



**HAL**  
open science

# Étude du fonctionnement très basse tension-fort courant d'une pile à combustible de type PEM

Melika Hinaje, Kévin Berger, Jean Lévêque, Bernard Davat

## ► To cite this version:

Melika Hinaje, Kévin Berger, Jean Lévêque, Bernard Davat. Étude du fonctionnement très basse tension-fort courant d'une pile à combustible de type PEM. Journées scientifiques ICEEL 2014, May 2014, Nancy, France. hal-01119664

**HAL Id: hal-01119664**

**<https://hal.science/hal-01119664>**

Submitted on 24 Feb 2015

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

M. Hinaje, K. Berger, J. Lévêque, B. Davat

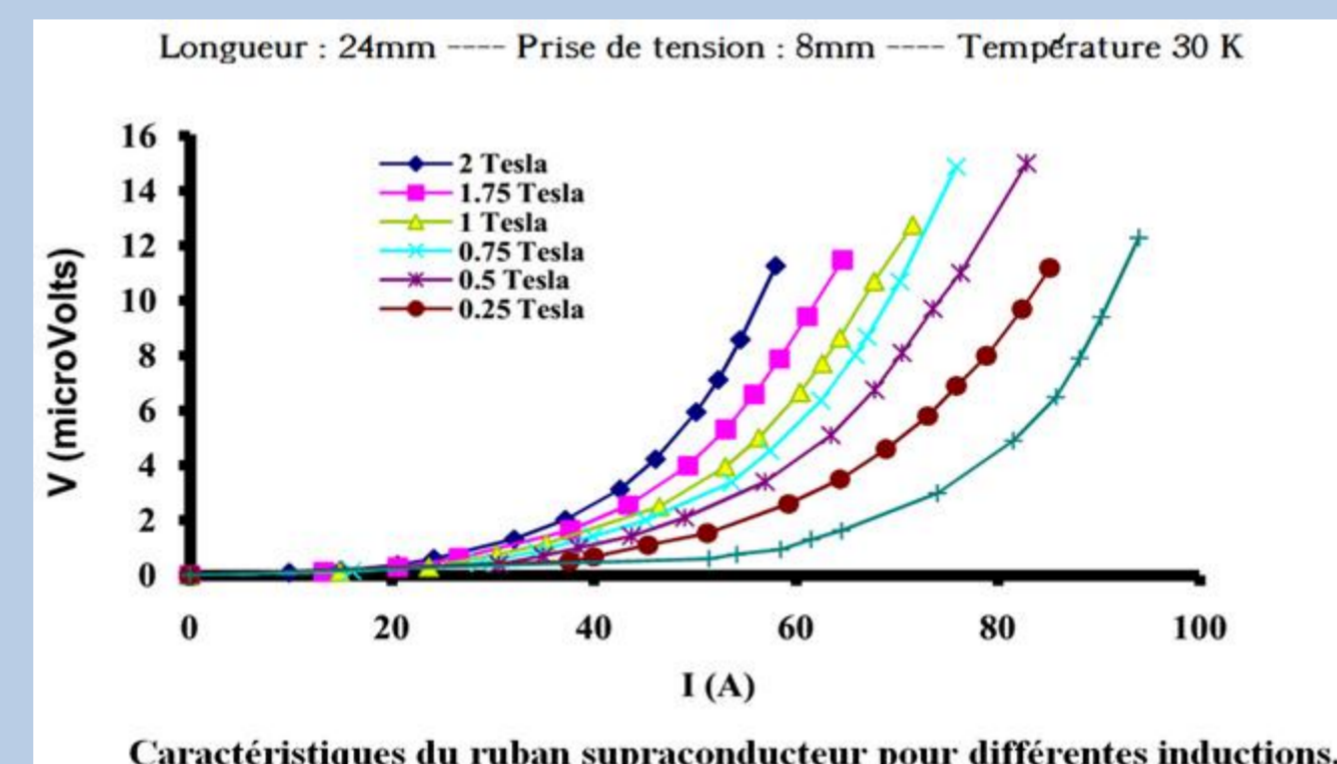
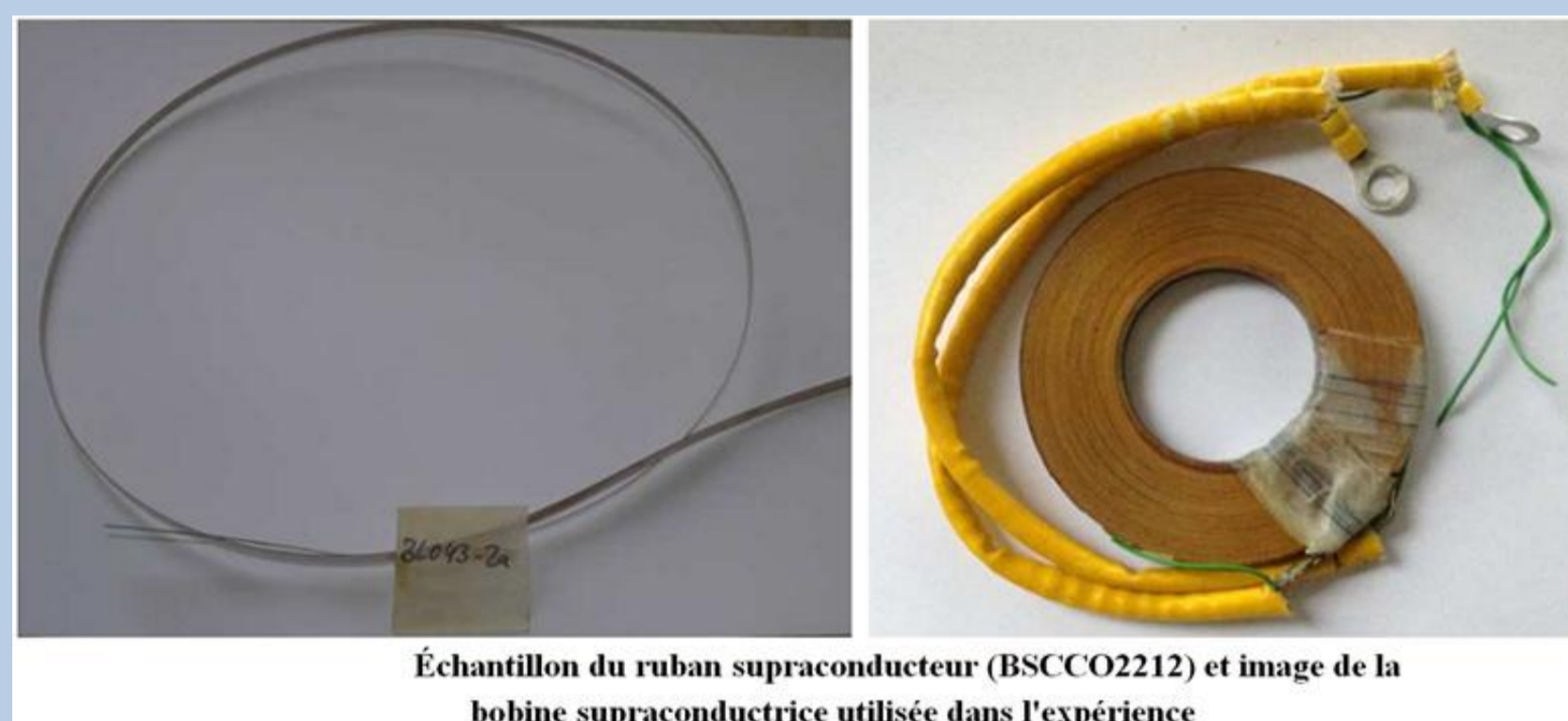
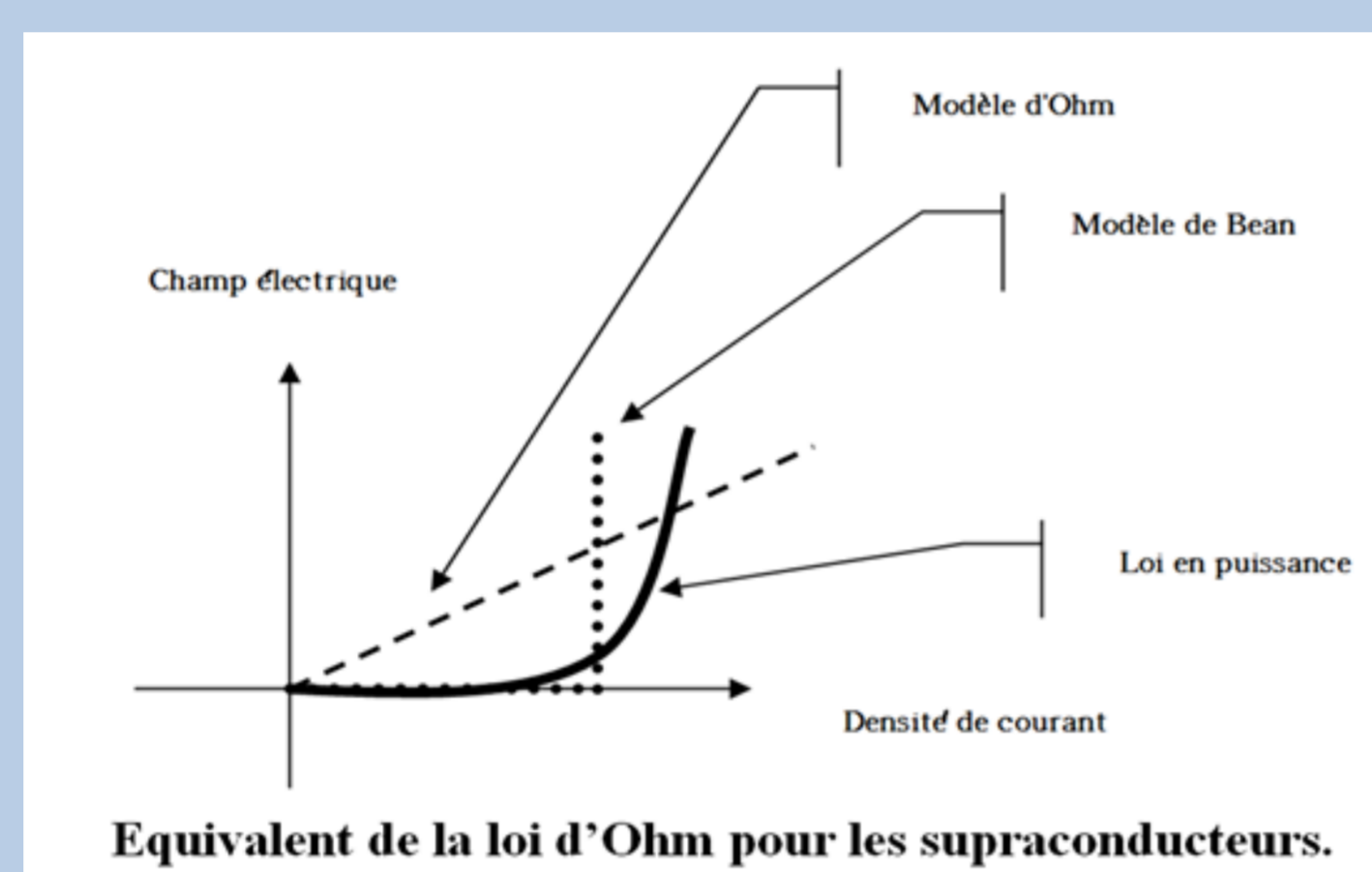
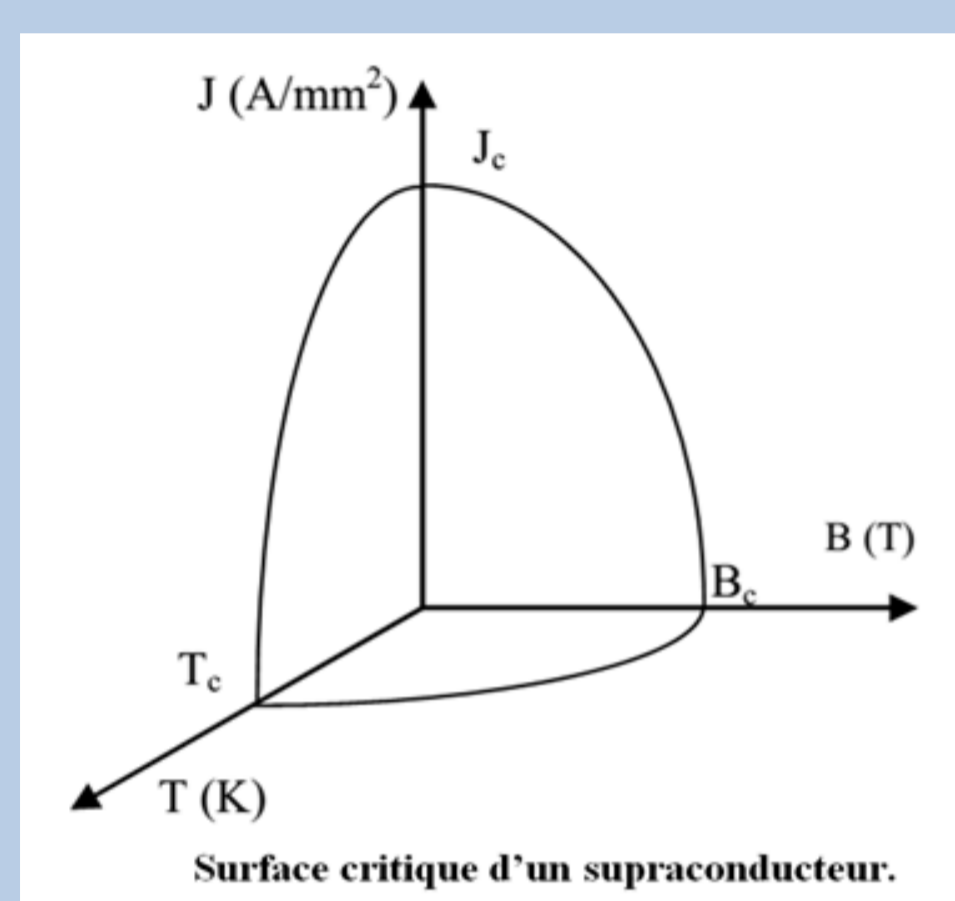
Groupe de Recherche en Électrotechnique et Électronique de Nancy  
Université de Lorraine, 2, avenue de la Forêt de Haye, 54516 Vandœuvre-lès-Nancy, France

## RESUME

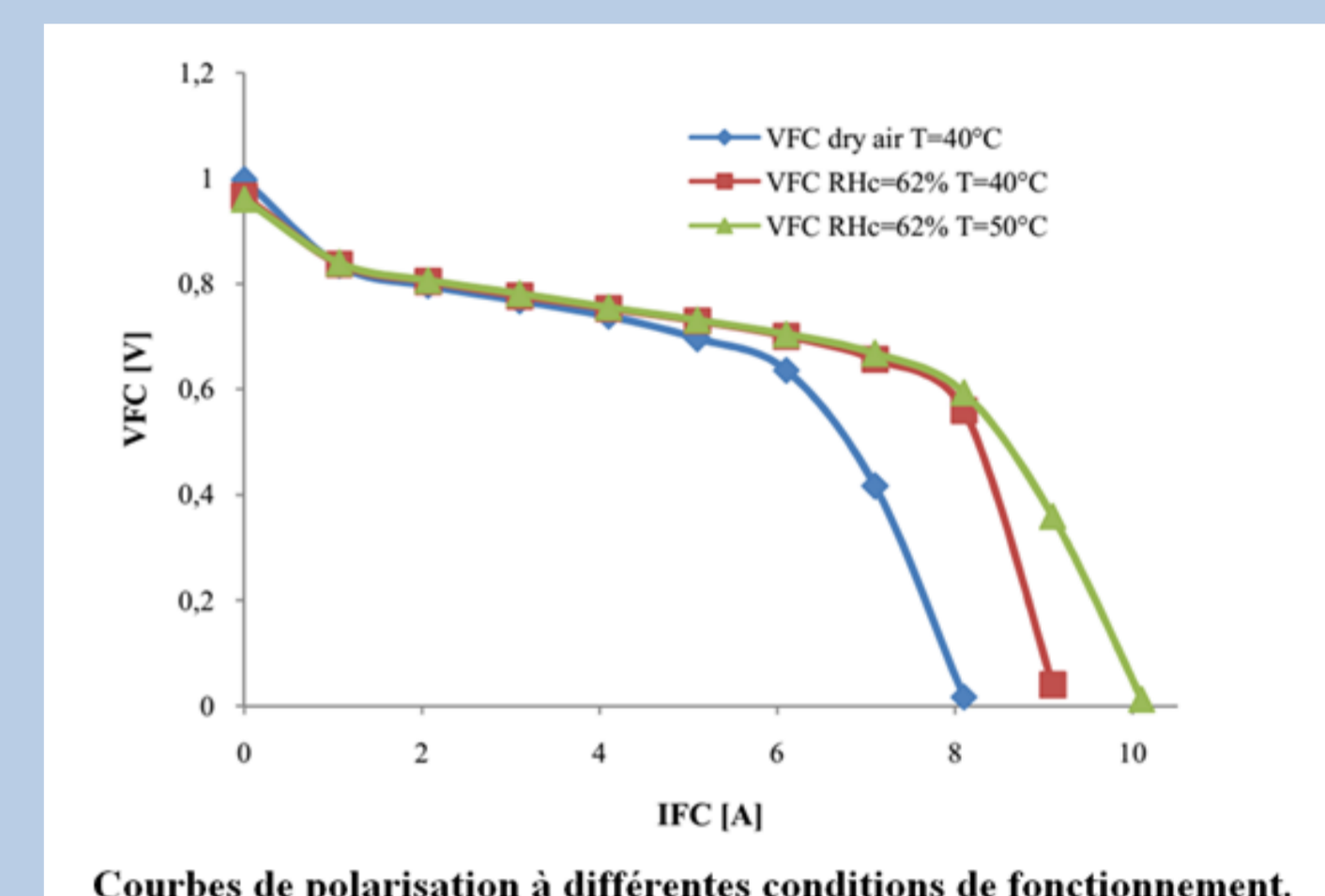
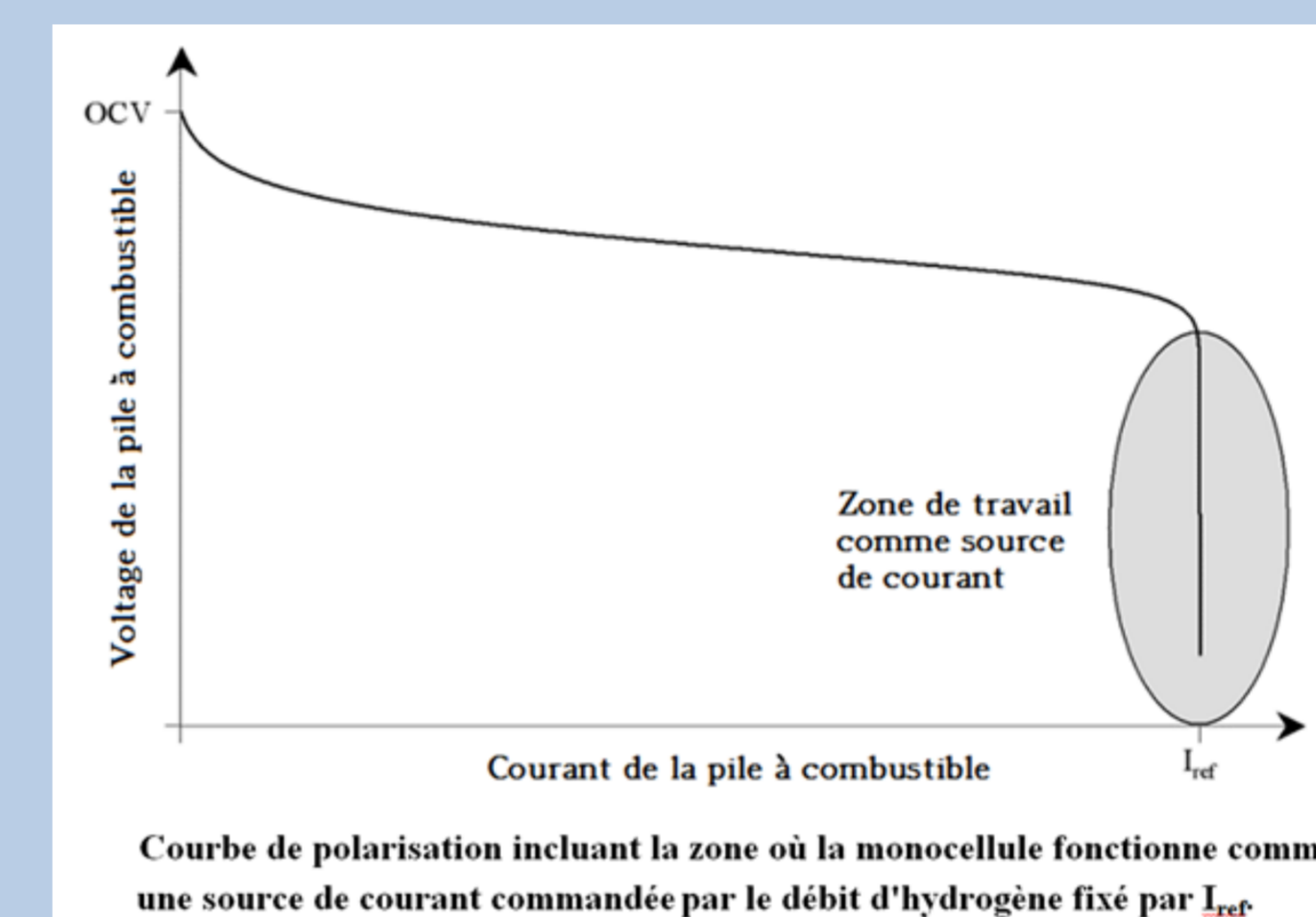
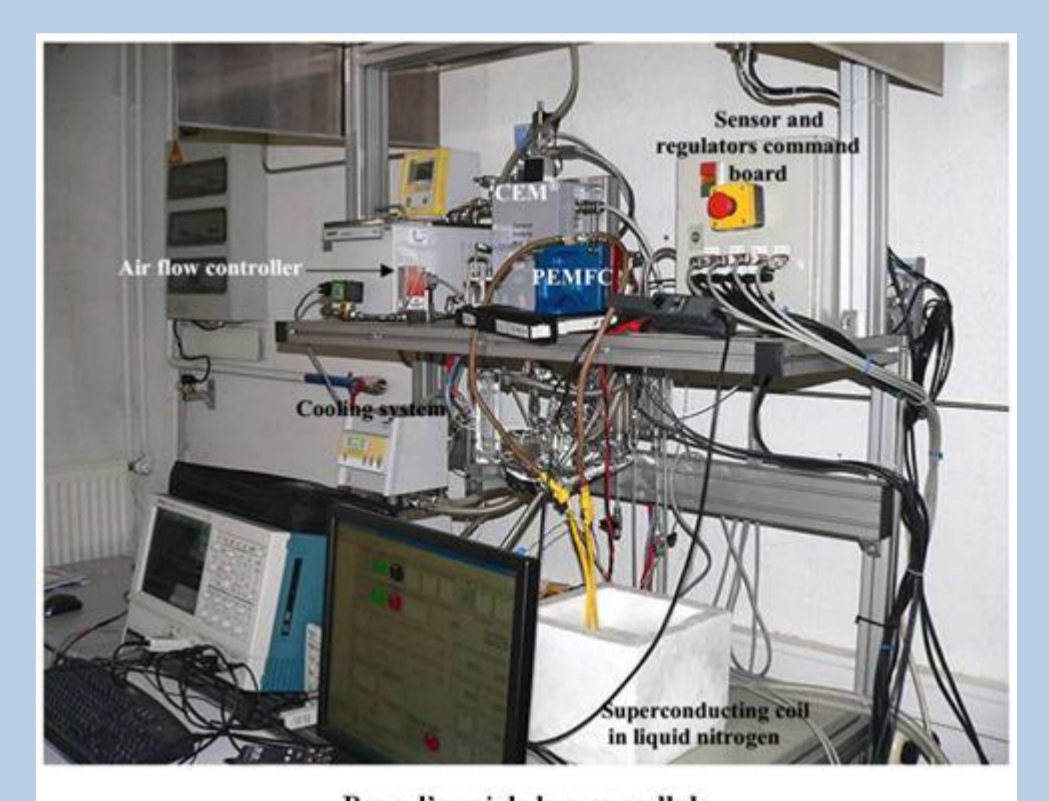
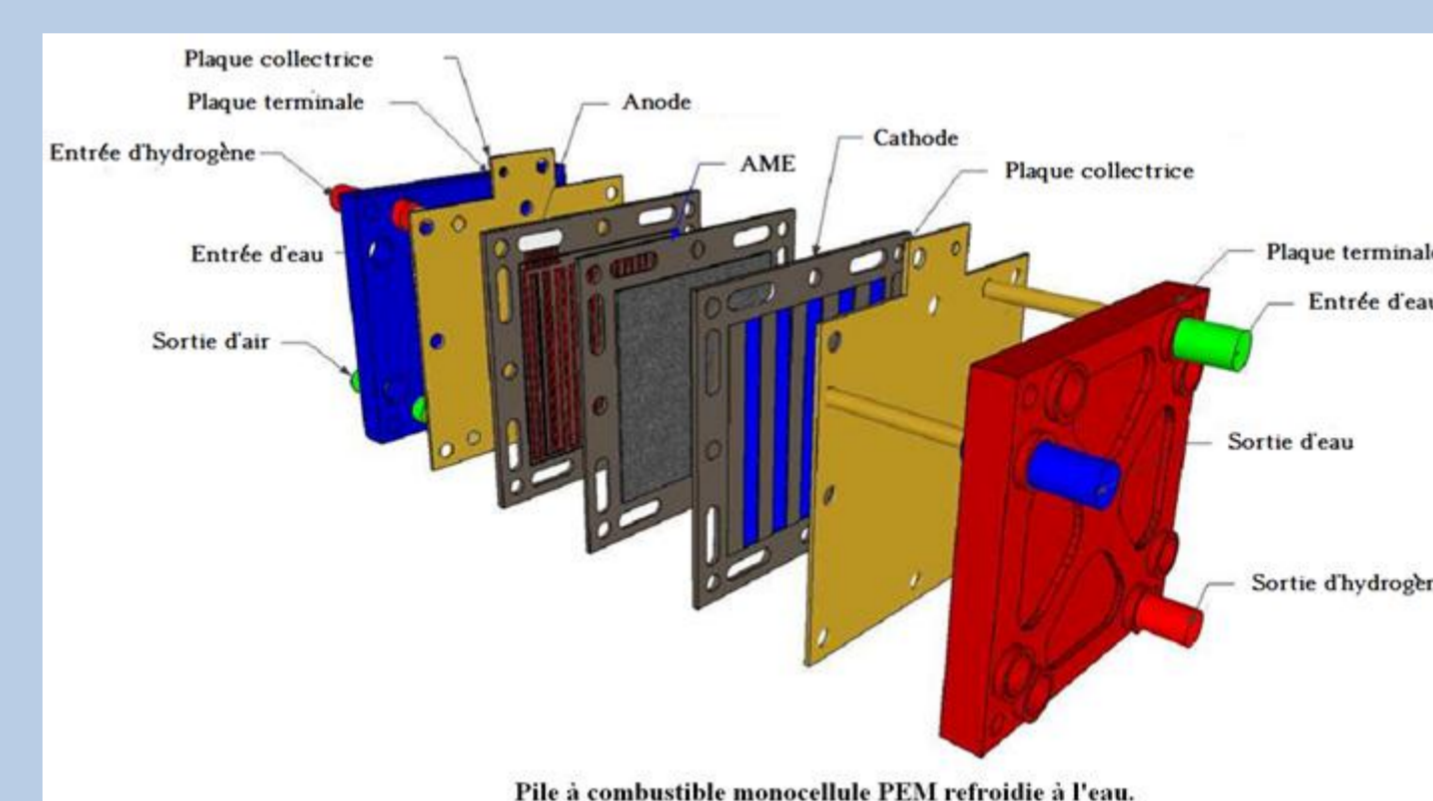
Les piles à combustible sont des convertisseurs électrochimiques d'énergie qui permettent la conversion de l'énergie chimique d'un combustible en électricité par une réaction d'oxydo-réduction. La tension d'une cellule élémentaire est généralement proche de 1 V en circuit ouvert et de l'ordre de 0,6 V au nominal. Les piles à combustible sont alors par nature des sources basses tensions, ainsi pour la plupart des applications pratiques, la gestion de l'alimentation est réalisée par des convertisseurs électroniques, ce qui permet en particulier d'augmenter la tension à des

niveaux habituels pour les applications. Dans cet article, nous vous proposons d'utiliser cette basse tension pour une application spécifique telle l'alimentation de bobines supraconductrices. À l'heure actuelle, cette alimentation est réalisée par des sources d'électronique de puissance spécifiques et volumineuses, qui sont de surcroît génératrices de pollution harmoniques sur le réseau industriel. Utiliser une pile à combustible est une réponse novatrice et adéquate aux problèmes d'alimentation des dispositifs supraconducteurs, avec l'avantage supplémentaire: l'autonomie.

## BOBINE SUPRACONDUCTRICE



## PILE À COMBUSTIBLE

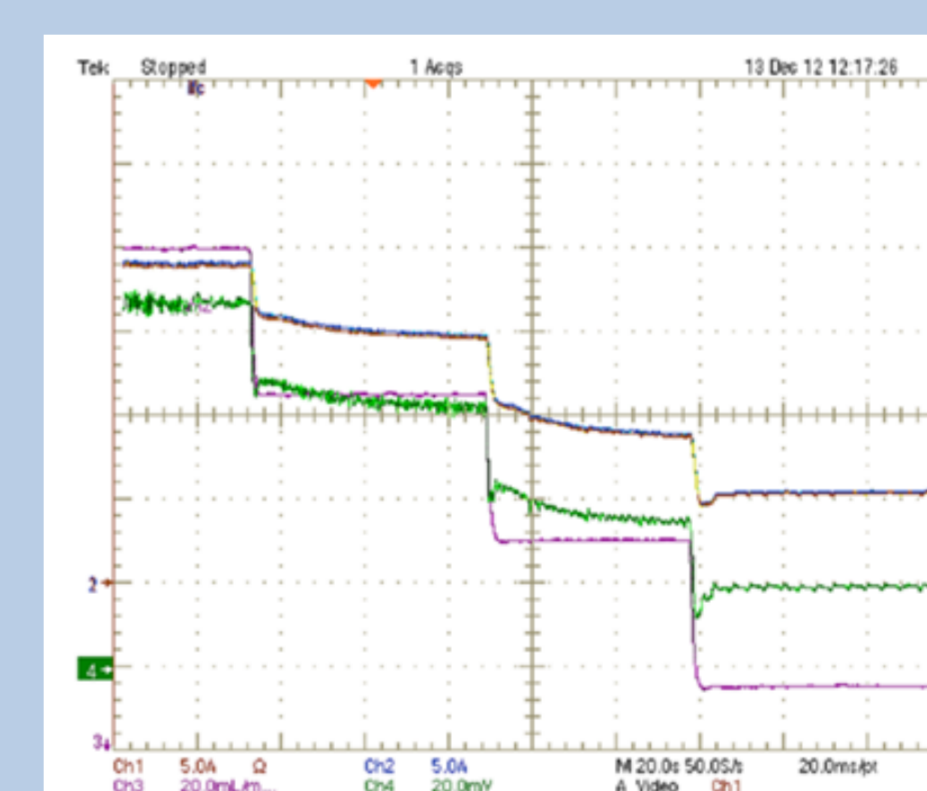
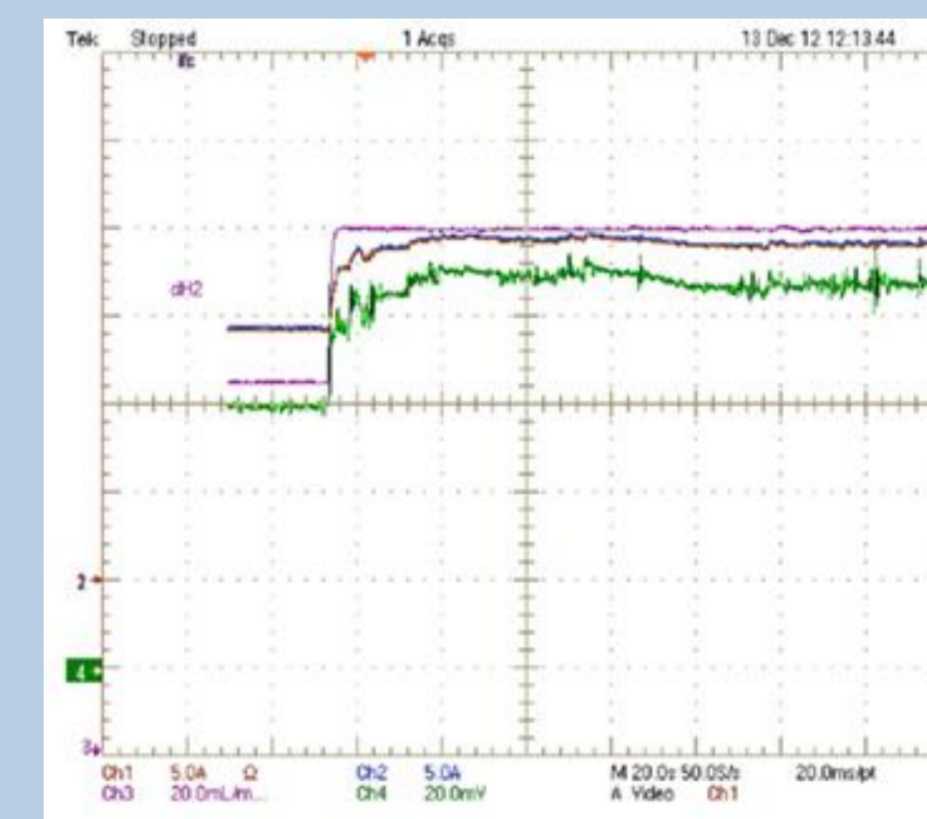
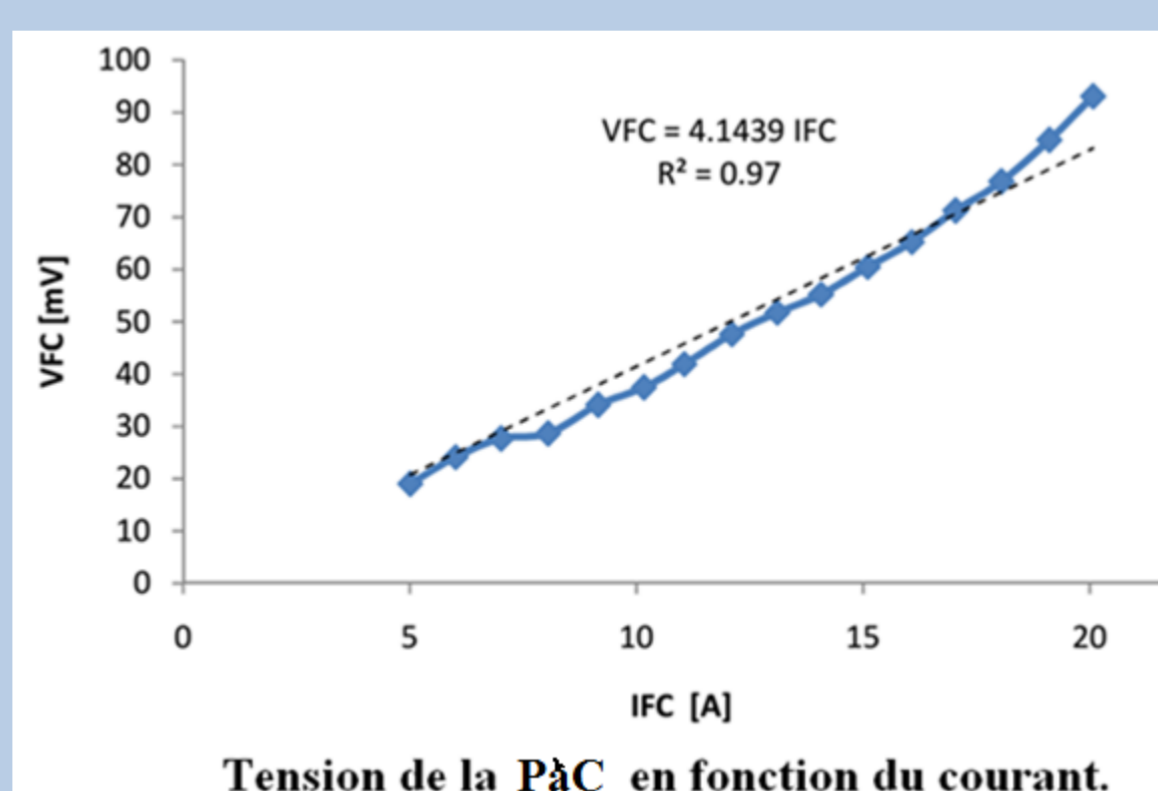
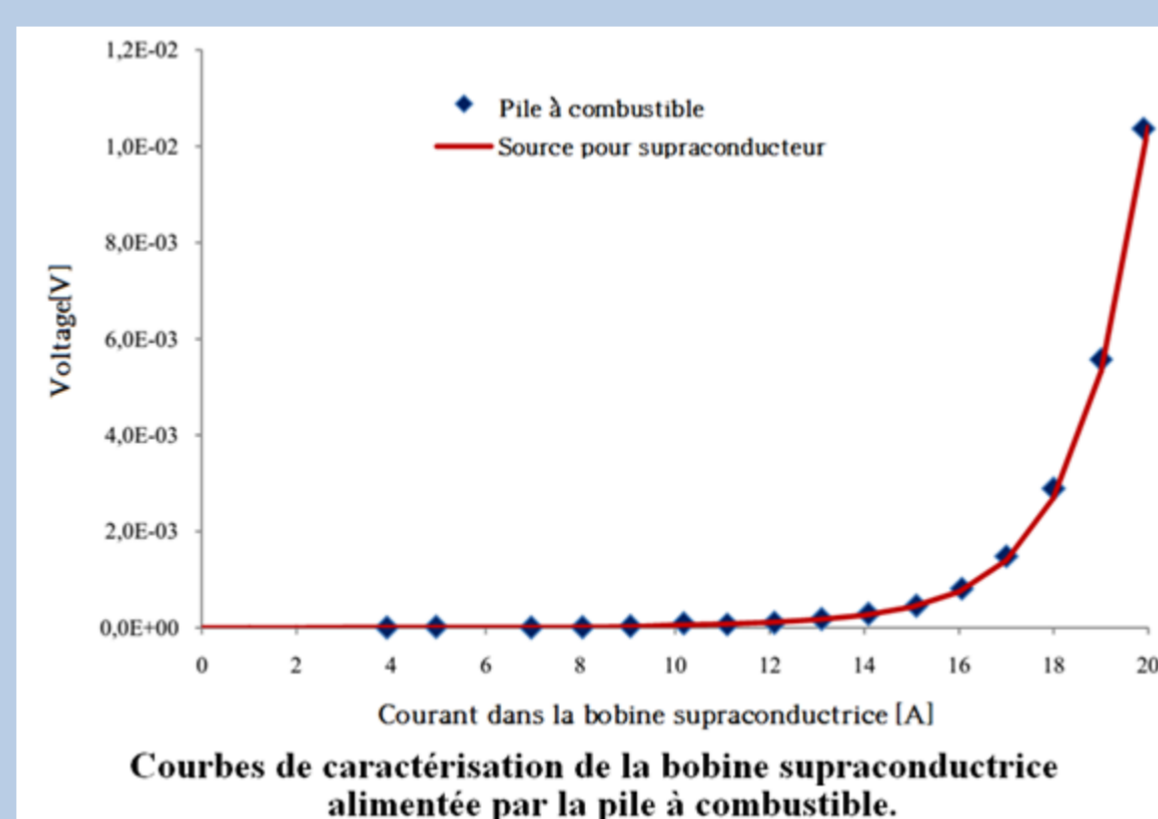


## RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Caractéristiques de la bobine et du ruban.	
Paramètres	Value
Épaisseur du ruban	0,2 mm
Largeur du ruban	4,0 mm
Courant critique du ruban	42 A @77K en champ propre
Nombre de spires de la bobine	208
Diamètre extérieur de la bobine	115 mm
Diamètre intérieur de la bobine	60 mm
Inductance de la bobine	4 mH
Courant critique de la bobine	18 A@77K

Conditions d'opération.			
Paramètre	Symbole	Valeur	Unité
Référence de courant (2)	$I_{ref}$	10	A
Coefficient stœchiométrique à l'anode(2)	$\zeta_a$	1	
Coefficient stœchiométrique à la cathode (2)	$\zeta_c$	6	
La température de la pile à combustible	T	40-50	°C
Humidité relative à l'anode	RH <sub>a</sub>	0%	-
humidité relative à la cathode	RH <sub>c</sub>	0 - 62 %	-
Pression de sortie à l'anode	$p_{a,OUT}$	$1.013 \cdot 10^5$	Pa
Pression de sortie à la cathode	$p_{c,OUT}$	$1.013 \cdot 10^5$	Pa

Conditions d'opération de la pile à combustible comme source de courant.			
Paramètre	Symbole	Valeur	Unité
Référence de courant (2)	$I_{ref}$	4 - 20	A
Coefficient stœchiométrique à l'anode(2)	$\zeta_a$	1	
Coefficient stœchiométrique à la cathode (2)	$\zeta_c$	6	
La température de la pile à combustible	T	40	°C
Humidité relative à l'anode	RH <sub>a</sub>	0%	-
humidité relative à la cathode	RH <sub>c</sub>	0%	-
Pression de sortie à l'anode	$p_{a,OUT}$	$1.013 \cdot 10^5$	Pa



## CONCLUSION

Nous avons mis en évidence une nouvelle application de la pile à combustible comme source de courant pour une bobine supraconductrice. Dans cette application nous tirons avantage de la faible tension d'une cellule de pile à combustible et de la possibilité de commander le courant via le débit d'hydrogène. Malgré une dynamique lente l'alimentation d'une bobine supraconductrice par une pile à combustible s'y prête bien. L'utilisation de la pile à combustible PEM en court-circuit doit encore être approfondie, notamment en ce qui concerne la dureté de vie, par exemple le vieillissement dans les couches des catalyseurs et dans l'humidification. Comme cela a été précisé, lorsque

une monocellule de pile à combustible fonctionne comme source de courant, l'alimentation en hydrogène est totalement consommée, donc, il faut s'attendre à ce que l'eau se condense rapidement côté anode à cause de la forte diminution du débit de gaz. Par conséquent, il y a risque de noyage côté sortie, conduisant à une réduction locale de la densité de courant et à la dégradation de la couche de réaction (perte du catalyseur) après une longue durée de fonctionnement. L'étude de la distribution de la densité de courant est nécessaire pour évaluer la viabilité de ce type de source.

## REFERENCES

- Hinaje M., Raël S., Caron J.-P., Davat B., An innovating application of PEM fuel cell: Current source controlled by hydrogen supply. International Journal of Hydrogen Energy, September 2012; 37 (17):12481-88.
- Chikaraishi H., Takami S., Inoue T., Ise T., Niwa H., Haga T., Control system of dc power supplies for LHD superconducting coils. Fusion Engineering and Design, April 2008, 83 (2-3): 260-4.
- Rummel T., Füllenbach F., Mönlich Th., Power supplies for the WENDELSTEIN 7-X stellarator. Fusion Engineering and Design, September 2003, 66-68: 1115-8.
- Rogalla H., Kes P. H., 100 Years of Superconductivity, Taylor & Francis Inc.; 15 december 2011.
- Melhem Z., High Temperature Superconductors (HTS) for Energy Applications, Woodhead Publishing Ltd; 21 december 2011.
- Isak Mayergoyz "Nonlinear Diffusion of electromagnetic fields, with applications to eddy currents and superconductivity". Academic press, San Diego, 1998.
- http://www.americanmagnetics.com
- Kandlikar S., G. Lu Z., Thermal management issues in a PEMFC stack- A brief review of current status. Applied Thermal Engineering, May 2009; 29 (7): 1276-80.
- Santarelli M.G., Torchio M.F., Experimental analysis of the effects of the operating variables on the performance of a single PEMFC. Energy Conversion and Management, January 2007, 48 (1): 40-51.
- Santarelli M.G., Torchio M.F., Cali M., Giarretto V., Experimental analysis of cathode flow stoichiometry on the electrical performance of a PEMFC stack. International Journal of Hydrogen Energy, May 2007, 32 (6): 710-6.
- Kim S., Shimpalee S., Van Zee J.W., The effect of stoichiometry on dynamic behavior of a proton exchange membrane fuel cell (PEMFC) during load change. Journal of Power Sources, September 2004, 135 (1-2): 110-21.
- Kim S., Hong I., Effects of humidity and temperature on a proton exchange membrane fuel cell (PEMFC) stack. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, May 2008, 14 (3): 357-64.
- Cindrella L., et al Gas diffusion layer for proton exchange membrane fuel cells - A review. Journal of Power Sources, October 2009; 194 (1): 146-60.
- Chen Y.-S., Peng H., Predicting current density distribution of proton exchange membrane fuel cells with different flow field designs. Journal of Power Sources, February 2011; 196 (4): 1992-04.
- Kim J.-H. et al., An experimental analysis of the ripple current applied variable frequency characteristic in a Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell. Journal of Power Electronics, January 2011, 11 (1): 82-9.