

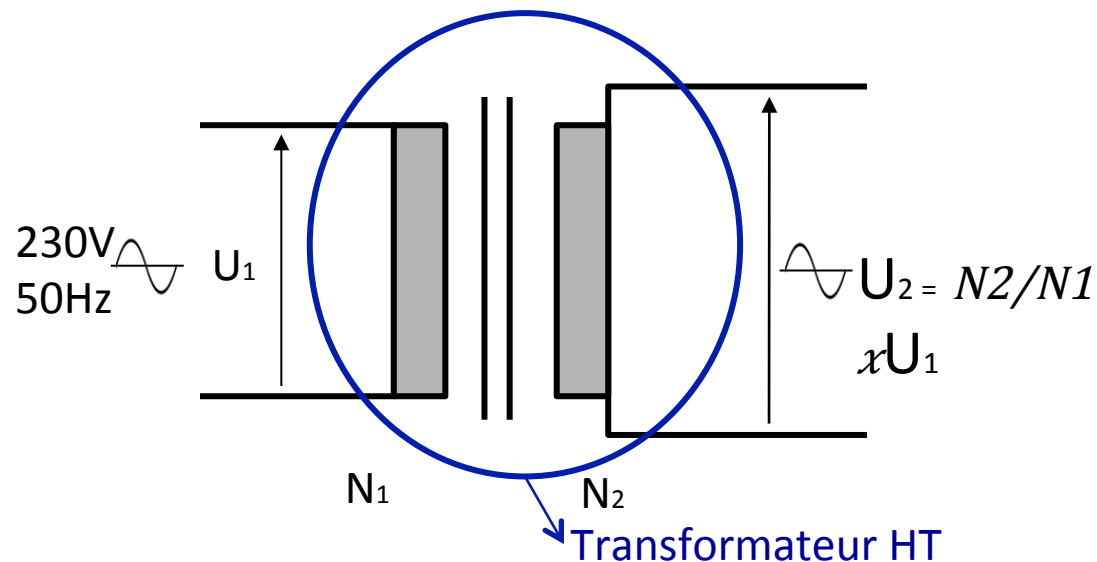


Les alimentations Haute Tension DC

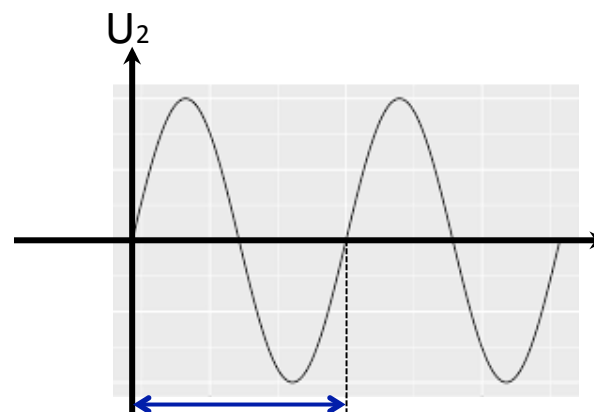


Par Fabrice DA SILVA, Pulse MC²
Composants et Systèmes Haute Tension

I-Comment générer de la Haute Tension



U_2 = Source HT alternative

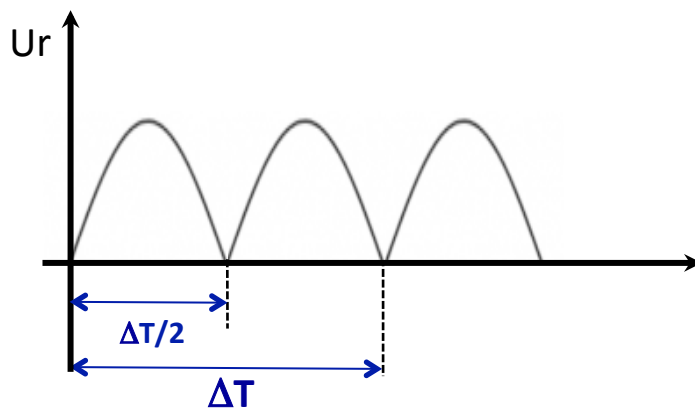
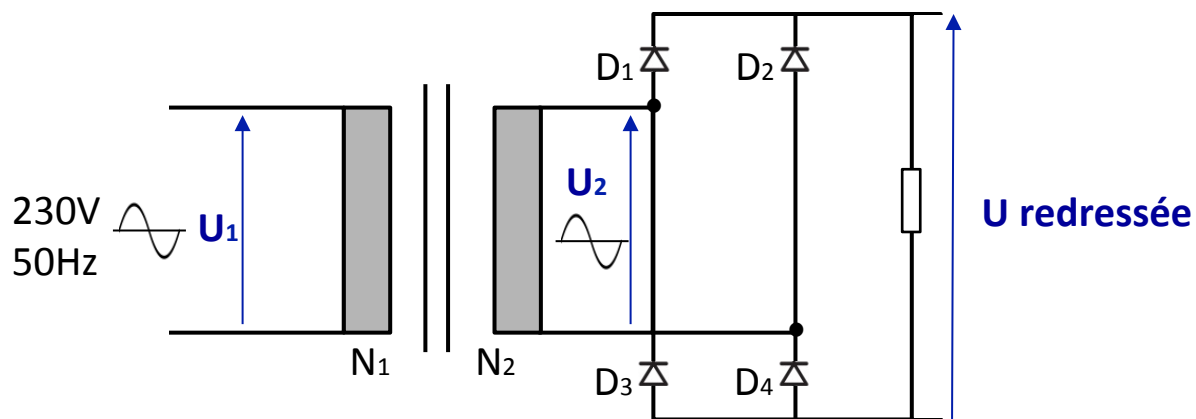


$$\Delta T = \frac{1}{F}$$

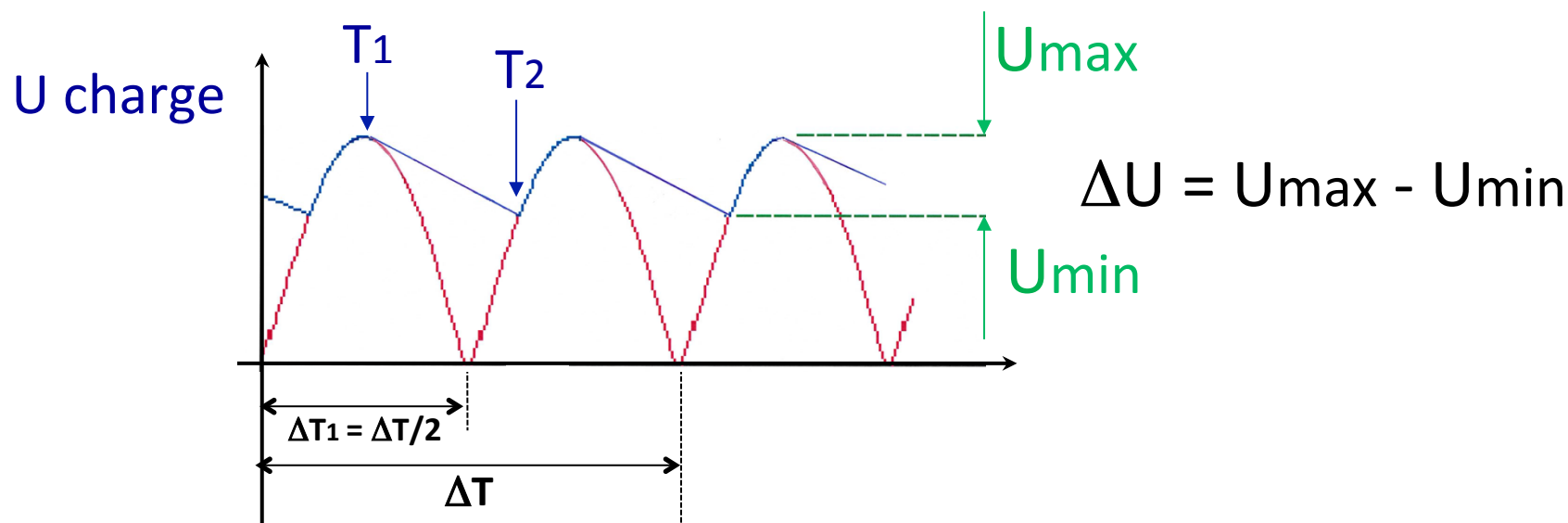
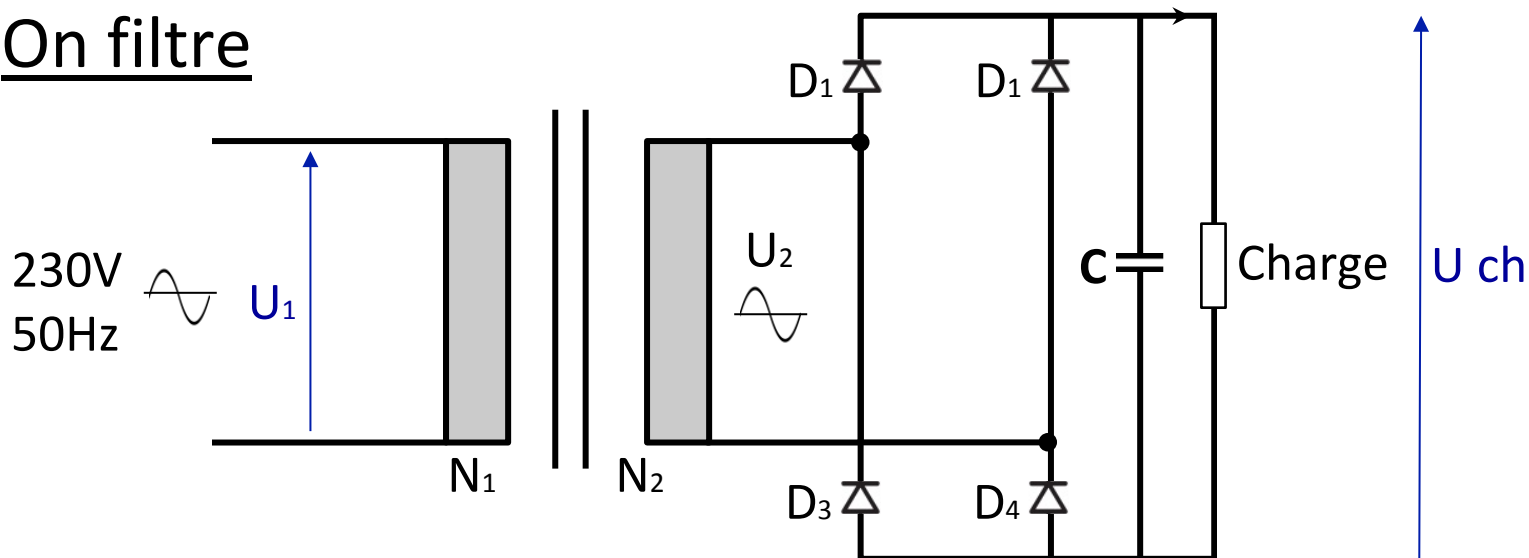
Avec $F = 50 \text{ Hz}$

Pour passer au continu :

A) On redresse



B) On filtre



Ce que veut l'utilisateur : un ΔU le plus petit possible (ondulation résiduelle la plus faible possible).

On se rend compte que c'est le condensateur C qui fournit le courant entre T_1 et T_2 .

Comment définir la valeur de C ?

En pratique simple, on considère :

- $T_1 - T_2 = \frac{1}{2}T = T_1$ (soit 10 ms pour 50 Hz)
- Ich est constant

On a donc avec $I = C \frac{U}{T_1}$

$$C = I \cdot \frac{T_1}{U} \iff C = I \cdot \frac{T}{2U}$$

$$C = I \cdot \frac{1}{2 \cdot F \cdot U}$$

Ce que nous dit cette relation ?

Que si on veut C de faible valeur, donc de faible volume (surtout en Haute Tension), pour un U faible \Rightarrow la seule solution d'augmenter F. Or dans notre cas, c'est la fréquence du réseau secteur (imposée) !

Et le transformateur ?

Une relation simple nous donne :

$$U_1 = N_1 \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta T} \quad \Phi = \text{Flux}$$

$$B = \text{Champ magnétique}$$

$$S = \text{Section fer noyau magnétique}$$

$$\Delta T = \text{Période de temps}$$

$$U_1 = \text{Tension primaire}$$

$$N_1 = \text{Nombre de spires primaires}$$

Avec $\Phi = B \cdot S$

$$U_1 = N_1 \cdot \frac{\Delta B \cdot S}{\Delta T} \quad \Leftrightarrow \quad S = \frac{U_1 \cdot \Delta T}{N_1 \cdot \Delta B} \quad \boxed{S = \frac{U_1}{N_1 \cdot \Delta B}}$$

Donc pour un ΔB donné $< 2 \cdot B_{\text{sat}}$ (B_{sat} = champ de saturation du matériau magnétique), plus F sera élevée plus S sera faible, donc le transformateur sera petit (et ce, sans augmenter le nombre de spires !)

Note : On peut tenir le même raisonnement pour une inductance.

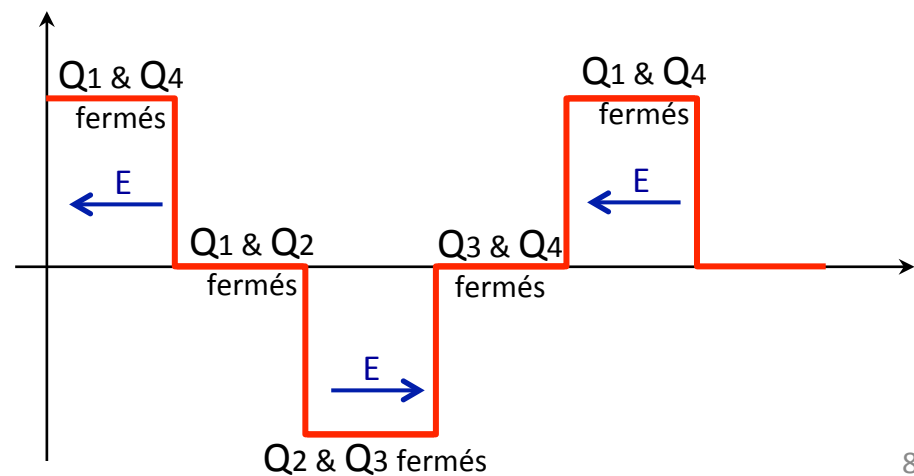
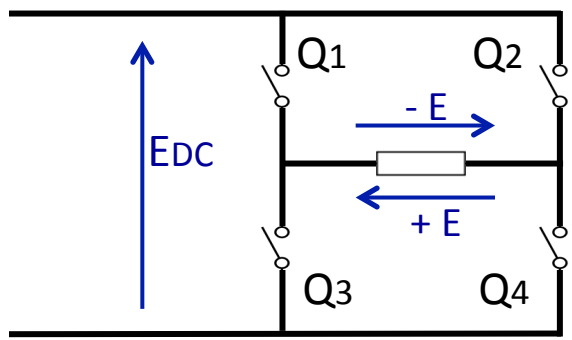
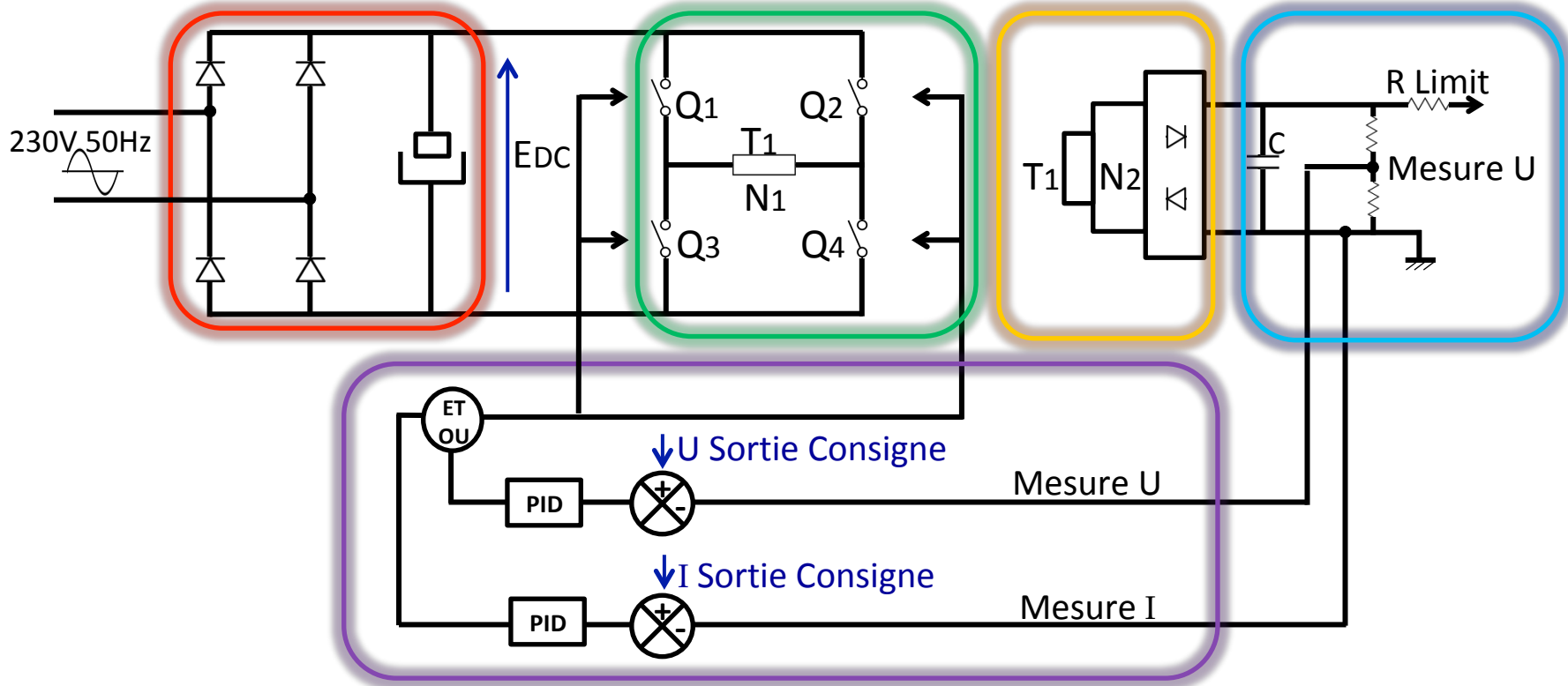
En première conclusion :

- Le principal désavantage de cette solution pour créer une source Haute Tension DC est le volume et le poids,
- Et aussi, un mauvais rendement.

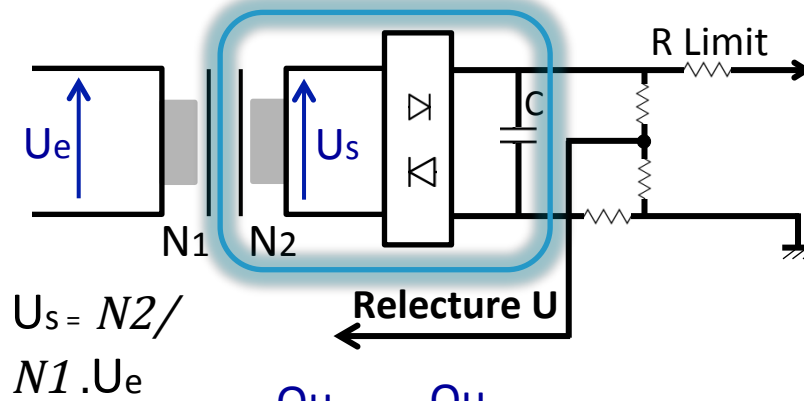
MAIS en travaillant à plus haute fréquence, on s'affranchit de ce problème majeur de volume et de poids.

Comment faire ?

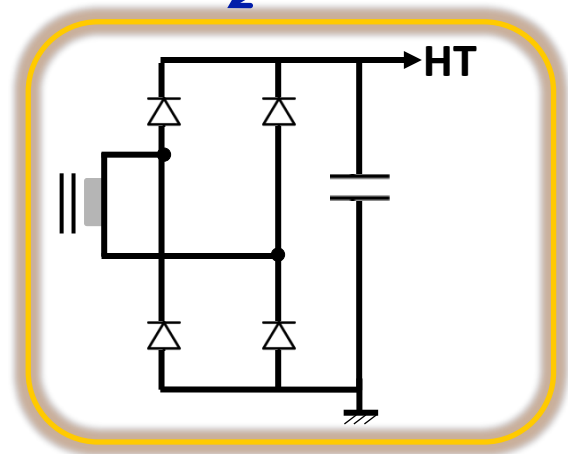
II - Alimentation à découpage



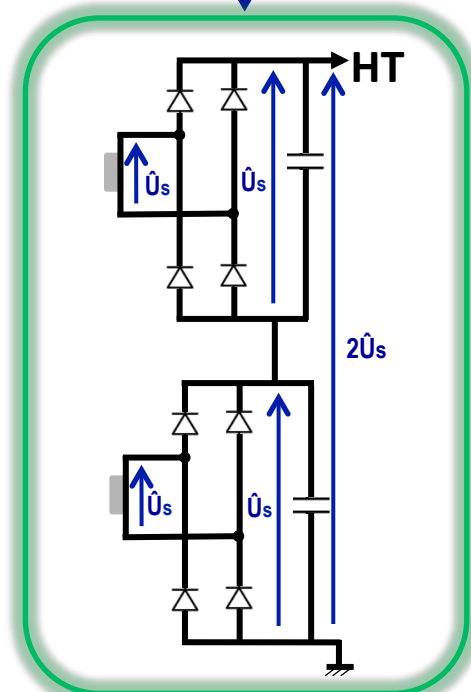
⇒ Côté utilisateur : Représentation de la sortie HT



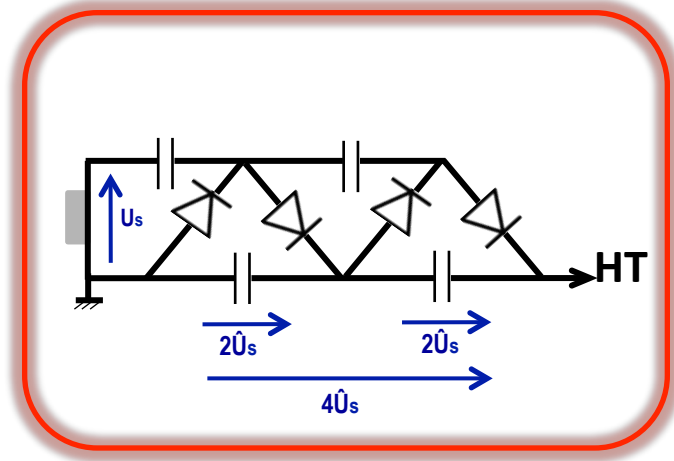
$$U_s = \frac{N_2}{N_1} \cdot U_e$$



Faible tension
Représentation de référence



"Moyenne" tension

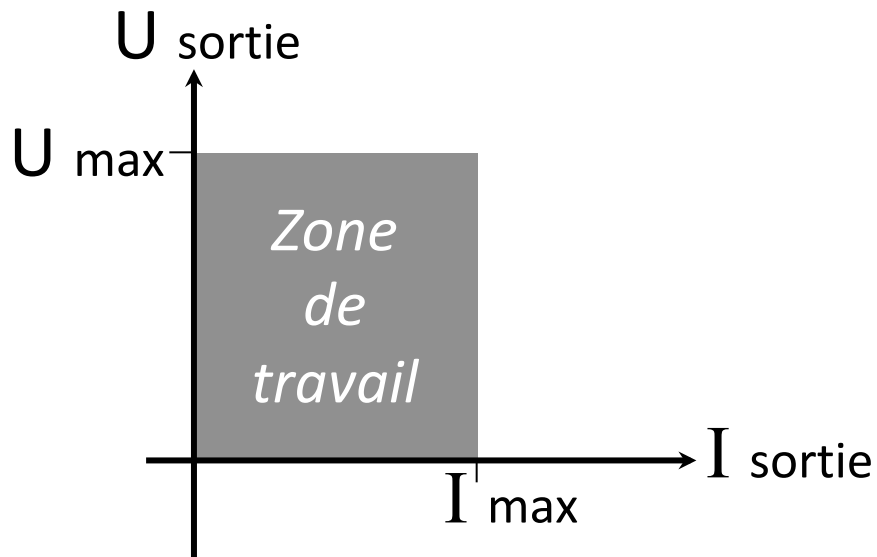


Haute Tension

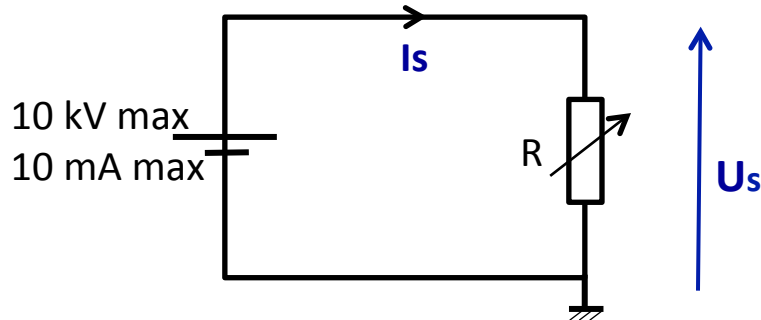
III-Caractéristiques d'une alimentation HT

⇒ Régulation U et I

Elles représentent la plus grande majorité des alimentations présentes sur le marché.



Prenons un exemple : Alimentation 10kV, 100W, UI crossover

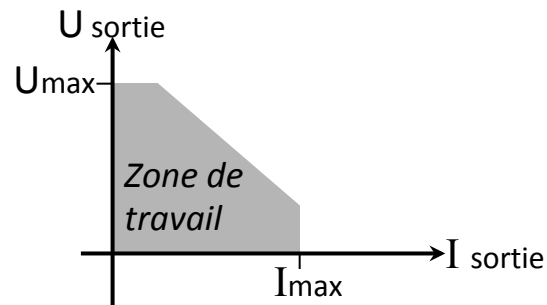


On programme :
 $U = 1 \text{ kV}$
 $I = 1 \text{ mA}$

Faisons varier R :

R	U Prog kV	I Prog mA	Us	Is mA	Type de régulation
0 court circuit	1	1	0	1	Régulation en courant
500 kΩ	1	1	500 V	1	
900 kΩ	1	1	900 V	1	
1 MΩ	1	1	1 kV	1	Régulation U ou I selon ε
1,5 MΩ	1	1	1 kV	0,66	Régulation en tension
2 MΩ	1	1	1 kV	0,5	
∞ Circuit ouvert	1	1	1 kV	0	

REMARQUE : On trouve plus rarement des alimentations avec caractéristique de limitation en puissance type :



⇒ Régulation ligne et charge

Cas d'une alimentation 10 kV 10 mA,

Régulation ligne

(secteur 230V +/-10%)

donnée à $\pm 0,005\%$

U secteur	V sortie	I sortie
207	9 999,5 V	9,9995 mA
253	10 000,5 V	10,0005 mA

Régulation de Vs en charge

donnée à $\pm 0,005\%$ pour

$V_{sprog} = 10 \text{ kV}$

I sortie	V sortie
0	10 000,5 V
10 mA	9 999,5 V

Régulation de Is en charge

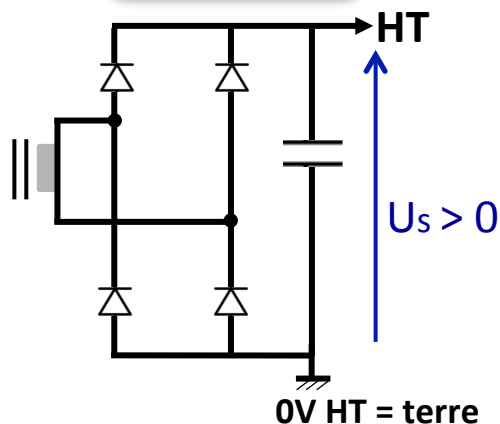
donnée à $\pm 0,005\%$ pour

$I_{sprog} = 10 \text{ mA}$

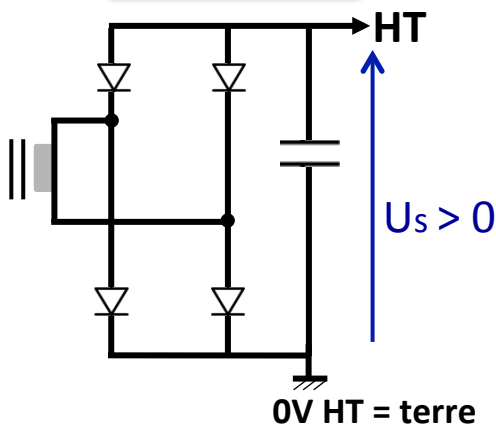
V sortie	I sortie
0	10,0005 mA
10 000 V	9,9995 mA

⇒ Polarité de la tension de sortie

POSITIVE



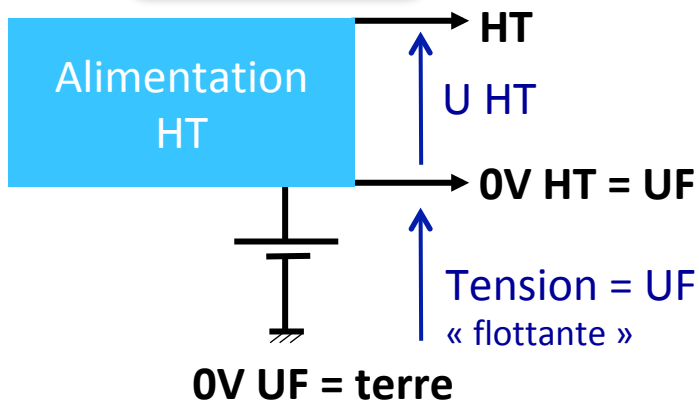
NEGATIVE



REVERSIBLE

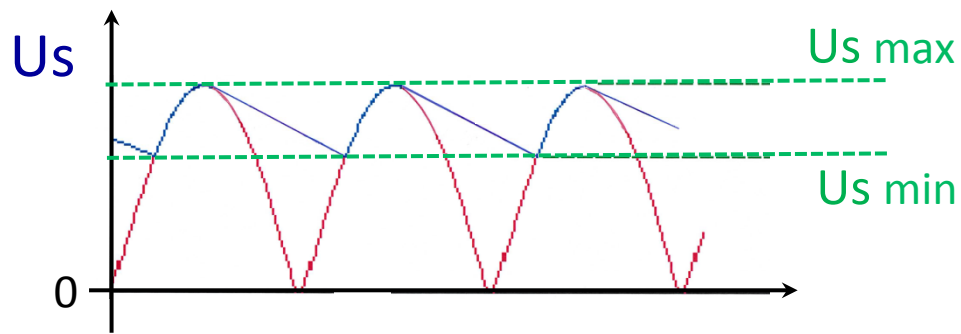
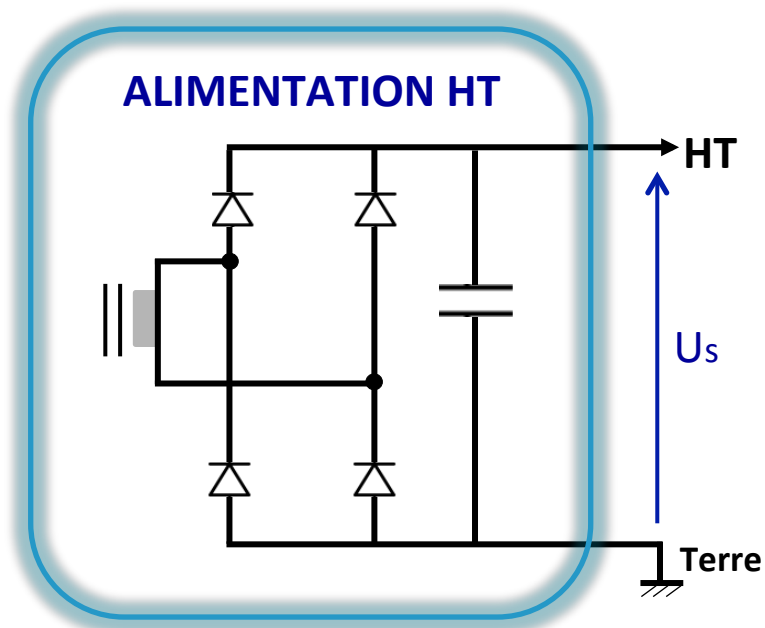
POSITIVE ou NEGATIVE
 Par commutation interne
 ou par câblage

FLOTTANTE



La tension d'isolement interne doit être au minimum de $UF + UHT$.
Plus complexe et sur demande.

⇒ Taux d'ondulation résiduelle « ripple » ou « ronfle »



Taux d'ondulation résiduelle :

$$\Delta U = U_{\max} - U_{\min}$$

Typique entre 10^{-5} et 10^{-3} de U_{\max}

⇒ Isolation

- AIR : Volume important. Difficile en THT.
- HUILE : Bien mais attention, certaines « Normes » dans les installations imposent un banc de rétention d'un volume égal au volume d'huile contenu dans l'alimentation.
- SECHE : Silicone, Epoxy → Idéal

IV- Notions & astuces

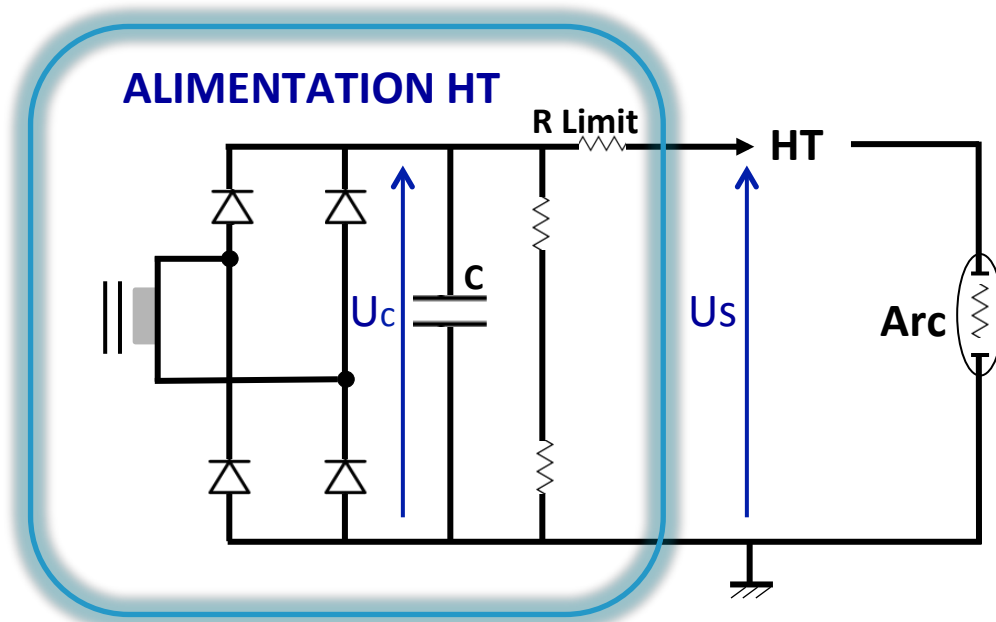
⇒ **L'alimentation tient-elle le court-circuit permanent ?**

Réponse : Oui, dans une grande majorité de cas (*)

(* Alimentation de bonne qualité)

⇒ **L'alimentation tient-elle les arcs ?**

Réponse : Oui, mais...



Courant max d'arc = $Uc/R\ Limit$

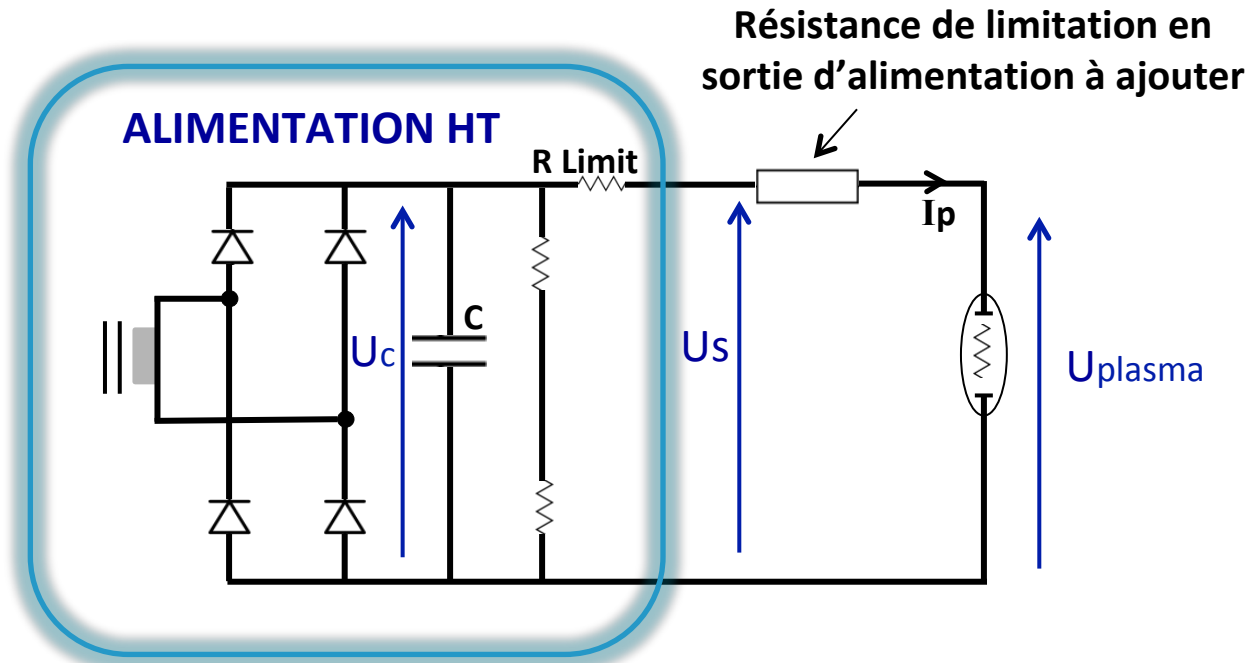
Puissance dissipée dans R Limit :

$$P = 1/2 .C.Uc^2.F$$

(F = fréquence d'arc)

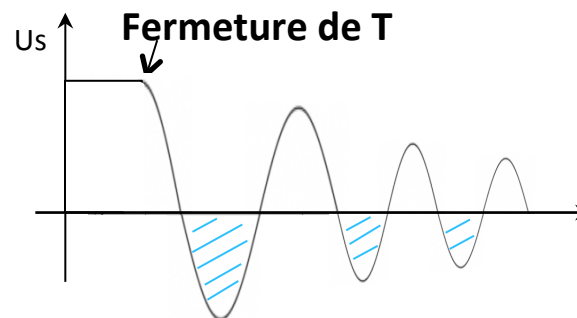
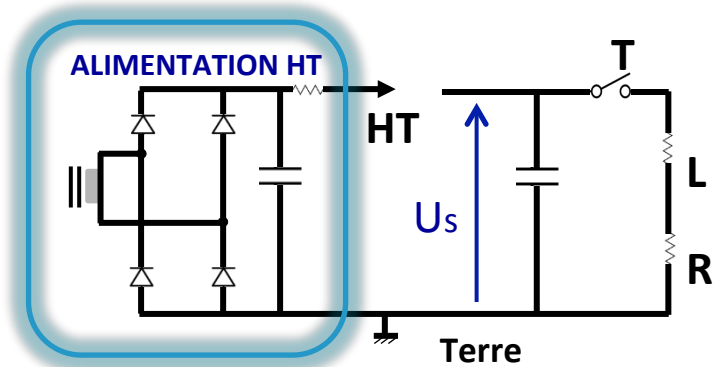
SOLUTION pour réduire le volume de R

- Disjonction électronique après un certain nombre d'arcs.
- et/ou :
- Rajout d'une résistance série en sortie

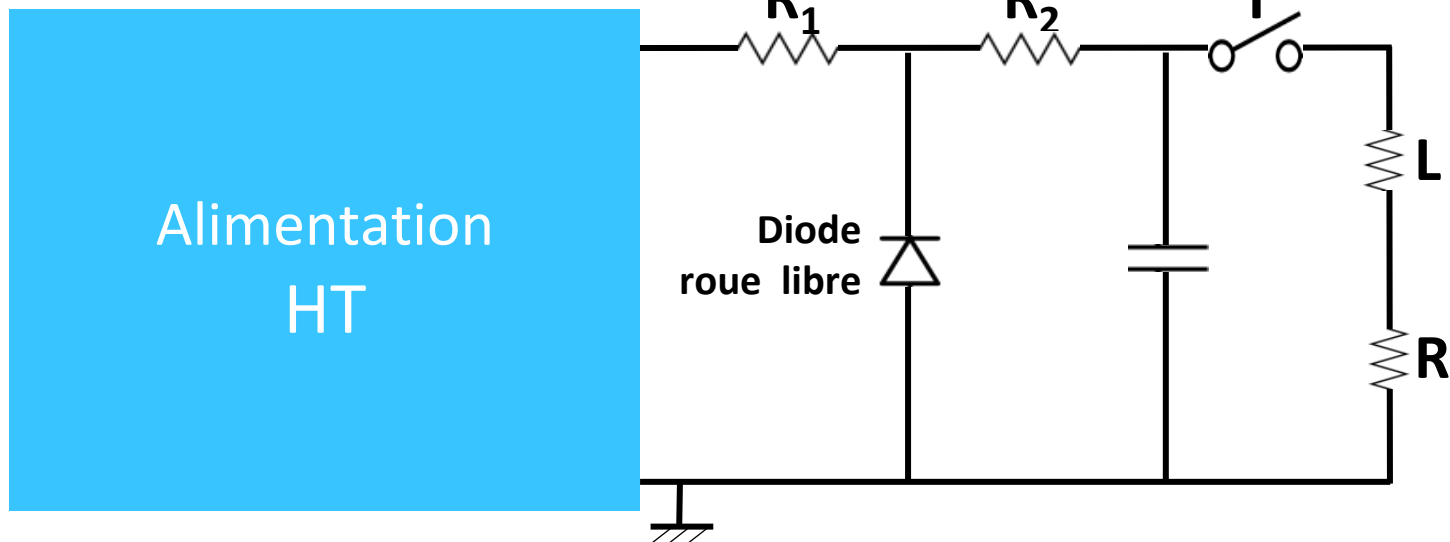


MAIS : $U_{\text{plasma}} = U_s - R I_{\text{plasma}}$

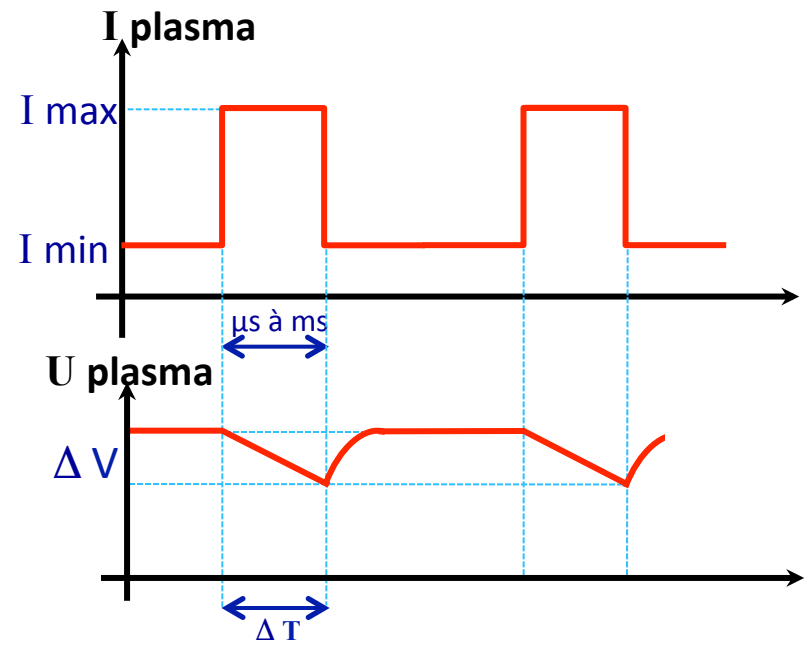
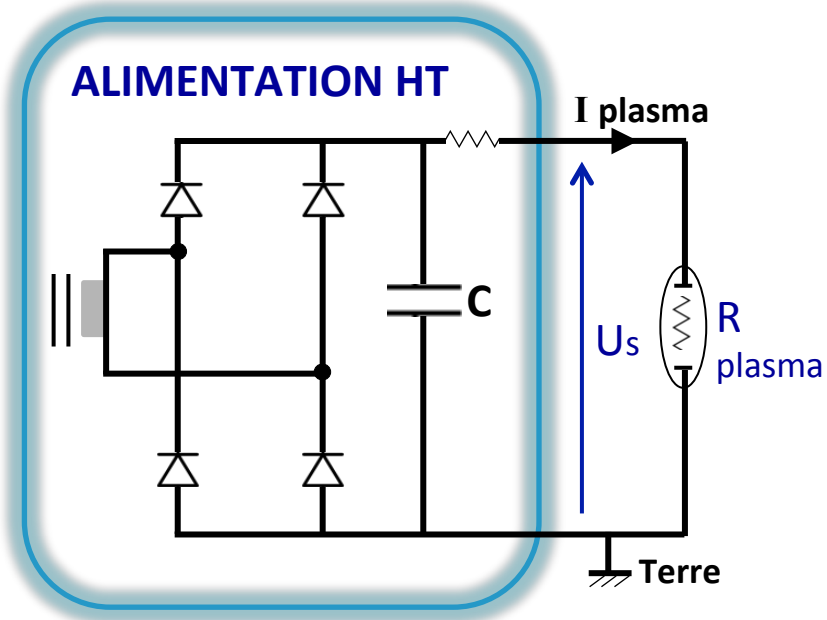
⇒ Inversion de tension = danger



SOLUTION



⇒ Variation « brusque » de courant

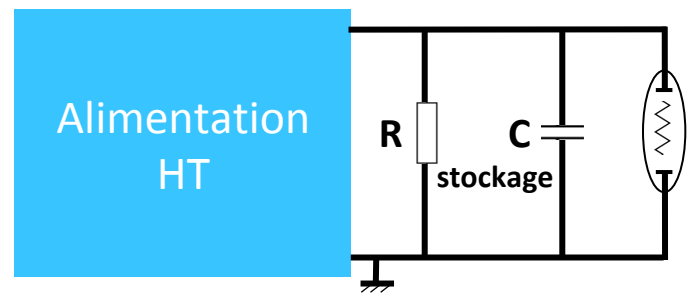


Sur des temps courts, la boucle de régulation ne voit rien.

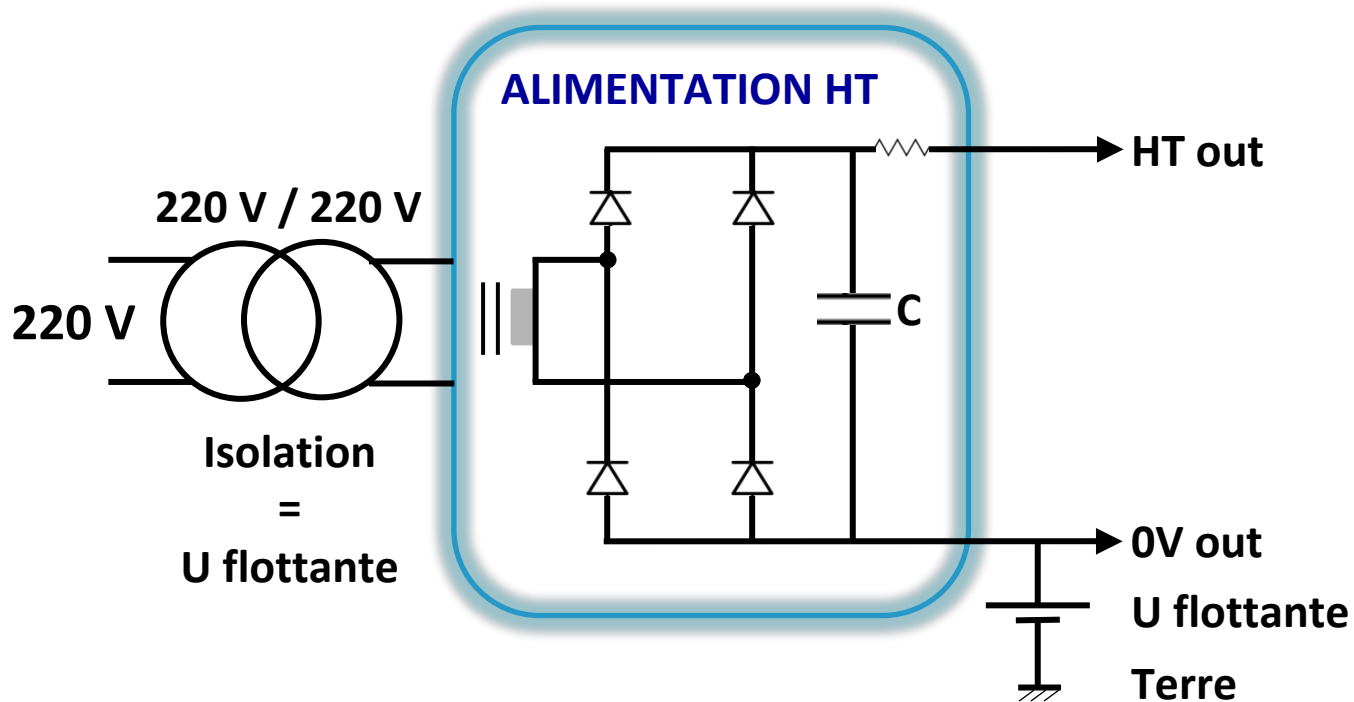
$$\Delta V = I_{max} \cdot \frac{\Delta T}{C}$$

SOLUTION

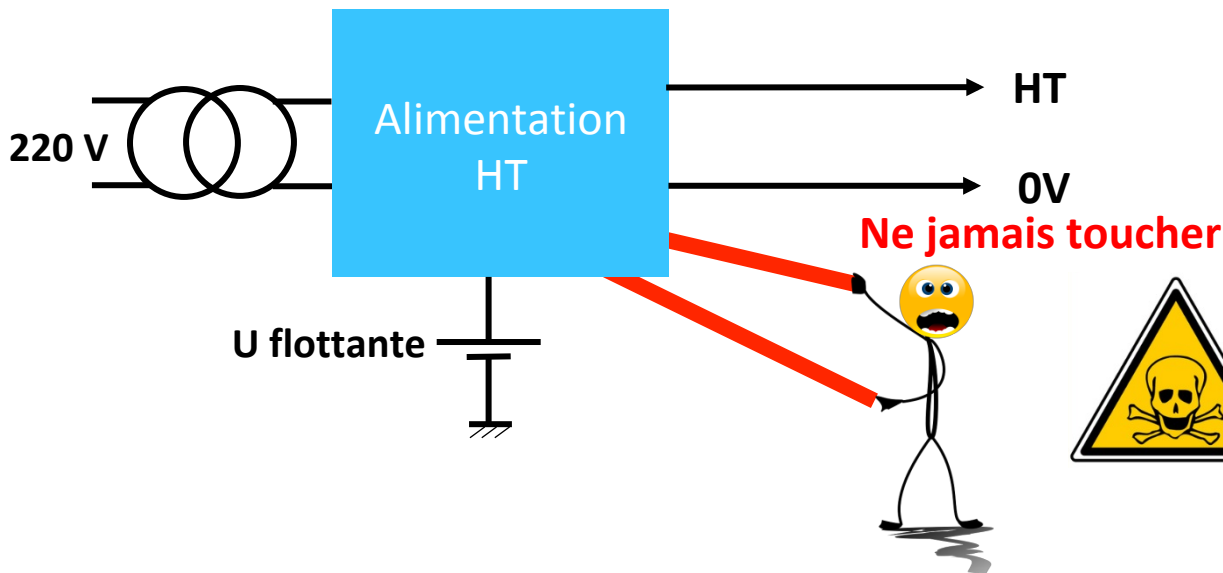
- Placer une résistance de charge en parallèle de la sortie telle que : $R \approx U_s / 0,1 \cdot I_{max}$ sortie alim
- Rajouter un condensateur de stockage



⇒ Alimentation flottante

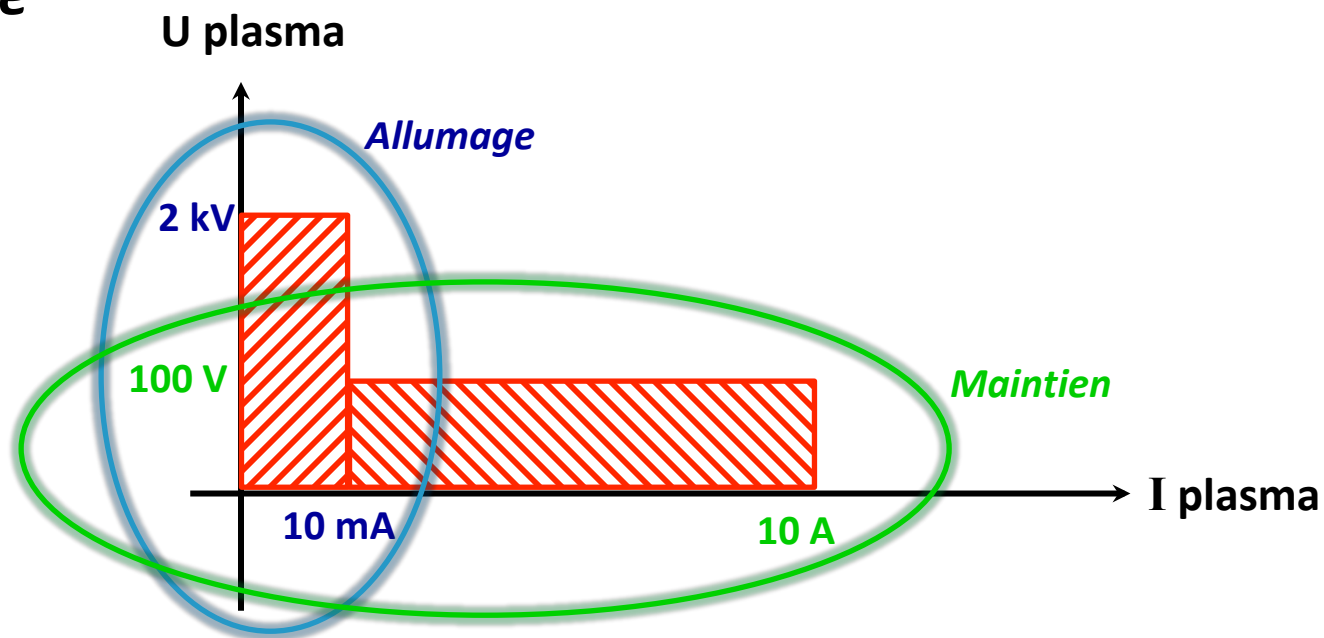


Mais danger !

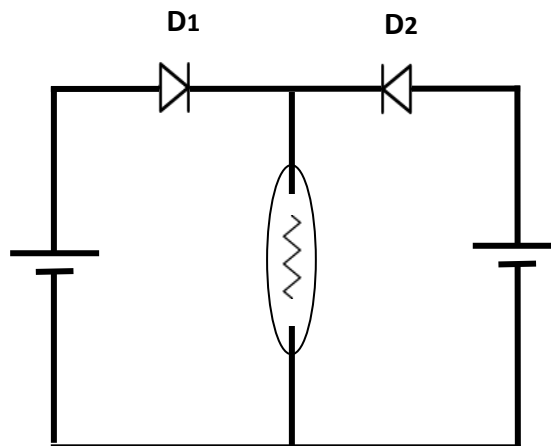


⇒ Astuce d'allumage

Exemple



2kV 10mA allumage



100V 10A maintien

Pour parler de nous en...

Conversion



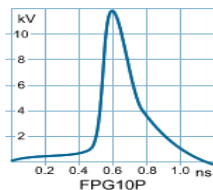
Alimentations HT



Chargeurs de condensateurs



Modules HT



Générateurs d'impulsions nano-seconde



Générateurs d'impulsions micro-seconde



Alimentation BT fort courant

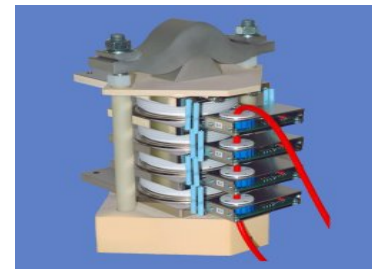
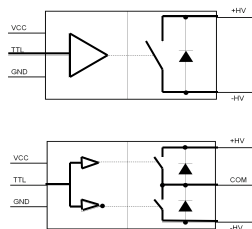
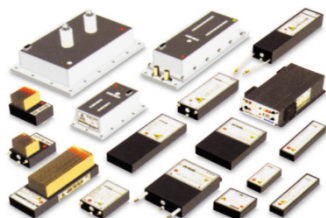


Alimentation pour électroaimant



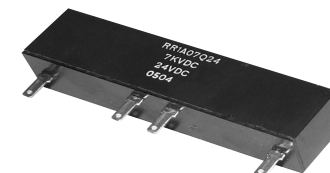
Redresseurs & Onduleurs

En ...Commutation



Commutateurs semi-conducteurs HT

Commutateurs semi-conducteurs HT & Fort courant



Relais de sécurité HT

Relais Reed d'aiguillage HT



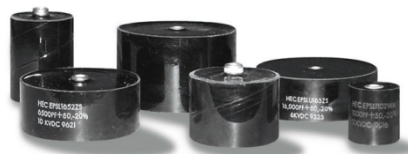
Eclateurs à Gaz

Thyatron & pseudo-sparkgap

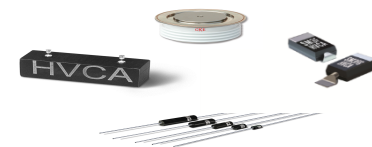
En...Composants



Condensateurs Film HT
de décharges et de filtrage



Condensateurs
Céramique HT



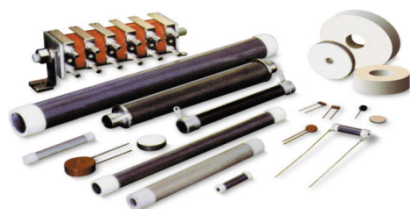
Diodes HT



Câble HT



Connecteurs HT



Résistances
Non-Inductives HT



Résistances de
précisions HT



Résistances Bobinées de
puissance

En... Instrumentation



Diviseurs HT



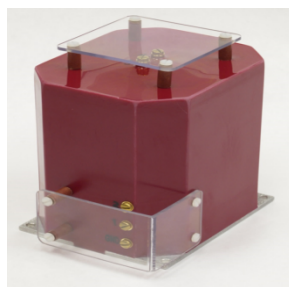
Sondes HT



Perches de mesure sécurisées HT



Sondes de courant



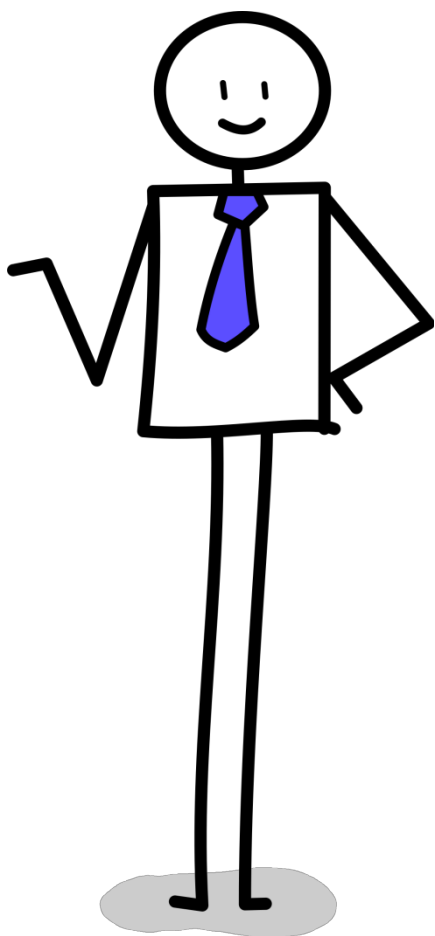
Transformateurs
d'isolement



Testeurs Diélectrique
AC & DC



Transmission analogique sur
fibre optique



Plasmaement vôtre...

Et à votre entière disposition

Merci

Fabrice DA SILVA
Pulse MC²