



FiabilitéS fonctionnelle et structurelle des convertisseurs d'énergie: complémentarité (E. Semail(L2EP)/ J-Ph Lecointe (LSEE))

Les rencontres de la Recherche & de l'Innovation



Événement animé par



Initié et financé par



Cofinancé par



Ce projet est cofinancé par l'Union européenne avec le Fonds européen de développement régional





Fiabilité fonctionnelle

E. Semail(L2EP)

Les rencontres
de la Recherche
& de l'Innovation



Événement animé par



Initié et
financé par



Cofinancé par



Ce projet est cofinancé par l'Union européenne
avec le Fonds européen de développement régional



Convertisseur Energie Intégré Intelligent (CE2I)



Conventional Motor Drive

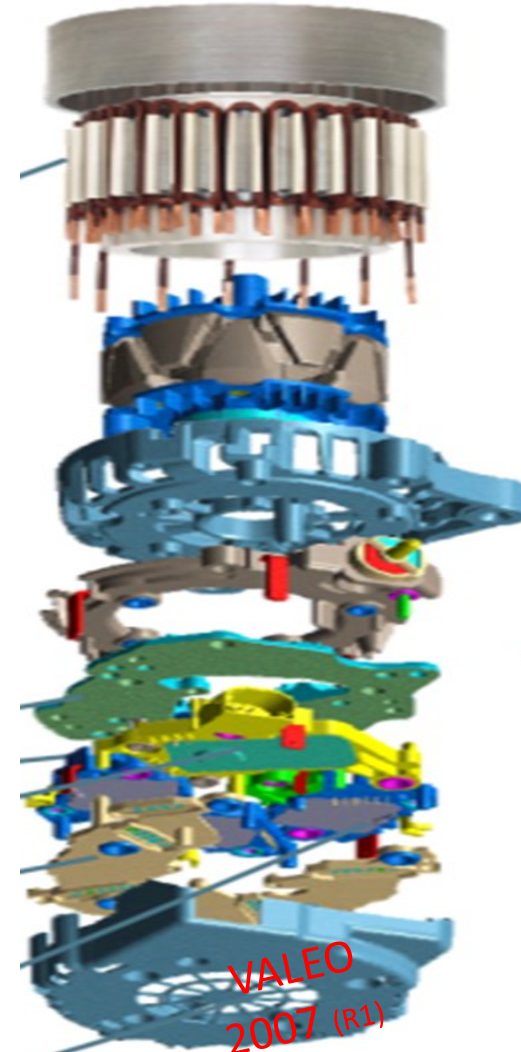


Integrated Motor Drive

2017(R2)



VALEO 2007 (R1)



VALEO 2007 (R1)



Convertisseur Energie Intégré **Intelligent** (CE2I)



AVANTAGES ENCAPSULATION ?

Caractérisation
externe « simple »
(CEM, Spatial)

Usage « simple »
(un seul « organe »)

Gain potentiel
Compacité
Système unique de
refroidissement

Pas d'impact de
câbles AC externes

FIABILITE dans
MISE EN OEUVRE



*Conventional
Motor
Drive*



*Integrated
Motor
Drive*

2017(R2)

INCONVENIENTS ENCAPSULATION ?

- Plus de contraintes de refroidissement
- Plus de Pb de CEM Machine/Onduleur (proximité)

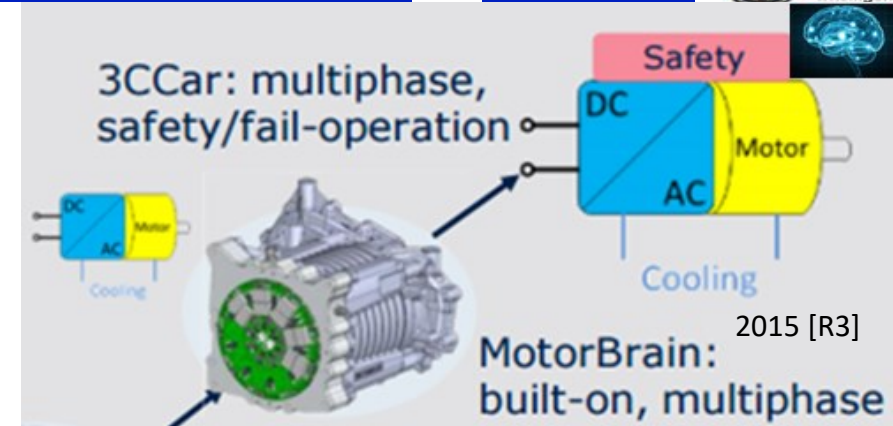
DEFIS ENCAPSULATION ?

Maitrise des
phénomènes couplés
(proximité)

**UNE FIABILITE
« INTERNE »
à garantir**

FIABILITE ??

Aptitude à respecter un cahier des charges
(« fonctionnalité »)
pendant une certaine durée
MTBF: Mean Time Between Failure



Dans certains domaines (transports) une fonctionnalité réduite est acceptable

Or avec entrainements triphasés

Défaut alimentation d'une phase = panne

Avec entrainements à plus de deux courants indépendants (polyphasés)

Défaut alimentation d'une phase = mode dégradé

Une Réduction Possible de la FIABILITE STRUCTURELLE liée aux composants

Compensée par Algorithmes

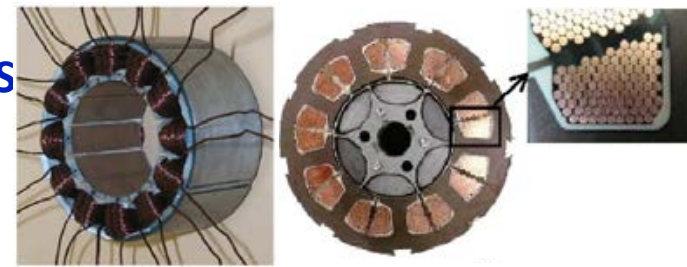


DEFIS ENTRAINEMENT POLYPHASES TOLERANTS aux DEFAILLANCES

- COUT/PERFORMANCES/COMPETITIVITE en **MODE SAIN ?** ... car + de phases
 - ✓ = + de câbles externes ...sauf si INTEGRATION 
 - ✓ = + de bras d'onduleur ...sauf si mise en parallèle de bras nécessaire (basse tension)
 - ✓ = commande + complexe ...mais coût non énergétique  
- En **MODE DEFAILLANT** : GARANTIR un niveau et une QUALITE de COUPLE
 - ✓ Sans reconfiguration commande: **Structure** de Machine et de Commande
 - ✓ Avec reconfiguration commande:
 - ❖ Détection de défaillance:
 - transistor « ouvert », « fermé »,
 - phase « ouverte », « Court-Circuit »
 - ❖ Stratégies de reconfiguration de contrôle: COMPROMIS
 - Couple moyen/ Température /Pulsation couple

STRUCTURES de MACHINES à HAUT POTENTIEL Pour CONVERTISSEURS INTEGRES POLYPHASES TOLERANTS AUX DEFAILLANCES

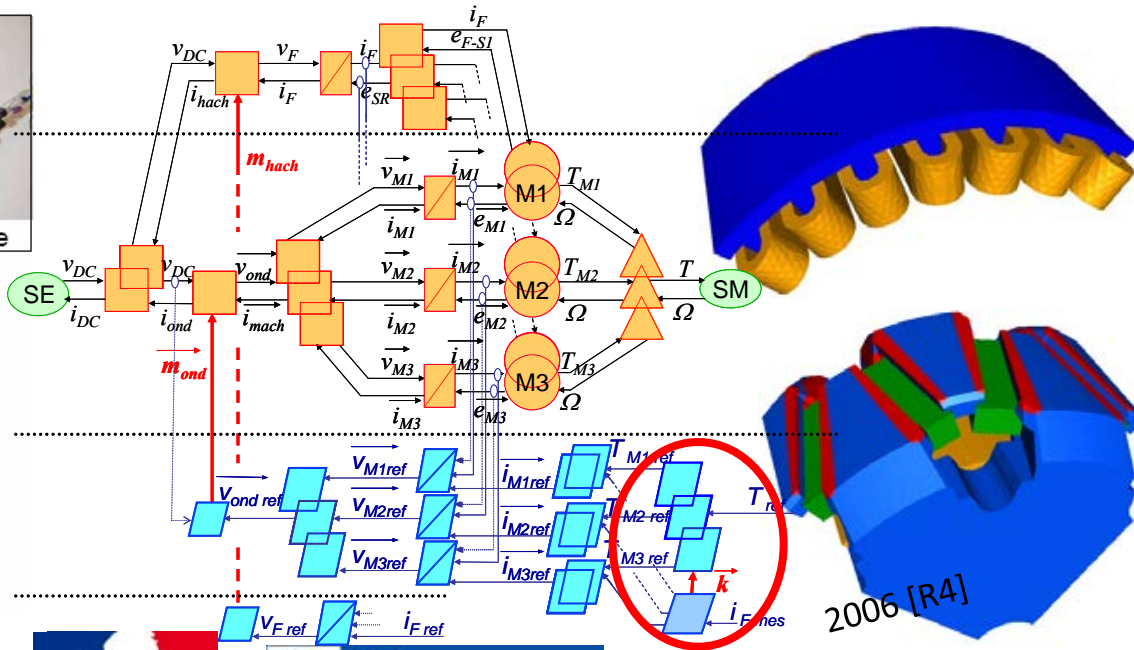
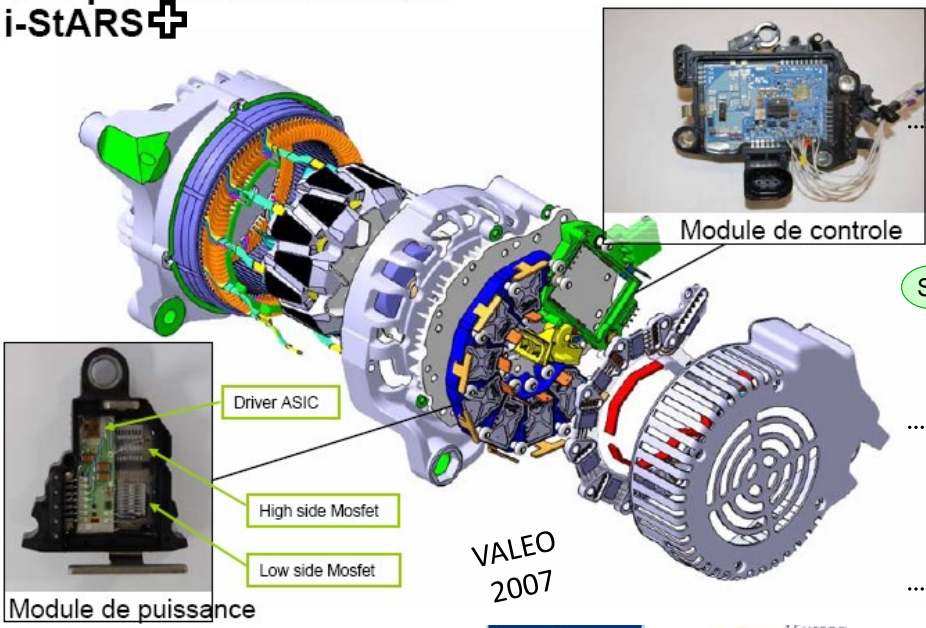
BOBINAGES CONCENTRES DENTAIRE



- FAIBLE COUPLAGE THERMIQUE entre BOBINES/PHASES
- TETE BOBINES NON ENCHEVETREES...ET COURTES...

EXEMPLE Convertisseur INTEGRE à 7 PHASES (2009) ... prolongement thèse A Bruyere L2EP (2006)

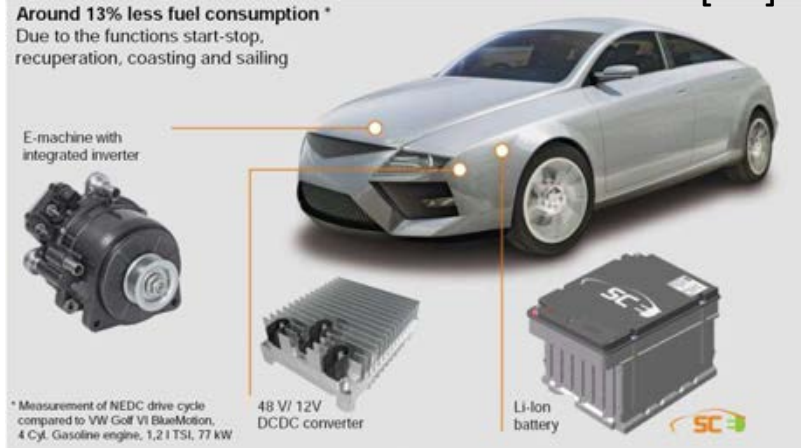
Une première mondiale :
i-StARS



3-4 kW / 12V



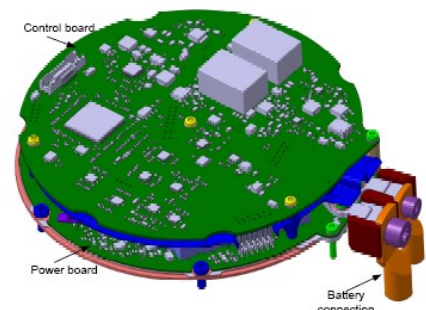
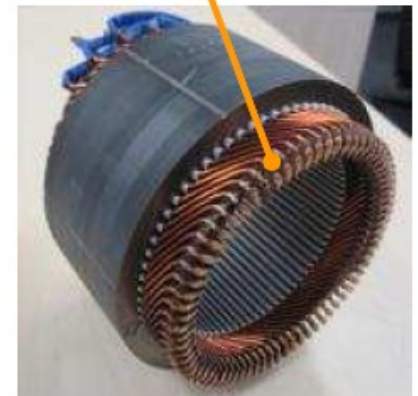
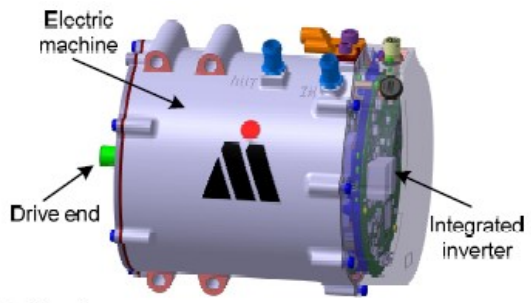
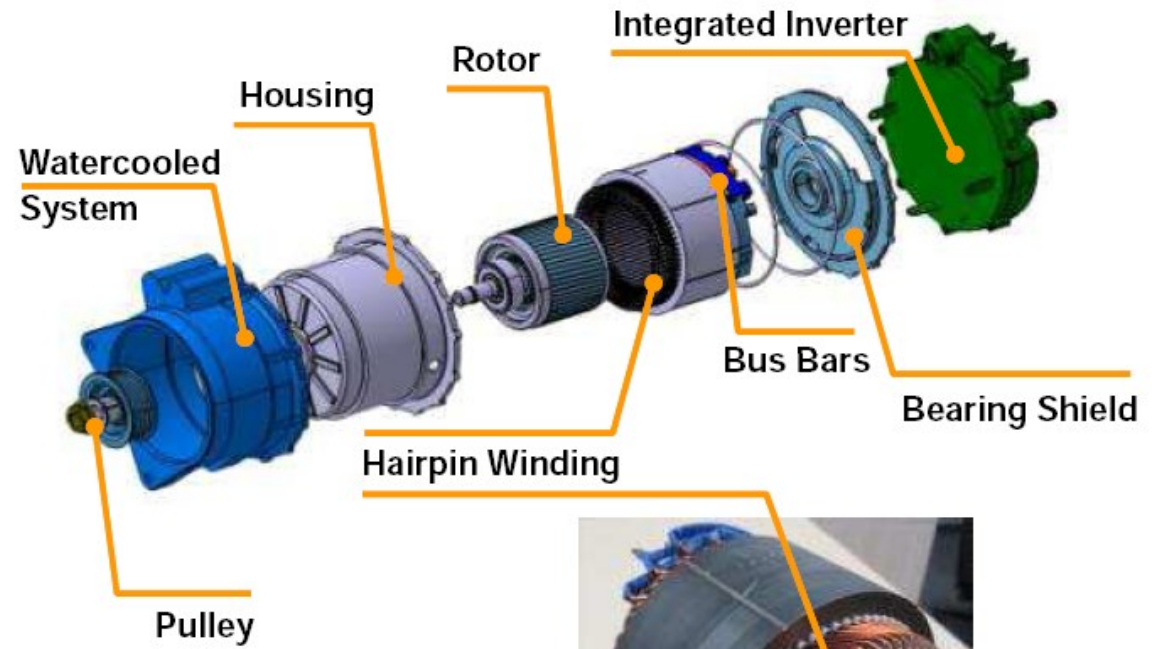
INDUSTRIEL: CONTINENTAL 2013 [R5]



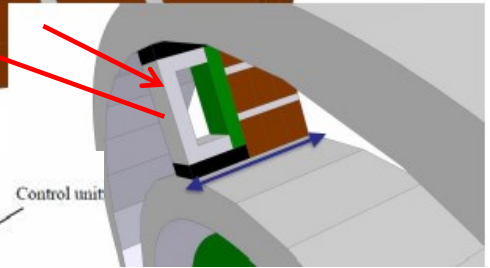
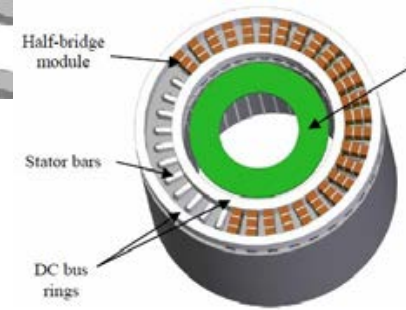
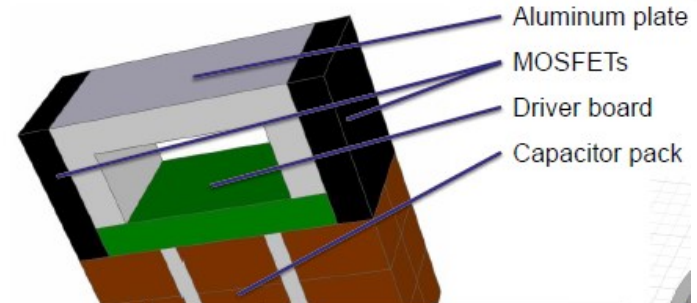
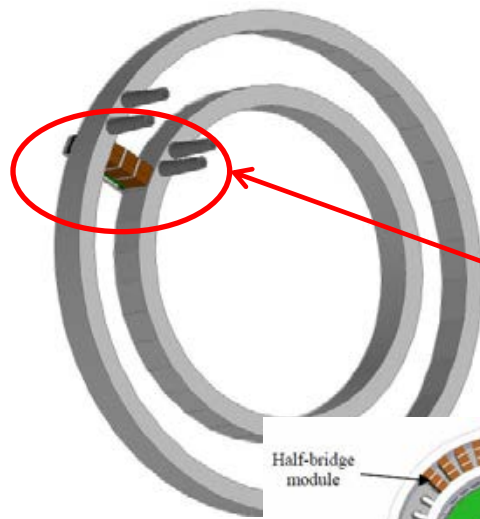
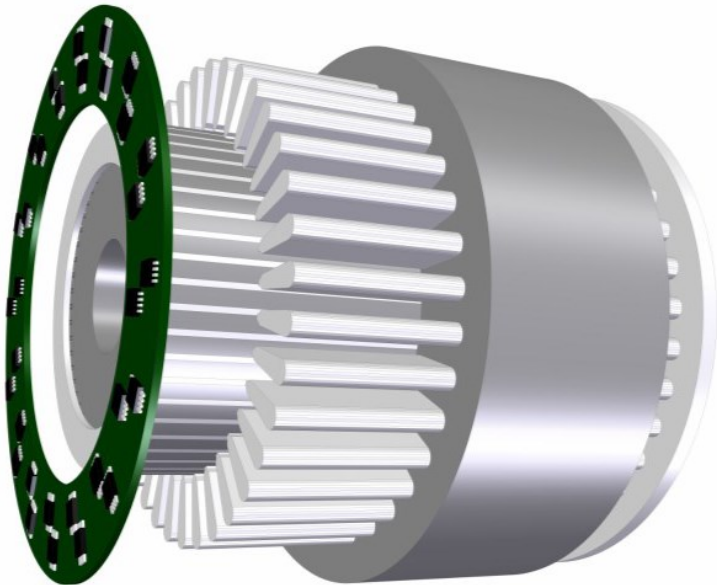
- > Inverter and Motor integrated in one housing
- > No external cables and connectors between Inverter and Motor
- > High performance:
- > 60 Nm start torque
- > 14 kW peak power mech. (2s)
- > 4.2 kW cont power mech. (1h)

48V

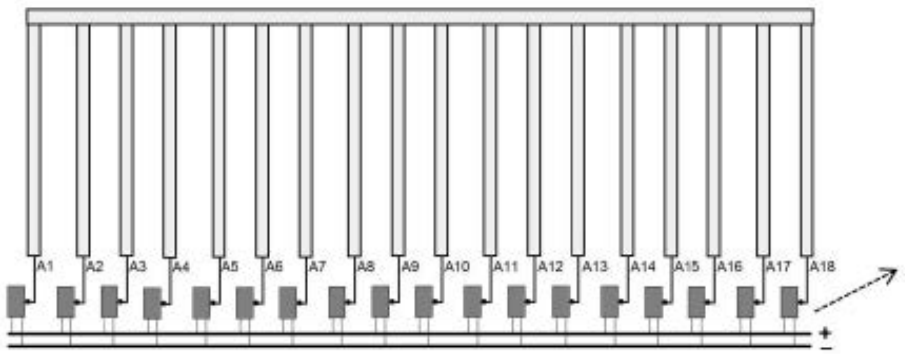
- > Robust and reliable design
- > Water cooled design
- > Induction Machine



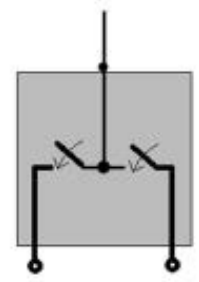
LIMITATION ATTENDUE en triphasé 48 V: 10 kW



Machine induction intégrée 60 phases (ISCAD)
Université de Munich (D. Gerling) 2014 [R6]
 Basse tension/Forte Puissance par INTEGRATION

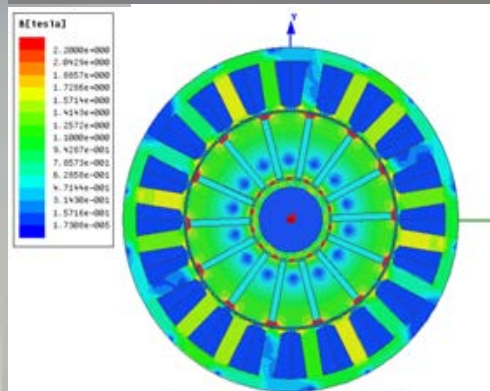


Bipolar power electronic switching device

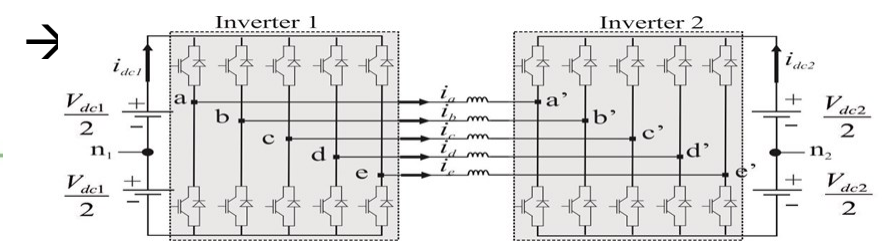


DC supply: 24V
 AC phase voltage (rms): 8.5V
 AC phase current (rms): 620A

	T [Nm]	Ps_Ohmic* [kW]	Pr_Ohmic* [kW]	Pfe [kW]	eff [%]
ISCAD ASM	600	8,6**	9	1,14	94,7

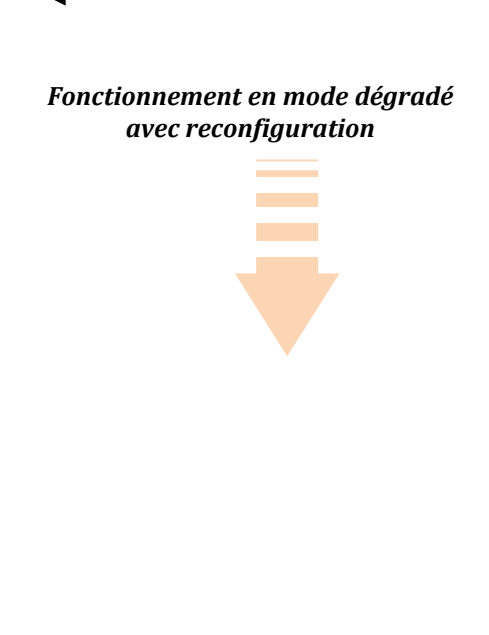
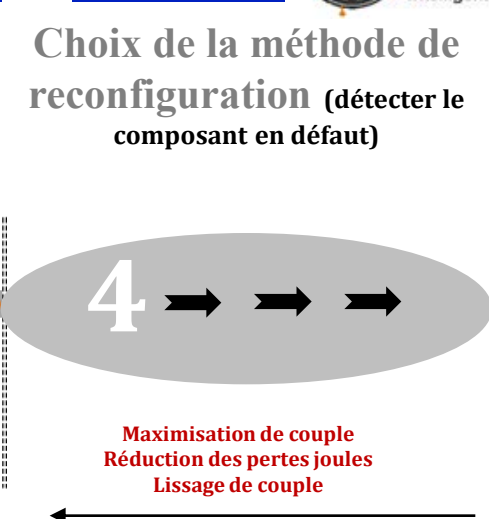
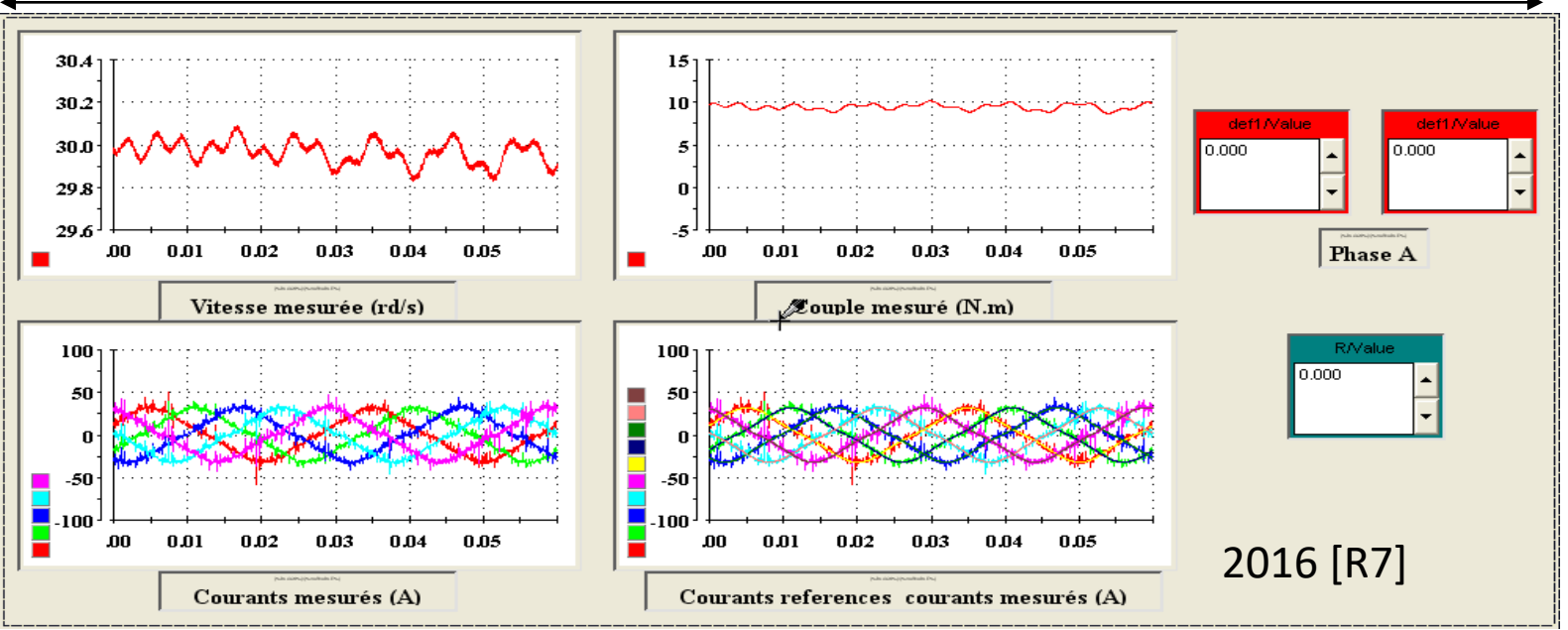
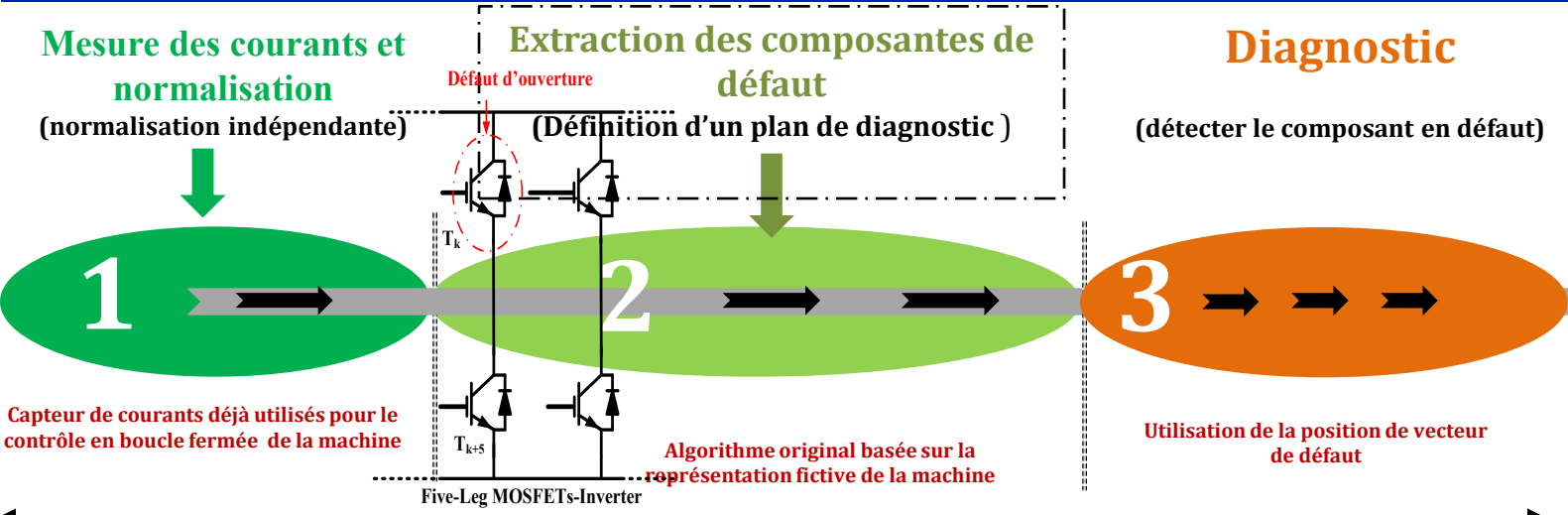


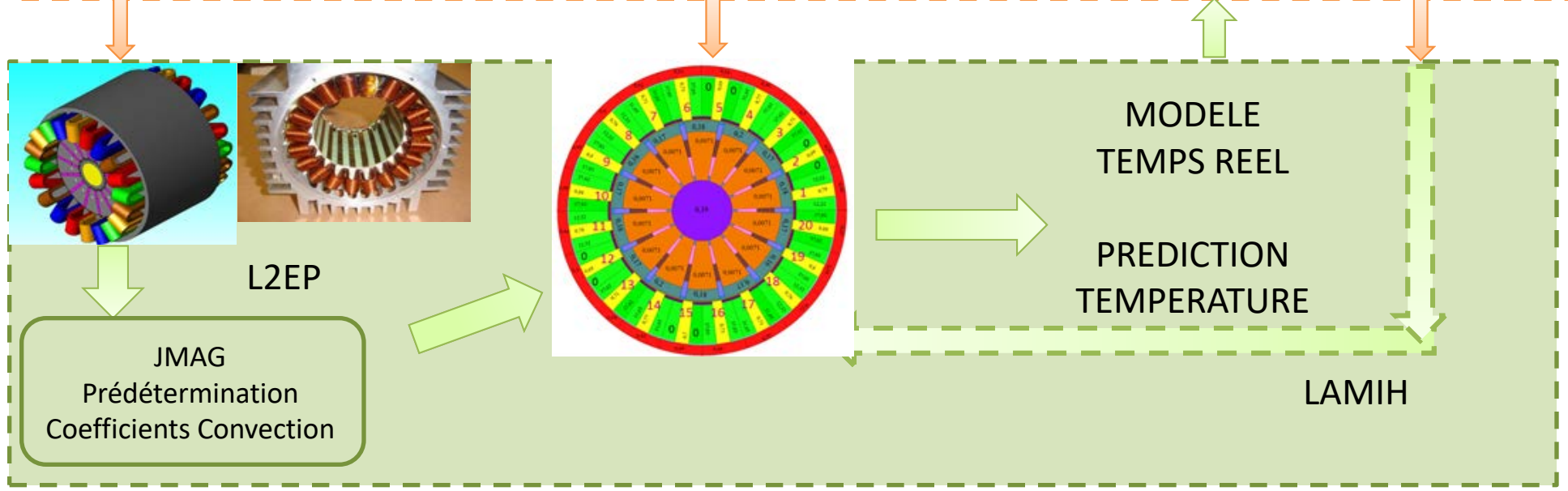
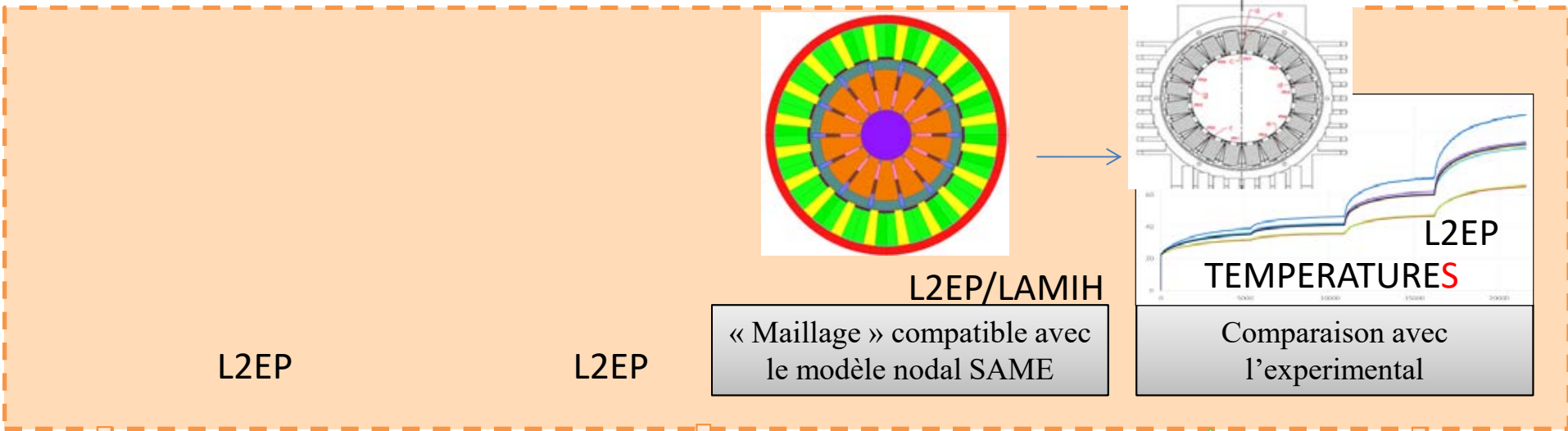
- 1>Détection de défaillances
- 2>Reconfiguration de commande
- 3>Caractérisation thermique normal/dégradé
→ améliorations thermiques à apporter?
- 4>Adaptation à intégration par GaN (60V)

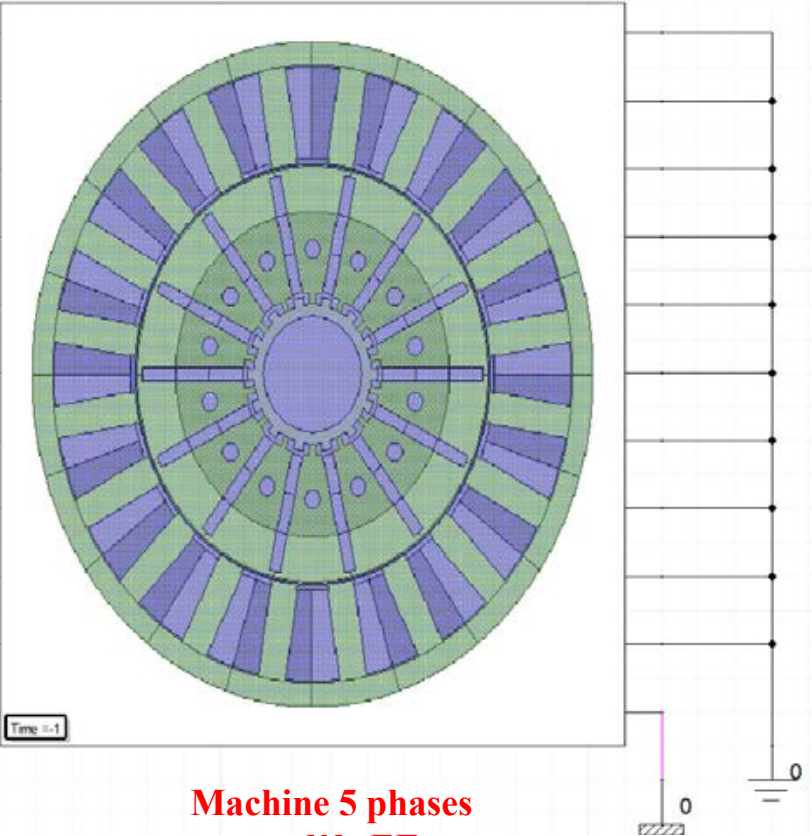
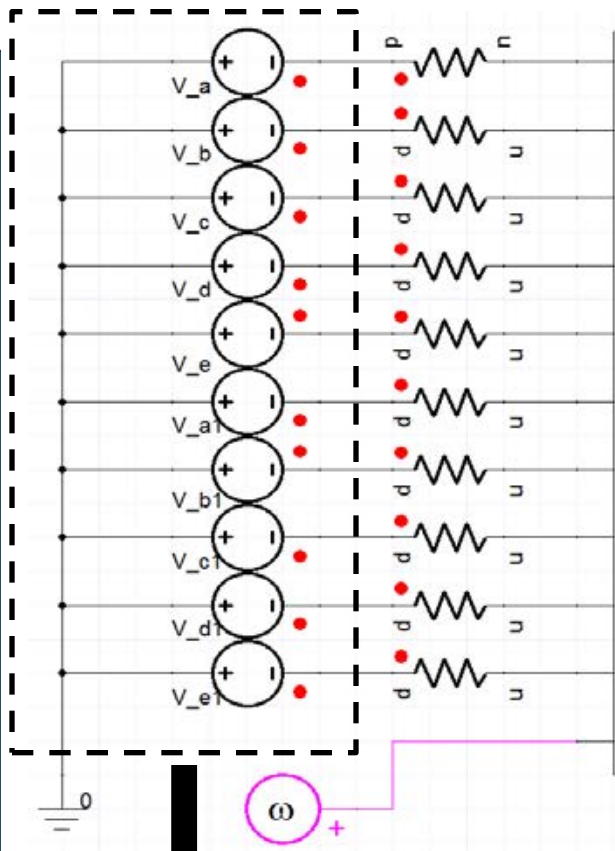
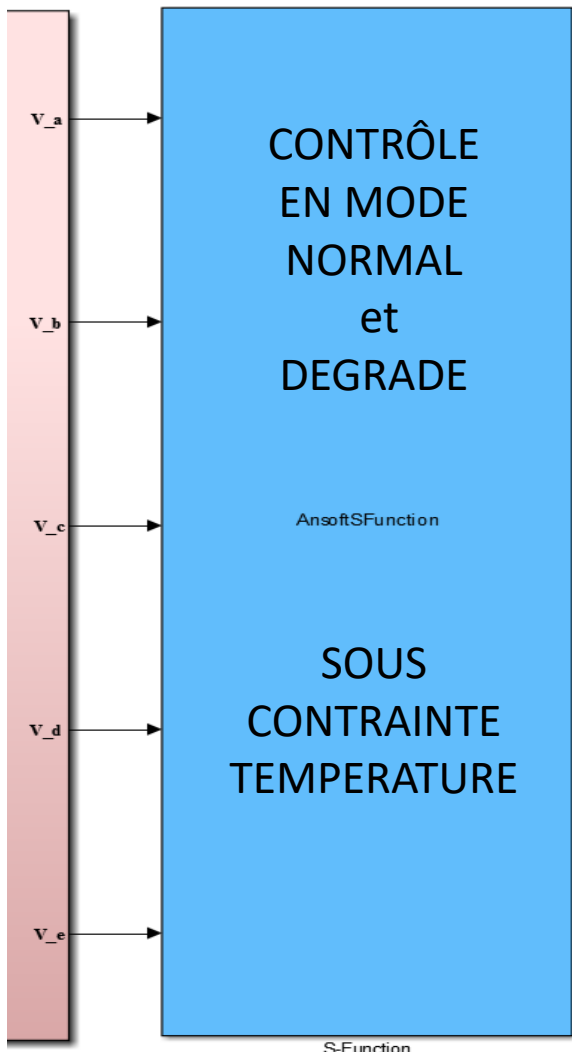


- Connectique de sortie des 20 bobines
- Maitrise flux de chaleur et magnétique
- Suppression capteur position

POINTS 1 et 2 : DETECTION de DEFAUT et RECONFIGURATION CONTRÔLE



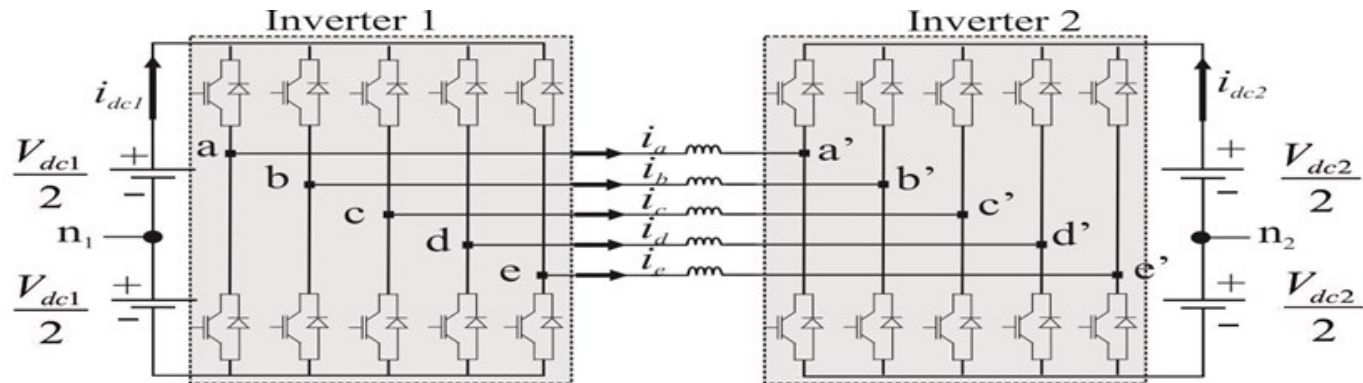




Tension imposée par la commande.
Etude en mode sain et dégradé.

Machine 5 phases
modèle EF
ANSYS-MAXWELL
Co-Simulation
(Commande- machine)

A>Choix d'une structure Open-winding: un onduleur de part et d'autre du stator: 10 sorties



B>Connectique inter-bobines externe ? 20 bobines → 40 sorties



2017 [R8]

C>Maitrise des Flux de Chaleur

→ Avec structure Bobinage évitant les ALEAS du Process

→ Connaissance/Intelligence...pour la conception

Merci de votre Attention



Origin of « photos »

[R1] D. Richard and Y. Dubel, "Valeo StARS Technology: A Competitive Solution for Hybridization," *2007 Power Conversion Conference - Nagoya*, Nagoya, 2007, pp. 1601-1605

[R2] T. M. Jahns and H. Dai, "The past, present, and future of power electronics integration technology in motor drives," in *CPSS Transactions on Power Electronics and Applications*, vol. 2, no. 3, pp. 197-216, Sept. 2017.

[R3] Wolfgang Dettmann, « Experience with ECSEL The 3Ccar project », SSI March 2015, Copenhagen, 3Ccar - Integrated Components for Complexity Control in affordable electrified cars

[R4] Antoine Bruyere, « MODELISATION ET COMMANDE D'UN ALTERNO-DEMARREUR HEPTAPHASE POUR APPLICATION AUTOMOBILE MICRO-HYBRIDE », thèse Arts et Métiers ParisTech, 2009 <https://pastel.archives-ouvertes.fr/tel-00421764>

[R5] J.L Mate, « 48V eco-Hybrid Systems », European Conference on Nanoelectronics and Embedded Systems for Electric Mobility, 2013

[R6] A. Patzak and D. Gerling, "Design of a multi-phase inverter for low voltage high power electric vehicles," *2014 IEEE International Electric Vehicle Conference (IEVC)*, Florence, 2014, pp. 1-7.

[R7] M. Trabelsi, N.K. Nguyen, E. Semail, "Real-time Switches Fault Diagnosis based on Typical Operating Characteristics of Five-Phase Permanent Magnet Synchronous Machines", *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol 63, N°8, pp 4683-4694, August 2016

[R8] X. Deng, S. Lambert, B. Mecrow, M. A. S. Mohamed and S. Ullah, "Winding connection solution for an integrated synchronous motor drive," *2017 IEEE International Electric Machines and Drives Conference (IEMDC)*, Miami, FL, 2017, pp. 1-7.