

Notions de base pour la mesure de la puissance moyenne ou crête

par Russel Lindsay, de chez Anritsu Company

C'est l'histoire d'un capteur de puissance qui entre dans un bar. Le barman lui dit : « Ça tombe bien que vous soyez là. J'ai besoin de prendre une mesure. Avez-vous les moyens de m'aider ? » Et le capteur répond : « Non. Je suis désolé. Moi, je suis un capteur de puissance de crête. » Ta-da ! Vous avez compris ? « Avoir les moyens » et la « puissance moyenne », mais ce n'est qu'un capteur de puissance crête...? D'accord, je reconnais que ce n'est pas la meilleure blague qui soit, mais à la fin de cet article, j'espère qu'au moins vous la comprendrez.

Lors de la réalisation d'un système de test, il est capital de savoir quels types de mesures vous voulez réaliser afin de pouvoir choisir le bon équipement. Dans le monde de la mesure de la puissance, on peut facilement se perdre parmi les différents types de capteurs et leurs capacités de mesures variables. Une étude de quelques uns des termes utilisés peut aider à opérer le bon choix.

Puissance moyenne ou puissance de crête ?

Comme dans notre blague, de nombreux compteurs ou capteurs de puissance comportent les termes « moyenne » ou « crête » dans leur dénomination, mais ces deux mots ne sont pas toujours aussi intuitifs qu'ils le paraissent. Pour bien comprendre les différents types de mesure, il faut aller un peu plus loin. Les termes suivants peuvent nous aider à comprendre les différences entre les capteurs de puissance crête et moyenne, et leurs possibilités :

- Puissance instantanée
- Puissance de l'enveloppe
- Puissance maximale de l'enveloppe
- Puissance moyenne de la salve
- Puissance moyenne

L'exemple d'un signal modulé par impulsions sur la figure 1 permet d'illustrer ces définitions :

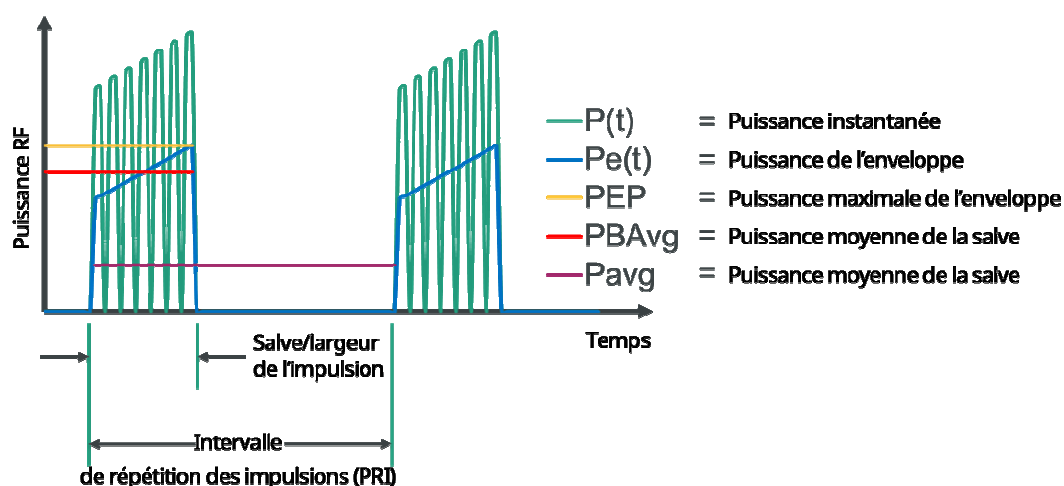


Figure 1 : Mesures de la puissance de crête et moyenne d'un signal modulé par impulsions

Le premier terme, puissance instantanée, noté $P(t)$, est la puissance réelle du signal à un moment donné, quel qu'il soit. Sur un instrument de test, elle ressemble à une reproduction de la forme d'onde. Pour capturer la puissance instantanée, il faut un instrument qui peut réagir assez rapidement pour capturer les changements rapides du signal. La plupart des compteurs ou capteurs de puissance ne sont pas assez rapides pour cela, c'est pourquoi un numériseur haute vitesse ou un oscilloscope à mémoire numérique (DSO, pour *Digital Storage Oscilloscope*) sont plus indiqués. Dans la plupart des cas, lorsque l'on parle mesurer la puissance de crête, on parle en fait de la puissance maximale de l'enveloppe du signal et non de la puissance instantanée maximale.

La puissance de l'enveloppe, notée $P_e(t)$, est le changement d'amplitude dû à la modulation, ou parfois à la distorsion, et constitue un autre paramètre de mesure fonction du temps. La puissance de l'enveloppe n'est pas une recreation de la forme d'onde, mais une représentation de la puissance moyenne pendant l'intervalle d'ouverture du capteur à n'importe quel instant (voir la figure 2 pour un autre exemple de la relation existant entre puissance de l'enveloppe et puissance instantanée).

La puissance maximale de l'enveloppe, notée PEP pour *Peak Envelope Power* en anglais, correspond à une seule mesure, celle de la puissance la plus haute parmi les relevés de la puissance de l'enveloppe. Pour détecter correctement la puissance maximale de l'enveloppe, le changement d'amplitude du signal de modulation doit être à un taux compris dans la largeur de bande vidéo du capteur. Remarque : Les compteurs intelligents proposent souvent un facteur de crête ou rapport puissance de crête/puissance moyenne (PAPR pour *Peak-to-Average Power Ratio*). Dans ce cas, la puissance de crête est en fait le PEP plutôt que la puissance instantanée maximale. Plus de détails ci-après sur la largeur de bande vidéo et le facteur de crête. La puissance moyenne de la salve, notée P_{avg} , est simplement la puissance moyenne pendant la salve. Pour capturer ces trois valeurs, il faut un capteur de puissance de crête, tels que le capteur d'impulsion MA2411A ou le capteur USB MA24105A de Anritsu.

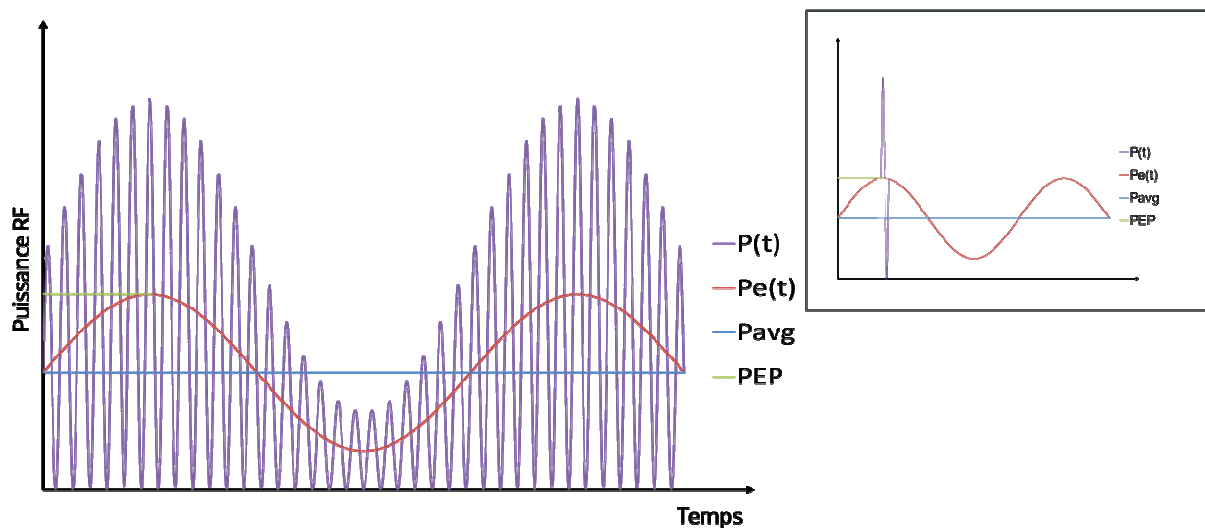


Figure 2 : Autre comparaison entre les puissances instantanées, crête et moyenne

La dernière valeur de notre liste est la puissance moyenne, notée P_{avg} (en violet sur la figure 1), qui est la puissance moyenne mesurée sur une période donnée. Dans notre exemple, elle est mesurée entre le début d'une salve et le début de la salve suivante (période également connue sous le nom d'intervalle de répétition des impulsions, ou PRI, pour *Pulse Repetition Interval*). C'est la mesure qu'on obtient avec des capteurs de la puissance moyenne, tels que les capteurs de puissance USB

universels MA24208A/18A de Anritsu. Ces capteurs spécifiques à base de diodes sont parfois désignés sous le nom de capteurs « true-RMS » ou efficace vrai, car ils sont conçus pour maintenir le signal mesuré sous le régime quadratique de la diode, où la sortie DC du circuit de détection a une forte relation linéaire avec le carré de la tension RF appliquée. Ils peuvent ainsi mesurer la puissance moyenne de la plupart des signaux, y compris les signaux modulés, multi-tone (DMT) ou pulsés. Pour les signaux non modulés (par ex. les ondes continues ou CW, pour *Continue Wave*), les capteurs tels que ceux des séries MA247xD et MA244xD de Anritsu peuvent fonctionner sous les trois régimes d'une diode (linéaire, transitoire et quadratique) pour déterminer la puissance moyenne.

Il faut souligner que, bien que le capteur de puissance moyenne ne puisse pas mesurer la puissance de crête de la modulation, dans certains cas, on peut tout de même l'utiliser pour déterminer certaines caractéristiques de la salve. Par exemple, dans l'exemple du signal pulsé montré sur le graphique, la puissance moyenne de la salve peut être déterminée, si le facteur de forme du signal est connu. Dans ce cas, $PBAvg$ est égal à $Pavg$ divisé par le facteur de forme, où le facteur de forme est la largeur d'impulsion divisée par l'intervalle de répétition des impulsions.

Facteur de crête

Comme dit précédemment, certains capteurs offrent un facteur de crête, qui est le rapport entre la puissance moyenne et la puissance maximale de l'enveloppe. Assurez-vous de ne pas choisir des signaux avec un facteur de crête trop élevé, car la puissance moyenne pourrait manquer de précision si la puissance de crête est supérieure à la plage de mesure du capteur. Il est également possible d'endommager les instruments de test en cas de puissance de crête trop élevée, même si la puissance moyenne se trouve dans les limites spécifiées.

Largeur de bande vidéo

Dernier terme important à connaître au moment de choisir entre un capteur de puissance de crête et un capteur de puissance moyenne : la largeur de bande vidéo. On croit souvent à tort que la largeur de bande vidéo doit toujours correspondre à la fréquence de modulation afin de réaliser des mesures de puissance justes. Mais ceci est vrai uniquement lors de la capture des mesures de puissance crête. Si vous utilisez un capteur de puissance moyenne ou RMS, la largeur de bande vidéo n'est pas vraiment pertinente pour déterminer sa capacité à réaliser la mesure dont vous avez besoin.

Applications

Grâce à une meilleure compréhension de ces définitions, vous pouvez maintenant vous demander de quelles mesures vous avez besoin pour votre application spécifique. Les mesures de la puissance de crête seront importantes si vous essayez de caractériser des signaux modulés, comme les signaux radar ou LTE, ou bien en laboratoire de recherche pour la vérification des systèmes. Par exemple, si vous voulez caractériser un signal radar, vous serez intéressé par les temps de montée et descente du signal, par tout dépassement potentiel ou par les éventuels affaiblissements du signal pendant l'impulsion. Pour les signaux de communication, les ingénieurs voudront savoir si les signaux transmettent aux bons niveaux de puissance afin d'éviter toute distorsion, ou pour respecter les exigences réglementaires.

Les relevés de la puissance moyenne suffiront pour tout signal CW ou pour les paramétrages où le signal modulé a été suffisamment caractérisé pour qu'un relevé de la puissance moyenne offre suffisamment d'informations pour vérifier son bon fonctionnement.

Récapitulatif

Le choix du capteur de puissance adéquat peut s'avérer difficile, même s'il s'agit juste de choisir entre un capteur de puissance moyenne et un capteur de puissance de crête. Une bonne connaissance des

différences entre les deux types de mesure est essentielle pour faire le meilleur choix. En étudiant rapidement les différentes mesures de la puissance, vous pourrez devenir un acheteur averti, ou bien seulement vous tenir fin prêt pour votre prochaine rencontre avec un capteur dans un bar.

Au prochain épisode, nous étudierons les incertitudes associées aux mesures de la puissance pour que vous sachiez jusqu'à quel point vous pouvez vous fier à vos résultats.

À propos de l'auteur



Russel Lindsay est directeur Produit chez Anritsu, spécialisé dans la mesure de la puissance et la génération de signaux. Russel Lindsay travaille depuis plusieurs années dans le domaine des tests et mesures et a occupé divers postes d'ingénieur dans l'aérospatiale et la défense, depuis la conception et la vérification de systèmes jusqu'aux unités de recherche et développement. Il est titulaire d'un Bachelor of Science en génie électrique (Université de l'Utah) ainsi que d'un M.B.A. (Université de l'Arizona).