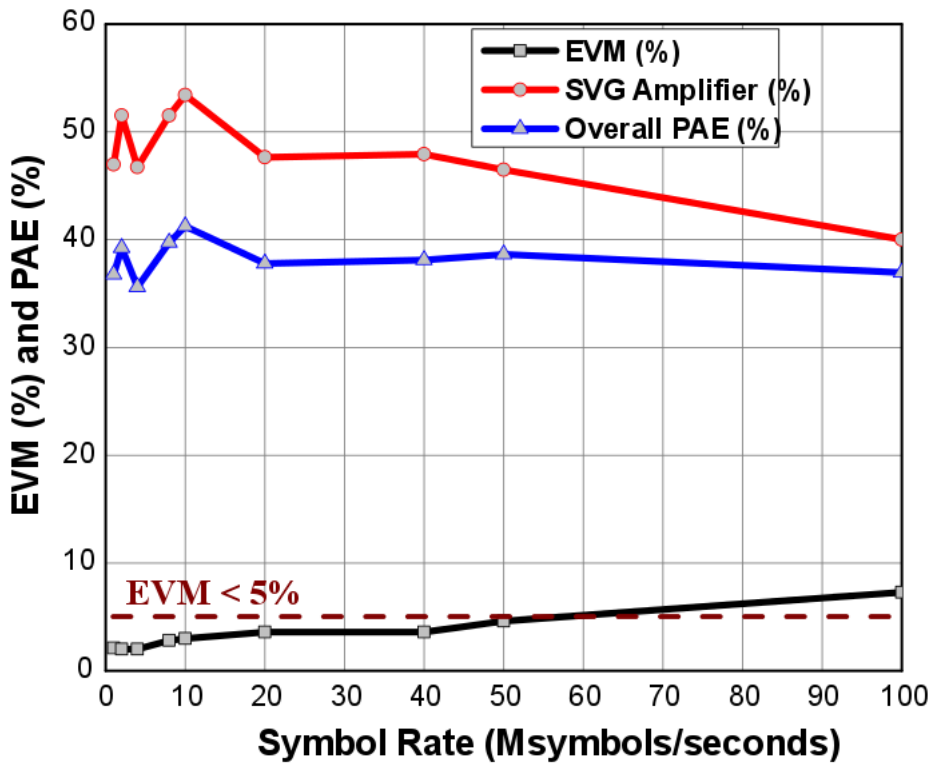
A. Dasgupta, A. Disserand, J.-M. Nébus, A. Martin, P. Bouysse, P. Medrel, and R. Quéré, "High Speed and Highly Efficient S-Band 20 W Mixerless Vector Power Modulator," in IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS), Honolulu, June 2017.

Résultats de mesures dynamiques



A. Dasgupta, A. Disserand, J.-M. Nébus, A. Martin, P. Bouysse, P. Medrel, and R. Quéré, "High Speed and Highly Efficient S-Band 20 W Mixerless Vector Power Modulator," in IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS), Honolulu, June 2017.

Résultats de mesures dynamiques



Résultats mesurés:

- Mesures jusqu'à 100Msb/s 16-QAM modulation.
- Rendement global > 35%,
- EVM < 5% jusqu'à 60Msb/s.

Amélioration possible:

- Bande passante (modulateurs de polarisation et de puissance).
- Rendement (modulateurs de polarisation et de puissance).

Perspectives et Applications

- Mise en œuvre du masque spectral approprié à la sortie (Filtered output).

- MMIC co-conception des modulateurs de polarisation et de puissance → Pertes dues à la désadaptation réduites au niveau du drain du SVG

- Investigation sur une modulation 64-QAM.

- Combinaison de l'amplification et de l'émission (antenne).

- Recherche d'une amélioration des bandes vidéo et RF

Merci de votre attention

Conception d'un modulateur de puissance large-bande à deux étages en technologie GaN

A. Dasgupta, A. Disserand, T. Reveyrand, P. Medrel, P. Bouysse et J-M Nébus,

abhijeet.dasgupta@xlim.fr