



Introduction à l'Action Nationale de Formation « Quelle alimentation électrique pour quel plasma ? »

Dunpin HONG

GREMI, UMR 7344, CNRS / Université d'Orléans,





Plan

- Bienvenu et remerciements
- Contexte et objectif
- Quelques éléments clés
- Planning « scientifique »
- Informations complémentaires



Bienvenus et remerciements

- Aux participants, sans votre participation active, cette ANF n'aurait aucun sens.
- Aux intervenants qui ont répondu favorablement à notre sollicitation pour partager leurs connaissances et leurs expertises avec la communauté.
- Aux collègues à la délégation régionale qui ont apporté une aide efficace dans l'organisation.
- Aux 2 sponsors RLC Electronic et SOLAYL.
- Au financeur principal (CNRS) et au réseau des plasmas froids (RPF).
- Aux collègues du GREMI qui ont organisé avec moi cette ANF et à la direction du GREMI pour le soutien.



Contexte

Dans les laboratoires, **la plupart des plasmas** sont produits en utilisant des alimentations électriques fournissant des tensions plus ou moins élevées à des régimes variables (impulsionnel, sinusoïdal, etc...). **Les propriétés des plasmas** sont étroitement liées au type d'alimentation utilisée et aux paramètres électriques (régime, tension, courant, fréquence...) de celle-ci quand ces derniers sont ajustables. Par conséquent, **une bonne connaissance du principe de fonctionnement des générateurs électriques est primordiale** pour la compréhension et l'optimisation des plasmas générés afin d'ajuster les propriétés du plasma les mieux adaptées aux applications recherchées.



Objectif

- Faire découvrir le fonctionnement des différents types d'alimentation électrique
- Faire transmettre les savoir-faire dans l'utilisation des générateurs des laboratoires, y compris ceux faits-maisons
- Faire constater les changements des propriétés physiques des plasmas grâce aux ajustements des paramètres électriques
- *Faire connaître des besoins en alimentation électrique pour la mise en œuvre des plasmas*



Classification des plasmas (froids)

- **Plasma thermique** ou **plasma non-thermique**
- **Plasma en équilibre** ou **plasma non-équilibre**
- **Décharge haute pression** (souvent à pression atmosphérique, arc, corona, etc.) et **décharge basse pression** (plasmas pour l'industrie micro-électronique, etc.)
- **Décharge avec électrode** (arc, décharge luminescente, etc.) et **décharge sans électrode** (décharge RF avec couplage inductif ou décharge micro-onde, etc.)
- **Décharge DC** (Direct Current) ou **décharge non-DC** (AC (Alternating Current) ou impulsionnelle) (décharge RF 13.56 MHz ou décharge micro-onde ou DBD).
- etc.



Importance du courant

Courbe U-I typique d'une décharge DC

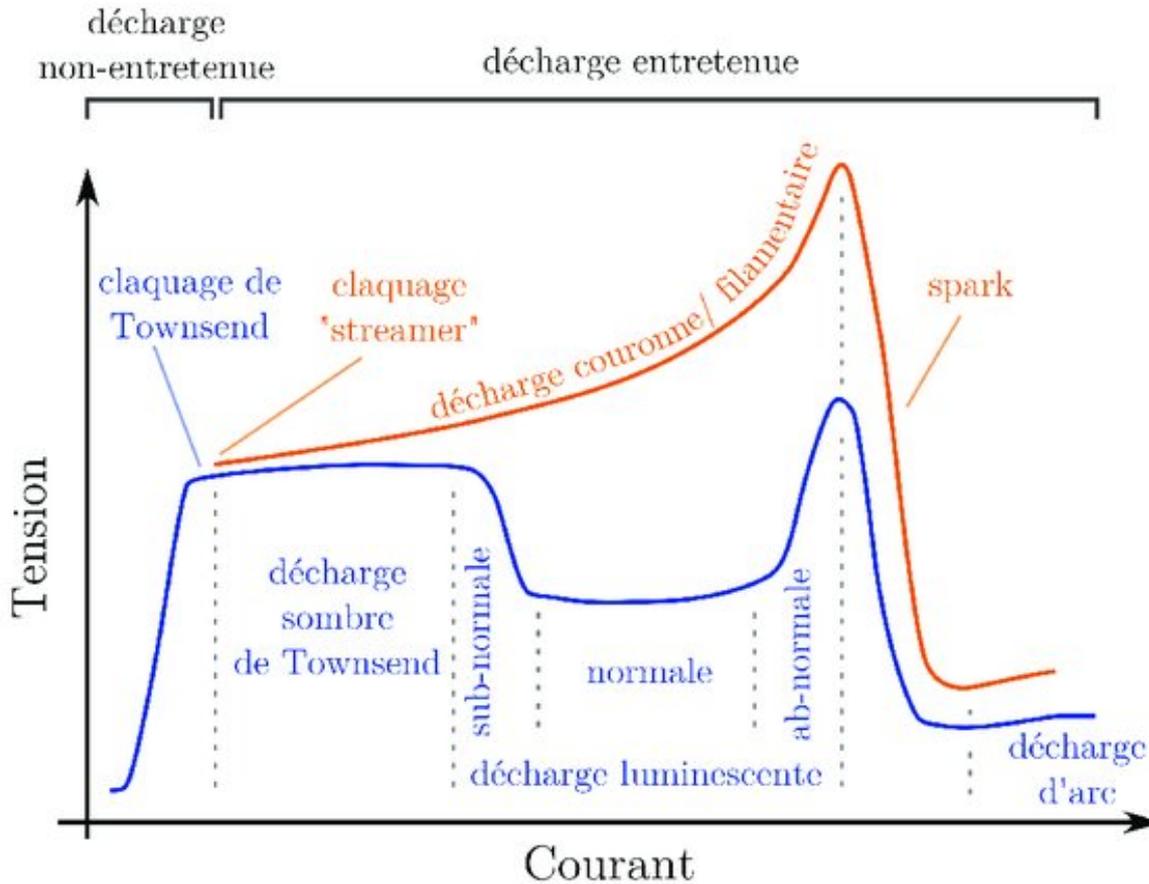
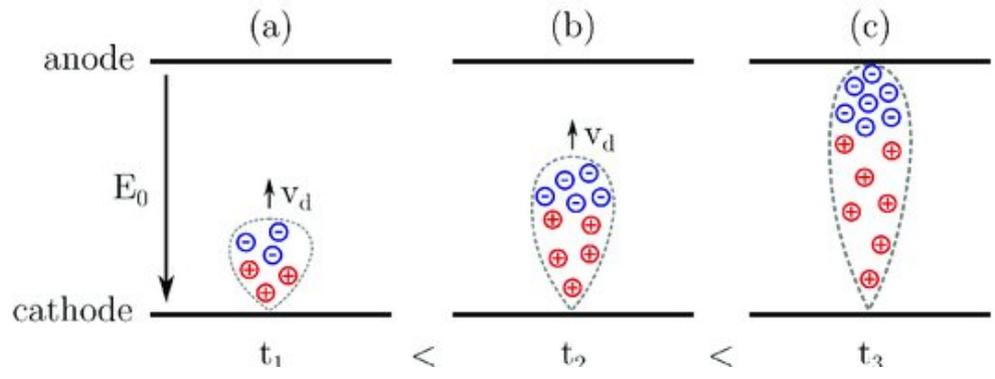


Figure de Claire Douat, thèse doctorale de l'université Paris Sud, 2014



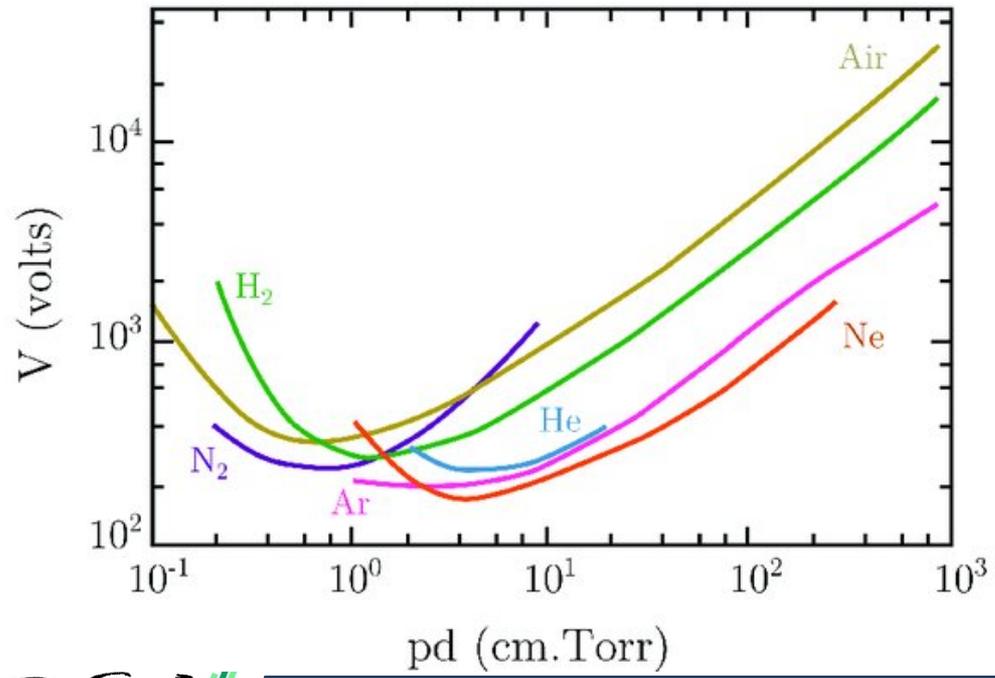
Importance de la tension (du champ électrique)



Avalanche électronique
 → auto entretenue

Courbe de Paschen

Figures de Claire Douat, thèse doctorale de l'université Paris Sud, 2014



$$V = Ed = \frac{B \times (pd)}{C + \ln(pd)}$$

$$V_{\min} = \frac{B \times (pd)_{\min}}{C + \ln(pd)_{\min}} = B \frac{e^1}{A} \ln\left(\frac{1}{\gamma} + 1\right)$$

$$(pd)_{\min} = \frac{e^1}{A} \ln\left(\frac{1}{\gamma} + 1\right)$$

A la basse pression



Quelles alimentations pour ces plasmas ?

Arc de découpe

Décharge à Barrière Diélectrique

Projection thermique (torche)

Plasmas pour le dépôt couche mince

Plasma ECR (pour le dépôt de films minces)

Délaquage de résine (microélectronique)

Laser Excimère

Laser N₂





Associations

Décharge (plasma)	Alimentation électrique (solution non unique)
Arc de découpe	DC
Décharge à Barrière Diélectrique	AC ou impulsionnelle
Projection thermique (torche)	DC
Dépôt couche mince	RF (13.56 MHz), DC, impulsionnelle
Délaquage de résine (microélectronique)	RF (13.56 MHz) ou micro-onde
Dépôt de films minces (plasma ECR)	Mirco-onde
Laser Excimère , Laser N ₂	Impulsionnelle
...	...



Programme détaillé et intervenants

- Axe 1 : Fonctionnement et utilisation de générateurs DC, DC pulsé et RF
- Axe 2 : Mesure électrique (sonde tension/courant en DC, DC pulsé et RF)

1/4 pm	Introduction de l'ANF "Quelle alimentation pour quel plasma?"	14:00	0:20	D. Hong (GREMI)
	Alimentations RF : principes et utilisations	14:20	0:30	E. Johnson (LPICM)
	Générateur μ -onde pour la production de plasma : principe et utilisations	14:50	0:30	F. Silva (LPICM)
	Pause	15:20	0:20	
	Générateurs rapides d'impulsions hautes tensions - Principes de fonctionnement et état de l'art	15:40	0:30	L. Pecastaing (SIAME)
	Les alimentations électriques pour la propulsion spatiale électrique	16:10	0:30	S. Mazouffre (ICARE)
	Générateurs fort courant pour l'étude du foudroiement des aéronefs	16:40	0:30	C. Zaepffel (ONERA)
	Présentation d'alimentations commerciales	17:10	0:30	R. Lepan (RLC Electronic) et S. Dine (SOLAYL)

2/4 am	Alimentations HT continues : principes et utilisations	08:45	0:30	F. Da Silva (Pulse MC2)
	Alimentation impulsionnelle micro-secondes haute tension: conception, problèmes et défis	09:15	0:30	S. Dozias (GREMI)
	Mesure des signaux électriques rapides (DC pulsé et impulsionnel)	09:45	0:30	M. Fleury (LPGP)
	Pause	10:15	0:20	
	Compatibilité Electromagnétique - Précautions d'usage pour la limitation des couplages	10:35	0:30	L. Pecastaing (SIAME)
	Adaptation d'impédance et mesure de signaux RF	11:05	0:30	E. Johnson (LPICM)
	Controler les plasmas radiofréquence à couplage capacitive par la fréquence, les mélanges de fréquences et la forme d'onde	11:35	0:30	J.-P. Booth (LPP)



Programme détaillé et intervenants

- Axe 3 : Influence des générateurs sur les propriétés des plasmas (magnétron, décharge DBD à la pression atmosphérique, jets plasmas, ...)

3/4 am	Influence de forme des impulsions HiPIMS en décharge magnétron	08:45	0:30	S. Konstantinidis (FNRS, Univ. Mons)
	Influence de forme d'impulsion sur les propriétés de la décharge (tube et jet)	09:15	0:30	E. Robert (GREMI)
	Optimisation du générateur électrique pour une DBD homogène	09:45	0:30	N. Naudé(Laplace)
	Pause	10:15	0:20	
	Influence des paramètres électriques sur les propriétés d'une décharge glissante - Identification de la source d'alimentation et Applications environnementales	10:35	0:30	S. Pellerin (GREMI)
	Table ronde	11:05	1:00	A. Caillard et H. Rabat (GREMI)

Après chaque présentation, le temps réservé pour « Q-R » est limité, mais vous avez beaucoup d'autres occasions pour questionner les intervenants : durant les pauses, avant, après et durant les repas.



Rotation de TPs+visite

Mardi pm	
TP 1 : Mise en service d'une alimentation impulsionnelle faite sur-mesure	S. Dozias (GREMI) et M. Fleury (LPGP)
TP2 : Mesure de courant, tension et puissance d'une décharge DBD	H. Rabat et D. Hong (GREMI)
TP3 : Mesure de grandeur électrique d'une décharge RF	G. Curley (IEMN) et M. Mikikian (GREMI)
TP4 : Influence des caractéristiques d'une alimentation HiPIMS sur une décharge magnétron	A. Caillard (GREMI)
V : Visite du GREMI	La direction du GREMI

	Créneau 1 14:15-14:55	Créneau 2 14:55-15:35	Créneau 3 15:35-16:15	Créneau 4 16:35-17:15	Créneau 5 17:15-17:55	Composition de groupe
Gr1	TP1	TP2	TP3	TP4	V	
Gr2	TP2	TP3	TP4	V	TP1	
Gr3	TP3	TP4	V	TP1	TP2	
Gr4	TP4	V	TP1	TP2	TP3	
Gr5	V	TP1	TP2	TP3	TP4	



Bonne ANF

Merci pour votre attention

Merci pour votre participation

Questions ?