



## Générateurs AHTPxx

### 1. Introduction

Cette notice présente notre gamme de générateurs haute tension pulsée, AHTPxx, à durée d'impulsion et fréquence de répétition réglables, pour permettre la génération de plasmas froids.

Cette gamme de générateurs est compatible de plusieurs types de réacteurs et de niveau de puissance afin de couvrir les besoins tant des laboratoires de recherches que des pilotes industriels.

Il est compatible de tout type de charge (capacitive, inductive et résistive)

Les réacteurs DBD produisant des plasmas froids ont une impédance essentiellement capacitive. Néanmoins, le générateur, à fronts raides et très basse impédance délivre un courant élevé pendant l'application de la tension afin de charger rapidement cette charge capacitive pour créer un plasma homogène, dense et non filamentaire.

EFFITECH a mis au point une série de générateurs impulsions monopolaires et bipolaires pour réacteur DBD ou arc glissant dans une large gamme de fréquence (jusqu'à 200 kHz en continu et 2.5MHz en burst – burst en option), avec des fronts rapides < 15 ns (dépend de la charge) et jusqu'à 10kV en configuration bipolaire ou monopolaire.

**Les structures AHTPM10 et AHTPM10C** consistent à mettre en forme des impulsions de tension maximale de 10 kV et de durée spécifiée en conditionnant la tension, générée par une alimentation haute tension continue, par un demi-pont haute tension sous forme d'une association série de MOSFET. La puissance dissipée est de 1 kW pour le AHTPM10C et 2 kW pour le AHTPM10.

**La structure AHTPB10** consiste à mettre en forme des impulsions bipolaires en conditionnant deux alimentations haute tension continue jusqu'à une puissance dissipée de 4kW.

**La structure AHTPB10C** consiste à mettre en forme des impulsions bipolaires 10kV dans un format plus compact et dissipe jusqu'à 2 kW.

*Il s'agit des puissances dissipées par nos générateurs sans prise en compte des puissances dissipées par le réacteur plasma. Cela peut conduire si besoin à des puissances encore supérieures.*

Par la suite, nous présenterons, suivant les cas, l'AHTPxx dans l'une de ses configurations à titre de référence.



## 2. Descriptif

Le générateur AHTPxx est un modulateur de tension rapide pour charge capacitive ou/et résistive intégré en baie 19 pouces.

Le système AHTPxx regroupe les fonctions suivantes :

- La (les) alimentation(s) haute tension continue
- Le générateur de fonction programmable générant des signaux de commande
- Les commutations HT assurant la charge et la décharge du réacteur
- La détection d'arc de la charge pour la protéger contre les courts-circuits.
- Le système d'autoprotection contre une consommation du système supérieure à la consommation spécifiée (selon configuration)..
- Le système de ventilation par air
- En option : la mesure optique de température intégré pour la sécurité thermique de la charge.

Pour réaliser ces fonctions, le générateur AHTPxx est constitué :

- D'une alimentation 0 /+10kV, courants jusqu'à 100 mA ainsi qu'une deuxième alimentation 0/-10kV pour le bipolaire
- Des modules de commutation rapide
- Du système de pilotage (générateur d'impulsion en face avant ou écran 10 pouces et ordinateur).
- D'un connecteur de sortie haute tension, câble inclus pour une liaison au réacteur.
- Un câble d'alimentation secteur monophasé 220 / 240 VAC / 50 Hz / ou triphasé selon la configuration.
- Un interrupteur général en face avant (Arrêt d'urgence en option)

La structure AHTPxx permet la réalisation de trains d'impulsions à déclenchement interne (réglable en face avant) ou piloté via le module de commande en option (pilotage largeur d'impulsion fréquence tensions de consigne courants max de chaque alimentation DC et...).

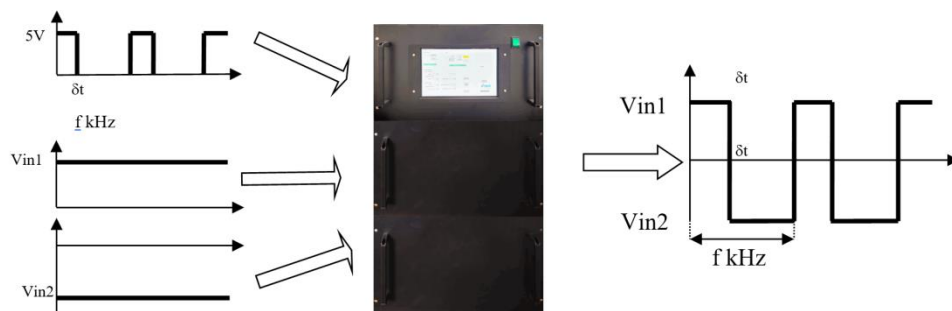
Le modulateur AHTPBx reconditionne la puissance fournie par deux alimentations Haute Tension jusqu'à +10kV et -10kV, intégré en baie 19 pouces, afin de lui apporter la forme d'onde imposée par déclenchement (largeur d'impulsion  $\delta t$ , fréquence  $f$  ...).

Les principales caractéristiques du système destiné à envoyer un train d'impulsions de tension sur une charge sont les suivantes :

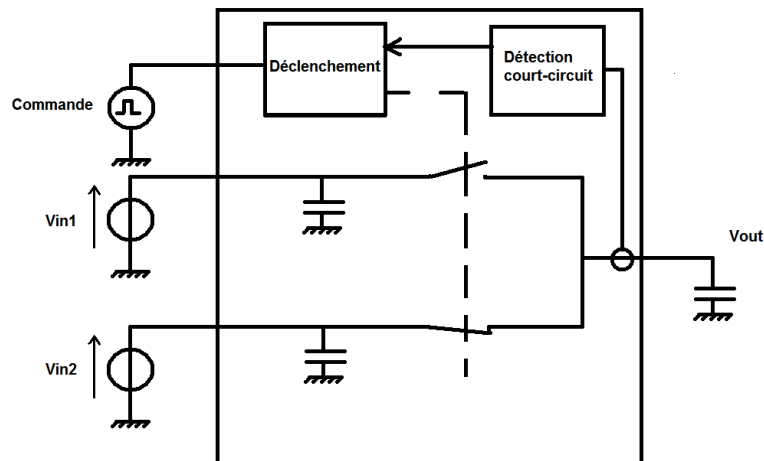
- Tension de sortie réglable de 0 à 10 kV ( $V_{in1}$ ) et 0 à -10kV pour la composante négative du bipolaire ( $V_{in2}$ )
- Durée de l'impulsion réglable supérieure à 50 ns

- La cadence de répétition est limitée à une puissance moyenne de 2000 W pour la version compacte et 4000W pour la version forte puissance,
- Le courant moyen absorbé par la charge peut aller jusqu'à 100mA pour la version compacte et 200mA pour la version forte puissance.
- Lecture de tension et courant moyen en face avant de l'alimentation et sur IHM
- Les temps de montée et de descente sont fonction de la charge et de la longueur du câble de sortie. Typiquement le temps de commutation sur charge 200 pF est inférieur à 25 ns. (Dépend du type de MOSFET choisi, il peut être réduit si besoin en option)
- Le système est protégé contre les courts-circuits de la charge et se met en état de défaut en cas de détection d'un courant supérieur à 100 A pour la version compacte et 160 A pour la version forte puissance. Ce seuil est réglable en usine.
- Protection en cas de surconsommation

### 3. Schémas de principe



#### AHTPB10



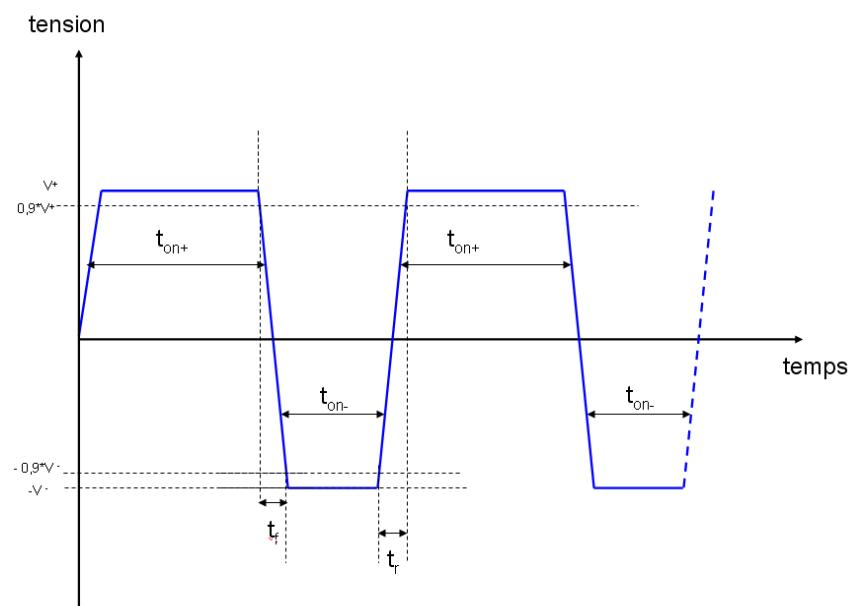
#### 4. Cycle de fonctionnement

- Exemple d'IHM d'un générateur bipolaire

Fréquence est de 1 Hz à 200 kHz (pas de 12ns) et largeur d'impulsion de 100ns jusqu'à 100% du rapport cyclique.



La forme du signal de sortie de l'AHTPB10 est donnée par la figure suivante :





- La fréquence maximale est de 200 kHz. Cette valeur est ajustable indépendamment de  $T_{on+}$  mais doit respecter les conditions :

$$V^+ * I^+ + V^- * I^- < 4000W \text{ (ou 2000 W pour le bipolaire compact)}$$
$$C V^2 * F < 4000 W \text{ (ou 2000 W pour le bipolaire compact)}$$

dans laquelle :

- C est la capacité totale du système, à savoir la somme de la capacité de l'AHTPB10 et celle du réacteur.
- $V^+$ ,  $I^+$ ,  $V^-$  et  $I^-$  sont les tensions et courants des alimentations continues
- $V = V^+ - V^-$

***Ce dimensionnement correspond au cas où le générateur dissipe toute la puissance injectée sur la charge. Nous consulter pour une puissance supérieure si la puissance dissipée par le réacteur doit être prise en compte .***

***En particulier, si l'une des tensions  $V^+$  ou  $V^-$  est mise à 0, le générateur AHTPB10 fonctionnera en régime monopolaire.***

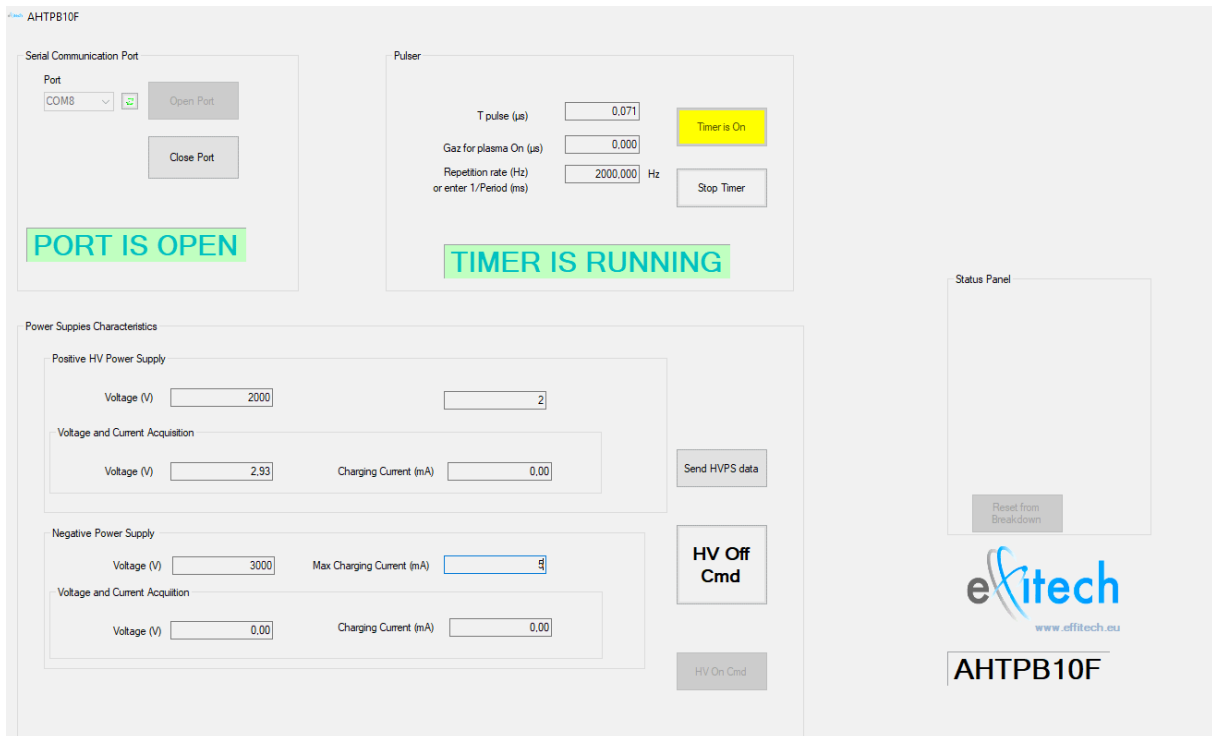
- Les temps de montée et de descente ( $T_r$  et  $T_f$ ) sont fonctions de la capacité du réacteur et du type de connexion entre la baie AHTPB10 et le réacteur. Cette liaison doit être la plus courte possible car elle apporte une capacité et une inductance parasite se traduisant par une dégradation des fronts ainsi que par l'apparition de surtension sur le front montant de l'impulsion.

Typiquement pour une charge capacitive de 13 pF (ce qui correspond par exemple à la capacité parasite d'une sonde de tension NorthStar) les fronts de montée et de descente seront inférieurs à 15 ns dans des conditions représentatives.

## **5. Contrôle et mesures**

- Synchronisation des instruments de mesures sur face avant (option)
- Affichage des tensions crêtes et courants moyens sur les alimentations
- Affichage de défaut de court-circuit en face avant avec réenclenchement manuel (ou logique de reprise automatique en option)
- Pilotage externe par réseau MODBUS RTU (option)
- Mesure de température optique de la charge et mise sécurité au-delà d'un seul réglable(option)

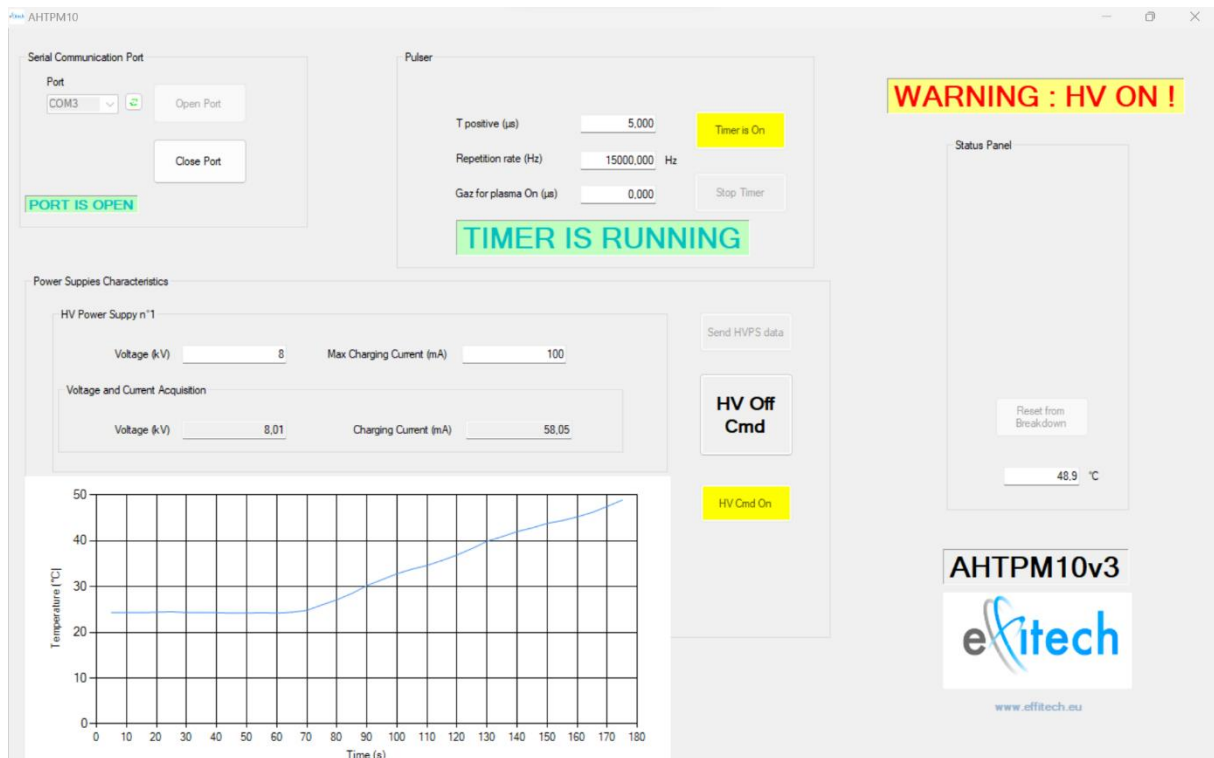
## 6. Logiciel



Le logiciel de pilotage, dont une interface typique, est présentée ci-dessus montre les diverses fonctionnalités disponibles pour piloter l'AHTPB10 :

- Ouverture et fermeture de la liaison série et contrôle du bon fonctionnement de la liaison
- Etablissement des durées de mise de la charge
  - à la tension positive,
  - de la fréquence du cycle
- Démarrage et arrêt des impulsions du séquenceur
- Etablissement de la durée de synchronisation de gaz (option)
- Réglage des niveaux de tension positive et négative ainsi que des courants de charges maximaux
- Visualisation des tensions et courants mesurés sur les deux alimentations
- Validation de l'ensemble des paramètres des alimentations haute tension
- Commandes de mise en route et d'arrêt des hautes tensions

## 7. Protection thermique la charge (option)



Le logiciel de pilotage, dont une interface typique, est présentée ci-dessus montre les diverses fonctionnalités disponibles pour piloter l'AHTPM10C avec sonde de mesure intégrée. Vous avez la possibilité d'intégrer dans votre réacteur DBD, une mesure optique de température de votre procédé pour en assurer l'intégrité.

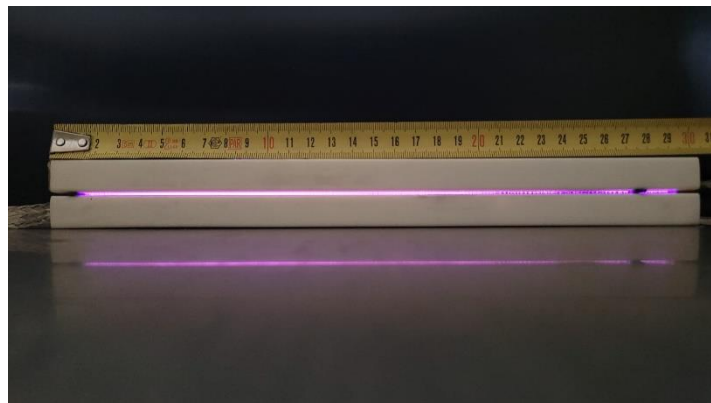
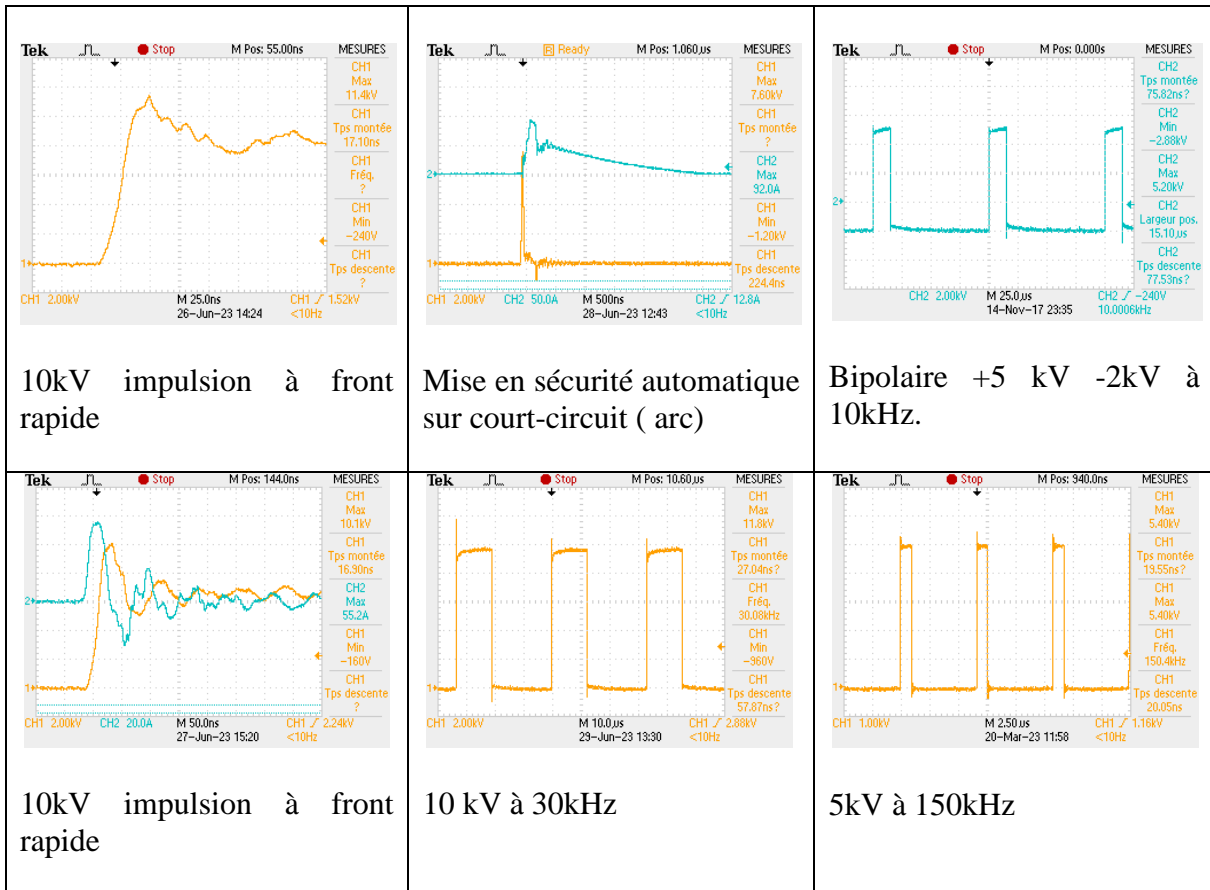


Ci-dessus la sonde de température :

- Plage de fonctionnement : -20°C to 1000°C
- Température ambiante : 0°C to 75°C
- Précision :  $\pm 1\%$  ou  $\pm 1^\circ\text{C}$  selon ce qui est le plus grand
- Paramètres configurables : Réglage de l'émissivité moyenne, compensation de l'énergie réfléchie.

## 8. Exemples d'impulsions

### Générateur 10 kV



9.5kV 76mA 20kHz 400pF



## 9. Configurations standards

| VERSION           | CARACTERISTIQUES         | COMPOSITION  |
|-------------------|--------------------------|--|
| <b>AHTPM5 *</b>   | 5 kV monopolaire – 1 kW  | 1 alimentation 5 kV 200mA<br>1 module 5 kV avec commande<br>contrôle intégré<br>Intégration en baie en option                      |
| <b>AHTPB5</b>     | $\pm 5$ kV – 2 kW        | 1 alimentation +5 kV 200 mA<br>1 alimentation – 5 kV 200mA<br>2 modules 5kV<br>1 module Commande /contrôle<br>Intégré en baie 19’’ |
| <b>AHTPM10 *</b>  | 10 kV monopolaire – 2 kW | 1 alimentation +10 kV 200 mA<br>2 modules 5kV<br>1 module commande /contrôle<br>Intégré en baie 19’’                               |
| <b>AHTPM10C *</b> | 10 kV monopolaire – 1kW  | 1 alimentation +10 kV 100 mA<br>1 modules 10kV<br>1 module commande /contrôle<br>Intégré en baie 19’’                              |
| <b>AHTPB10</b>    | $\pm 10$ kV – 4 kW       | 1 alimentation +10 kV 200 mA<br>1 alimentation – 10 kV 200mA<br>4 modules 5kV<br>1 module de pilotage<br>Intégré en baie 19’’      |
| <b>AHTPB10C</b>   | $\pm 10$ kV – 2 kW       | 1 alimentation +10 kV 100 mA<br>1 alimentation – 10 kV 100mA<br>2 modules 10kV<br>1 module de pilotage<br>Intégré en baie 19’’     |

\* : choix de la polarité à la commande