



convertisseur
d'énergie
**Intégré
Intelligent**

Tâche 5 : Synthèse des travaux récents: Simulation thermique des machines et études expérimentales sur les circuits GaN

- Souad Harmand
- Safouene Ouenzerfi
- Chen Pin
- Ali Riahi
- Salma Gharbi
- Mostafa el Mehdi





convertisseur
d'énergie
**Intégré
Intelligent**

29 Janvier 2020 – comité de suivi

- ❑ **Partie 1 : Démonstrateur 40 KW : Modifications.**
- ❑ **Partie 2 : Machine Haute température.**
- ❑ **Partie 3 : Simulations Comsol : Configuration A0 et B0 .**
- ❑ **Partie 4 : Travaux expérimentaux sur les GaN.**





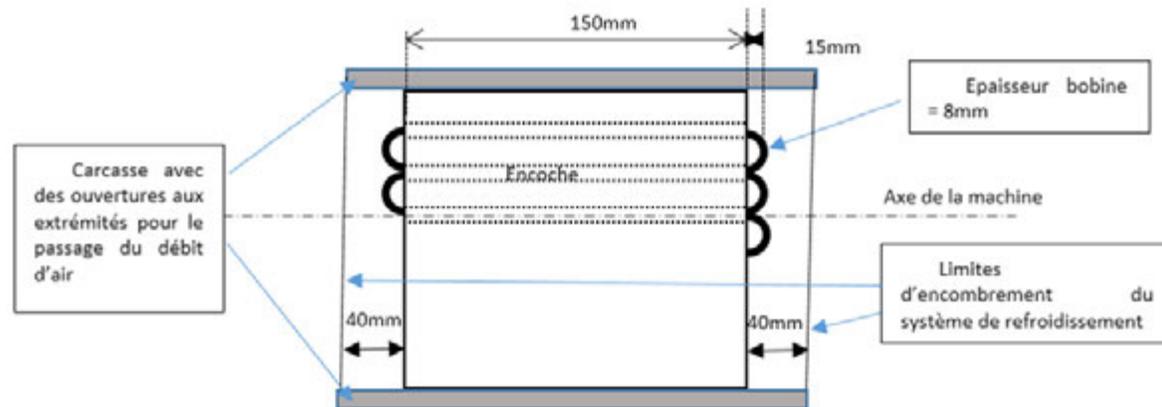
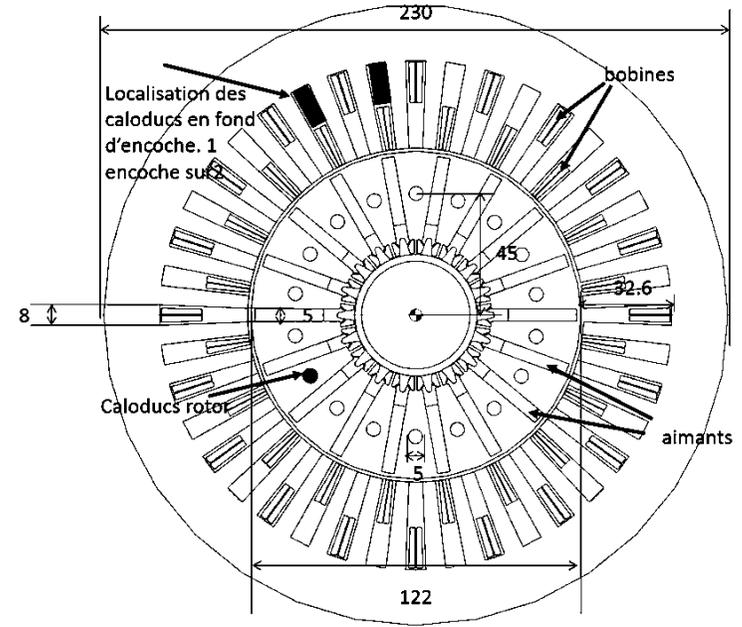
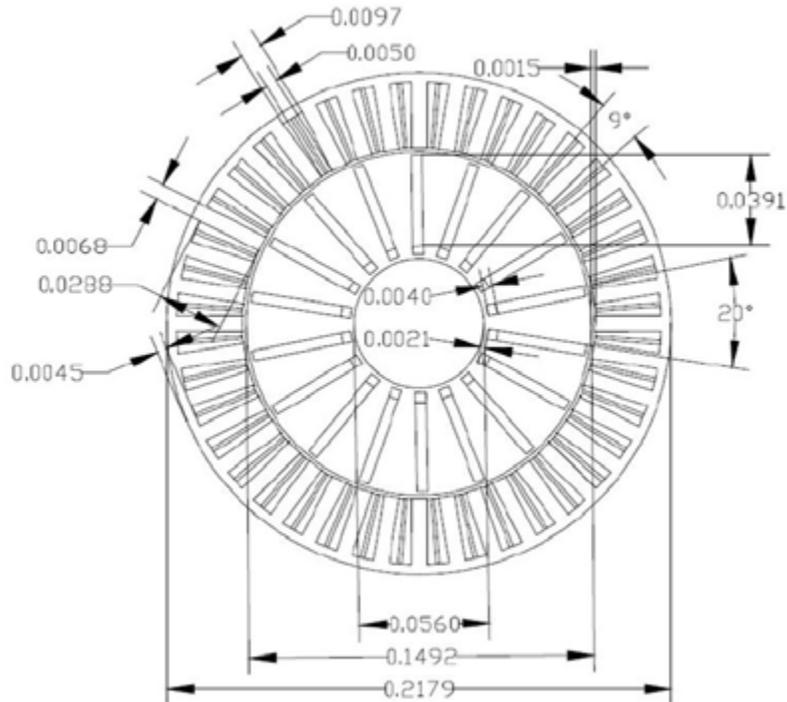
convertisseur
d'énergie
**Intégré
Intelligent**

29 Janvier 2020 – comité de suivi

Partie 1

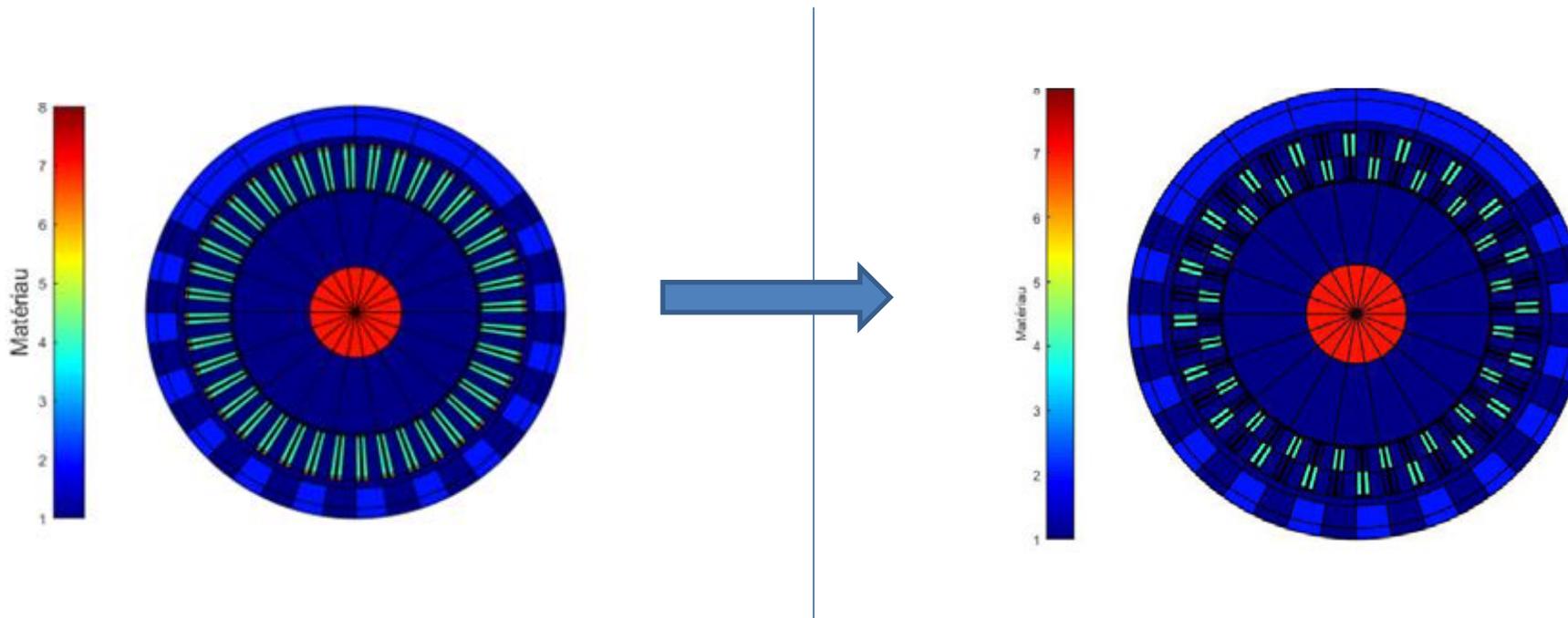
□ Démonstrateur 40 KW : Modifications.



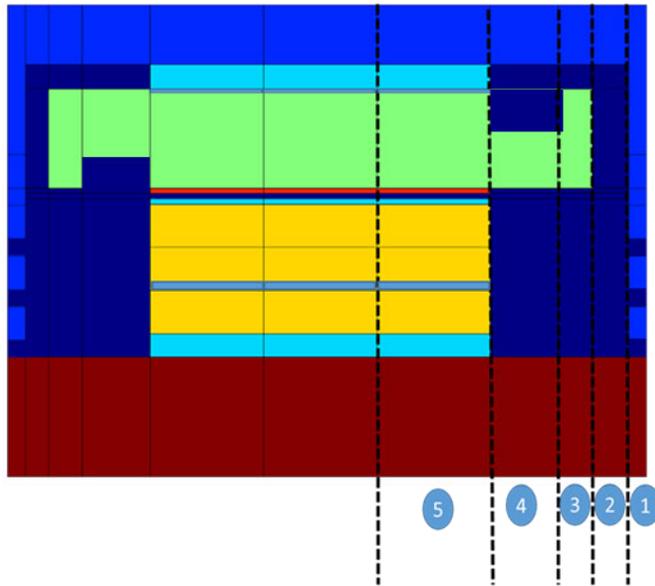


Nombre de nœuds : **5602**
; Temps de calcul et
d'affichage : 6 minutes

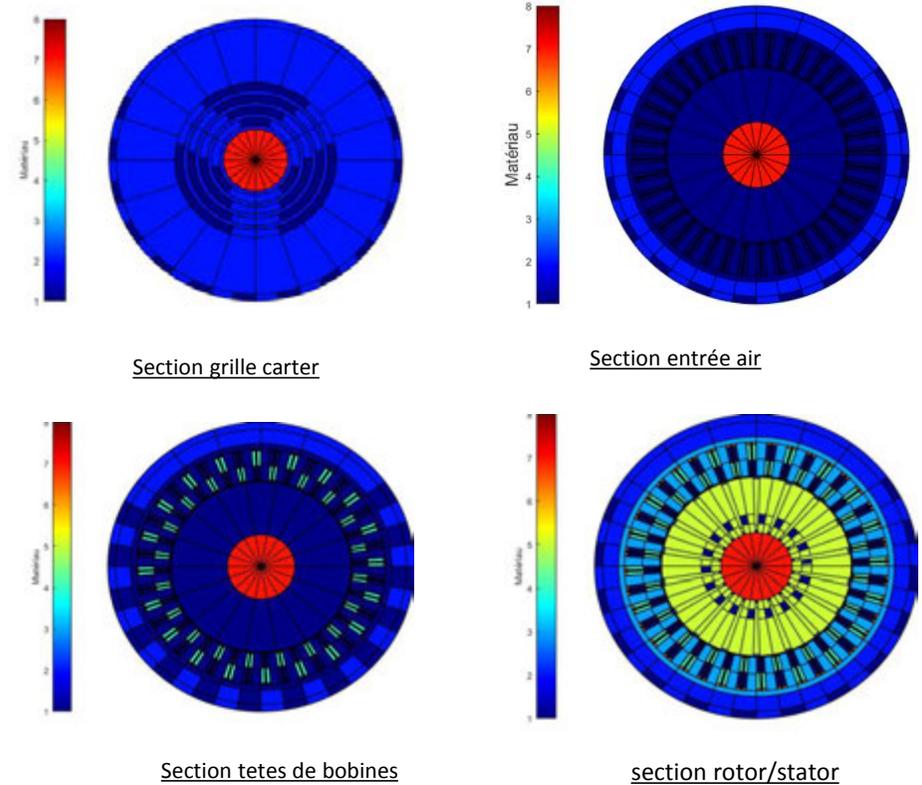
Nombre de nœuds : **6112**
; Temps de calcul et
d'affichage : 7 minutes



Décomposition axiale de la machine



Décomposition radiale



Point de fonctionnement 1

$$J=6A/mm^2$$

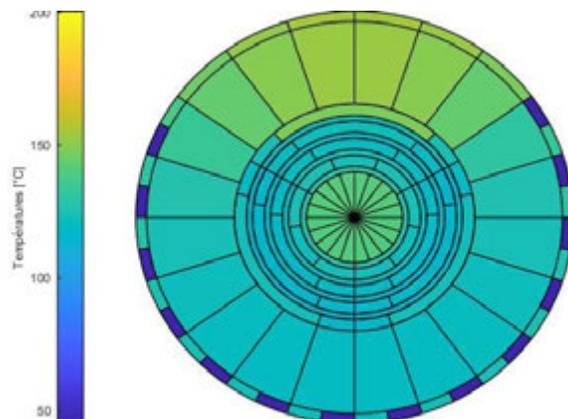
Vitesse de rotation :
4500trs/min
(675Hz).

Pertes au rotor = ~~100 W~~ 50W

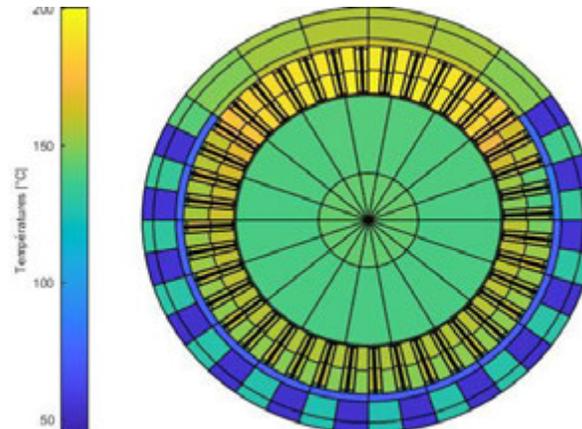
Pertes aimants = ~~400~~ 50W

Pertes dents du stator = ~~2500 W~~ 1250W

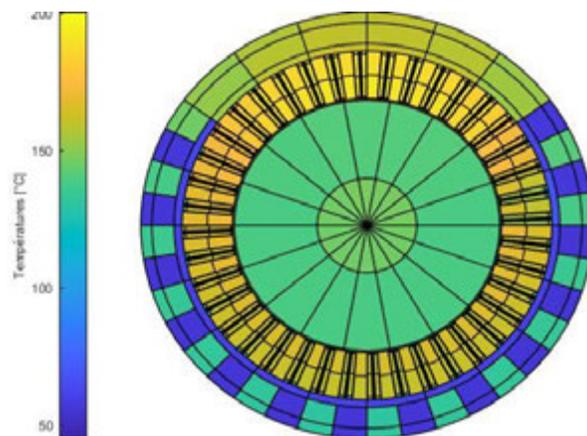
Pertes totales Cuivres = ~~700 W~~ 500W



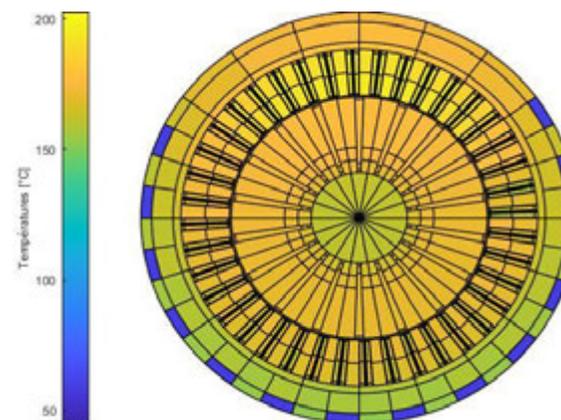
Coupe grille/carter



Coupe tetes de bobines(1)



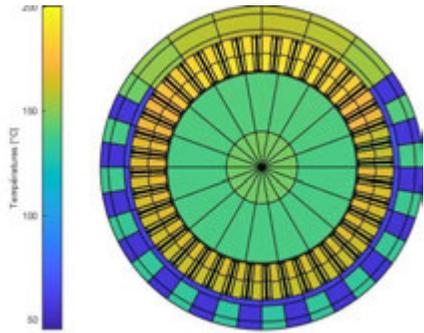
Coupe tetes de bobines(2)



Coupe rotor/stator

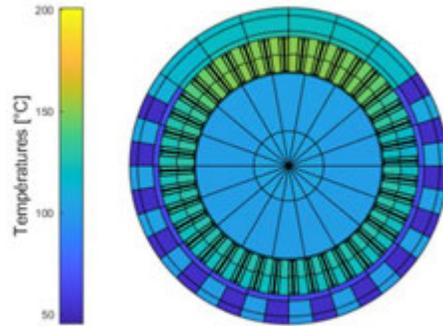
Coupe bobines

Cas de reference Sans Caloducs



$T_{max} = 201,3 \text{ °C}$

Machine avec caloducs



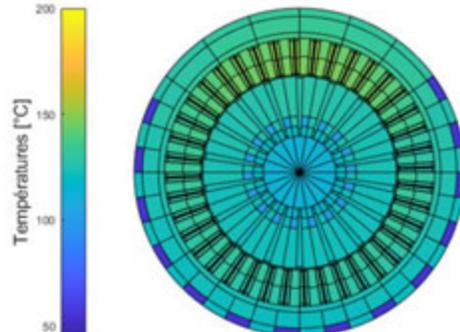
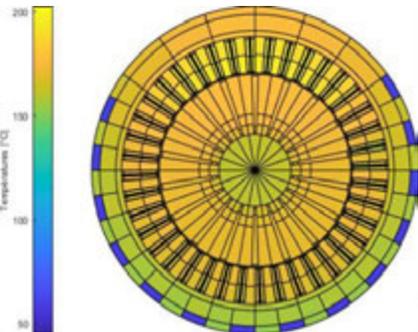
$T_{max} = 154,7 \text{ °C}$

$T_{max_dents_stator} = 152,4 \text{ °C}$

$T_{max_bobines} = 145 \text{ °C}$

$T_{max_rotor} = 118,1 \text{ °C}$

Coupe milieu rotor/stator



Region	Cas de reference sans caloducs (T en °C)	Machine refroidie par des caloducs (T en °C)	ΔT
T_{max} - Dents stator	201,3	152,4	48,9
T_{max} - bobines	192,1	145	47,1
T_{max} -rotor	155	118,1	36,9



convertisseur
d'énergie
**Intégré
Intelligent**

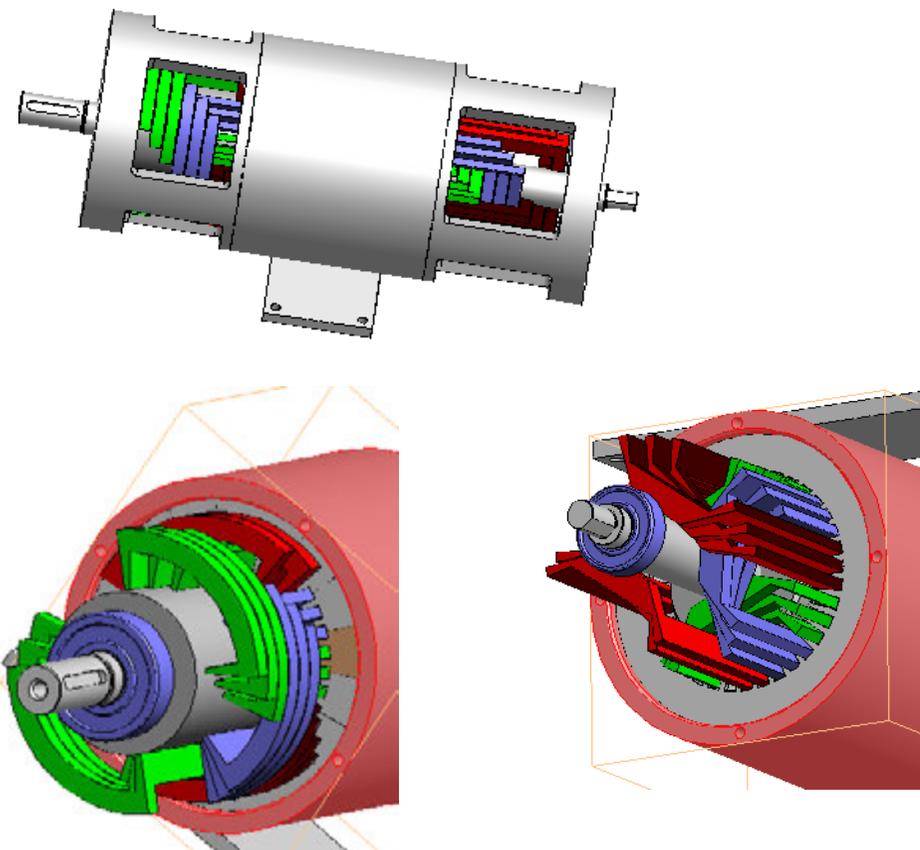
29 Janvier 2020 – comité de suivi

Partie 2

□ Partie 2 : Machine Haute température : a) Modélisation sur SAME



Aperçu sur la géométrie



Point de fonctionnement 1

Vitesse de rotation :
1500trs/min

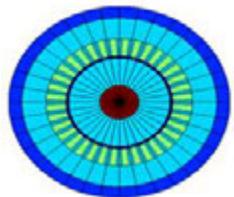
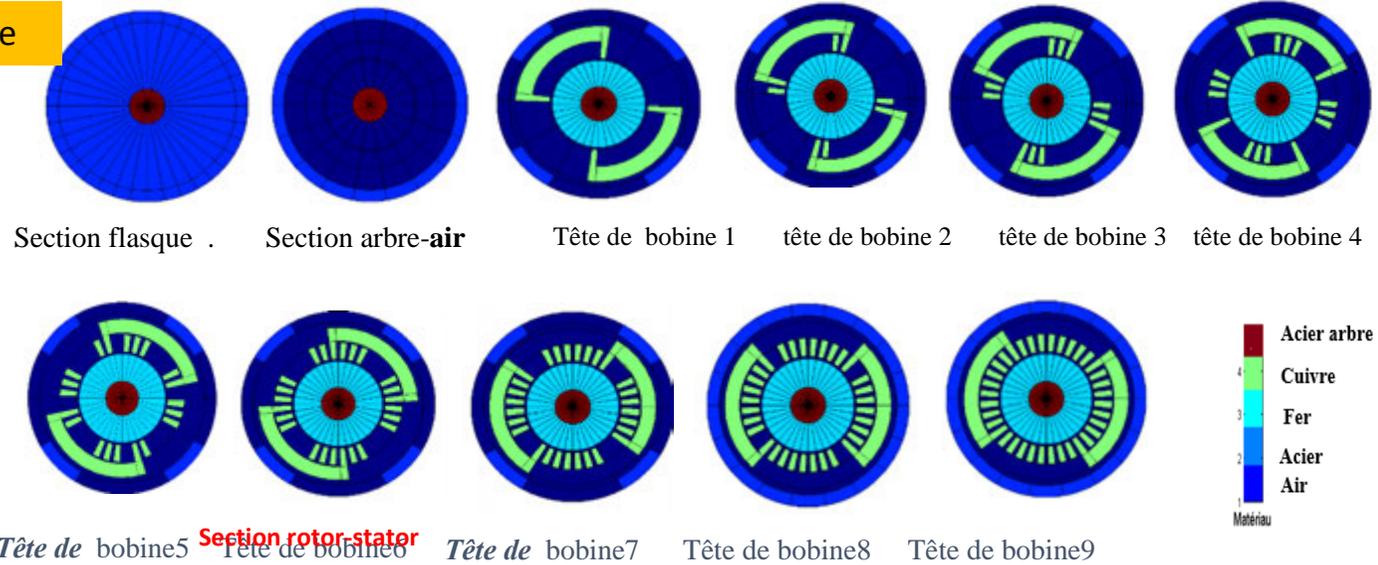
Pertes rotor = 544 W
Pertes Cuivre= 280 W
Pertes totales Stator= 254 W

Figure 11: différentes partie de la machine HT

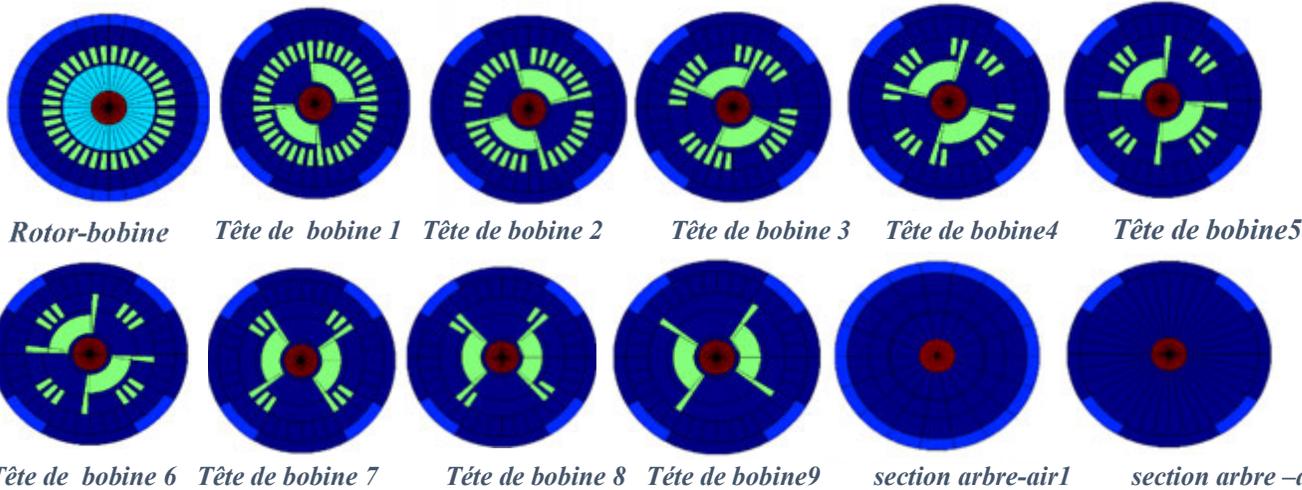
Côté gauche de la machine

Dissymétrie de la machine

28 sections

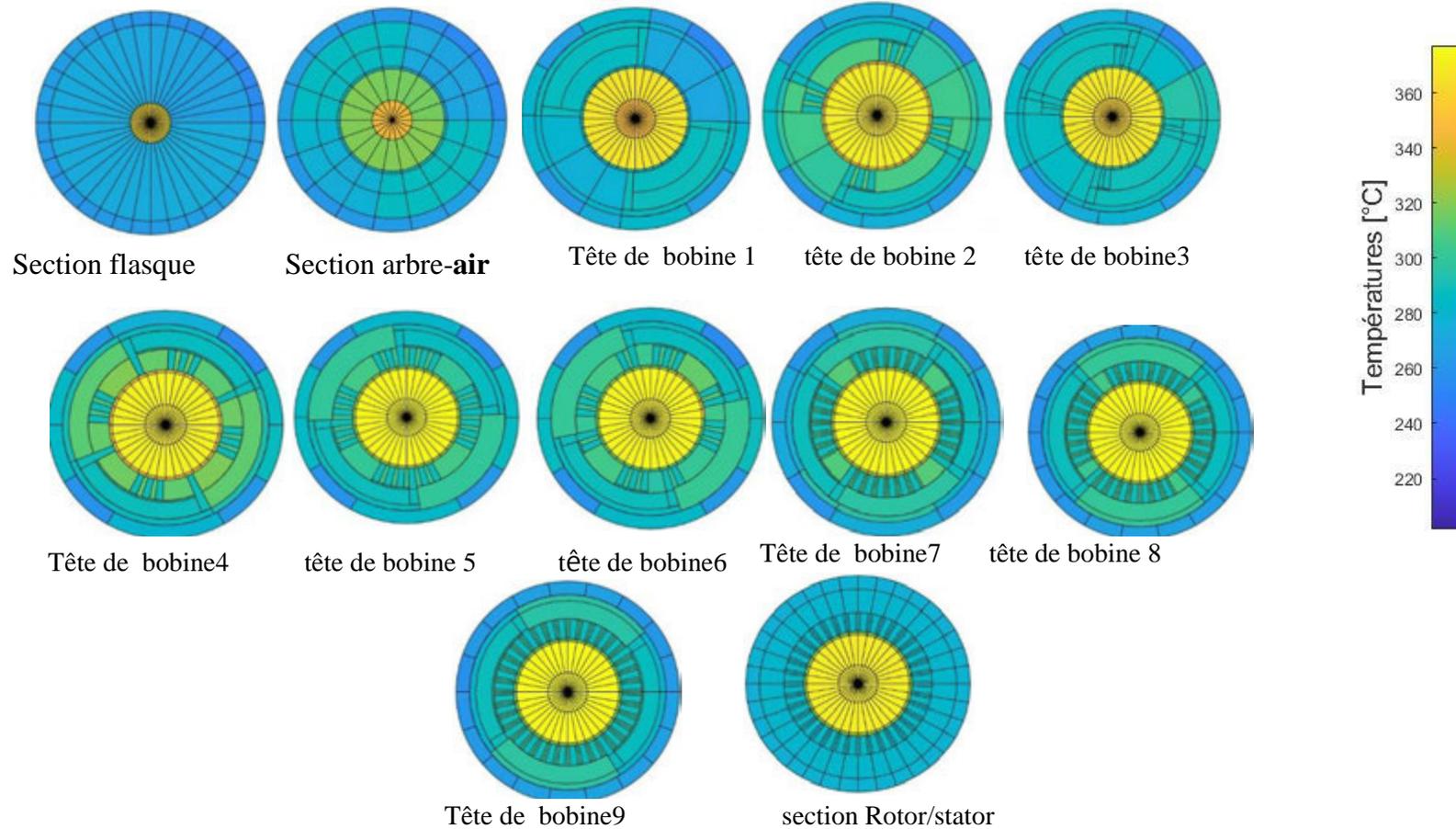


Section rotor/stator

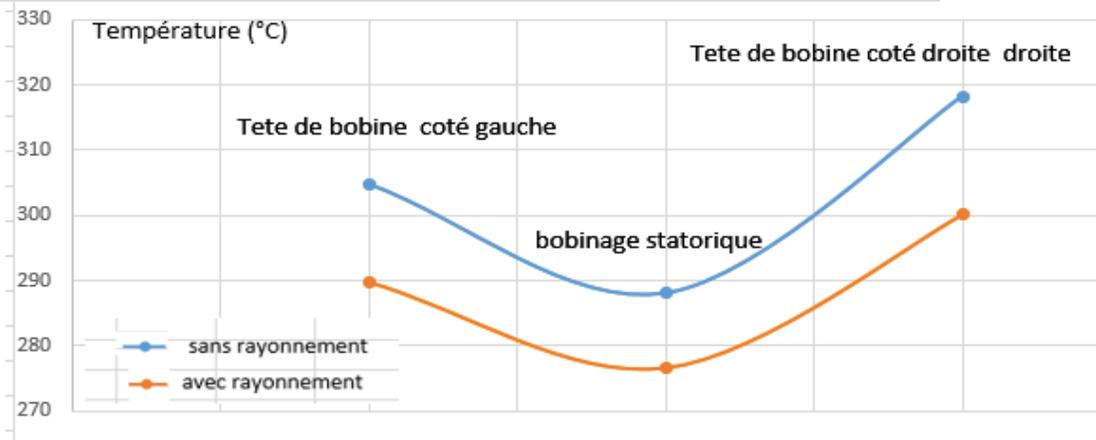


Côté droit de la machine

4.1 Coefficient d'échange radiatif n'est pas négligé

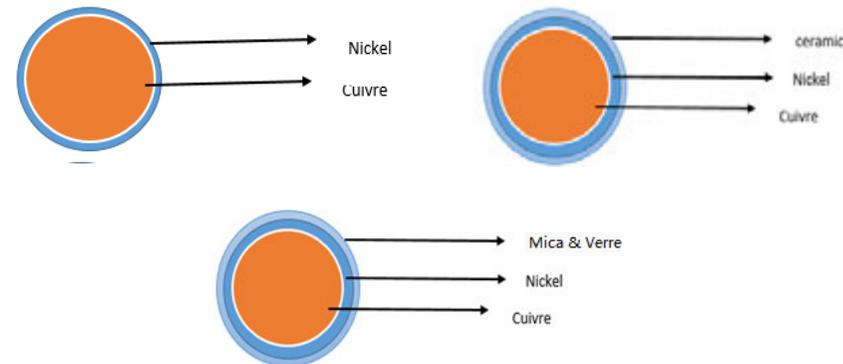
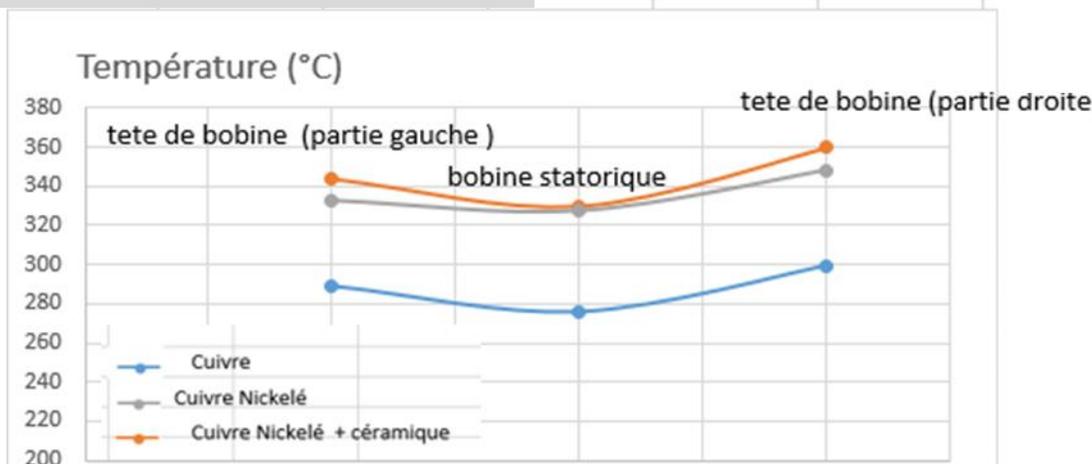


Rajout coefficient d'échange rayonnement



$$Q_{conv} + Q_r = hS(T_1 - T_{air}) + \sigma \epsilon S(T_1^4 - T_{air}^4)$$

Matériau des bobines





convertisseur
d'énergie
**Intégré
Intelligent**

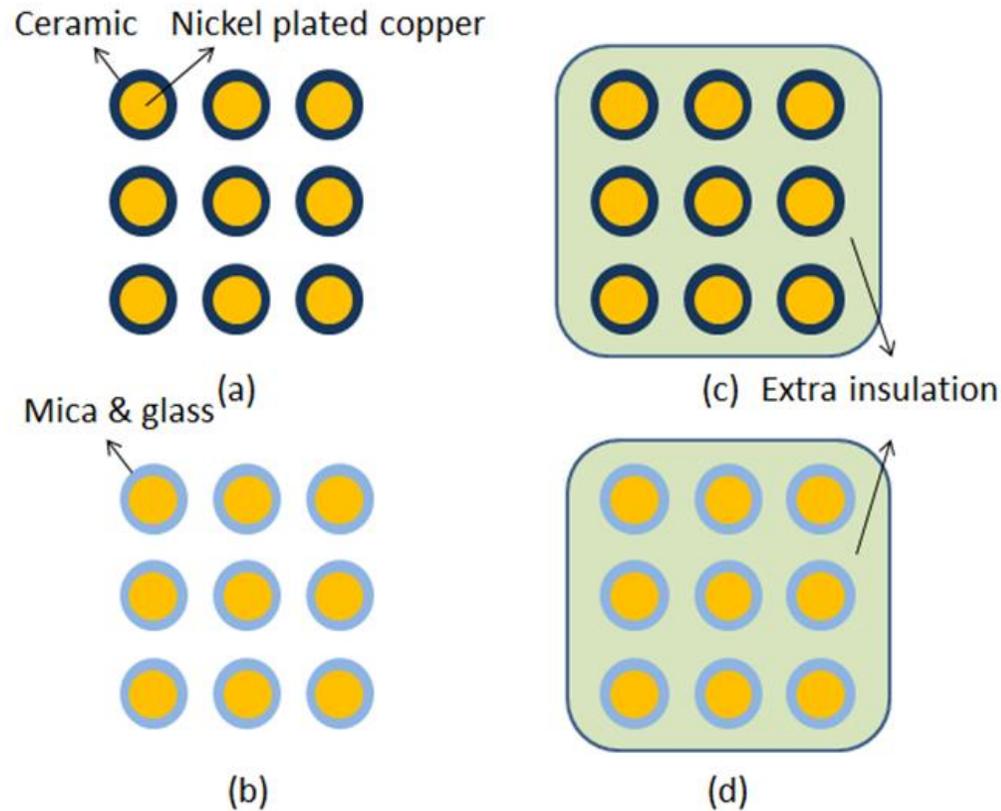
29 Janvier 2020 – comité de suivi

Partie 2

□ Partie 2 : Machine Haute température : b) Caractérisation des bobines

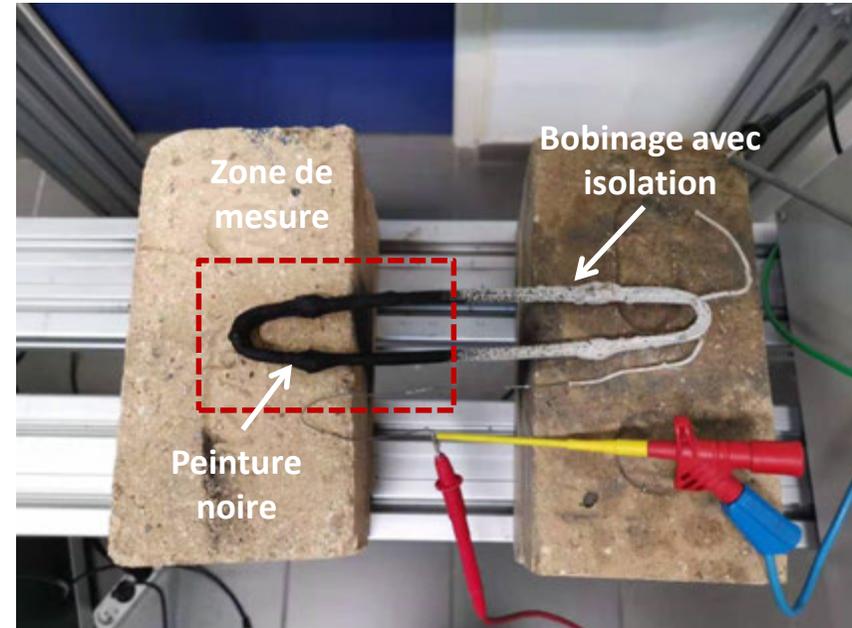
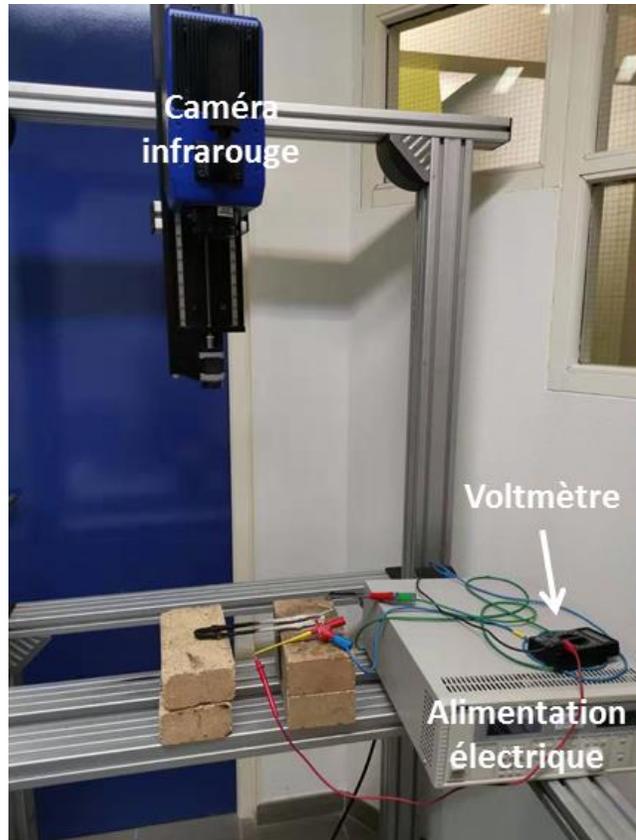


Types de bobinage



4 types de bobinages:

- (a) des fils couverts par ceramic
- (b) des fils couverts par rubans de mica et fibres de verre
- (c) même fils que (a) avec isolant supplémentaire
- (d) même fils que (b) avec isolant supplémentaire



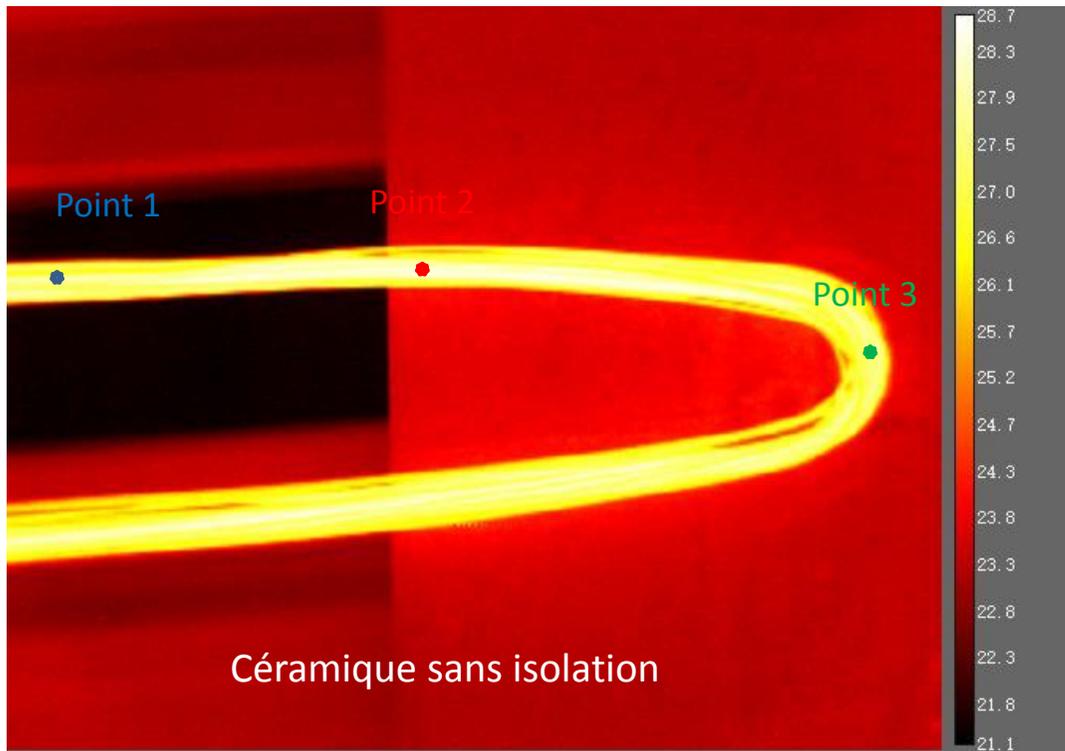
Incertitude de mesure: ± 1 °C

Température de mesure maximum : 300 °C

Température ambiante: 23 °C

Puissance chauffante maximum: 600 W

Image infrarouge

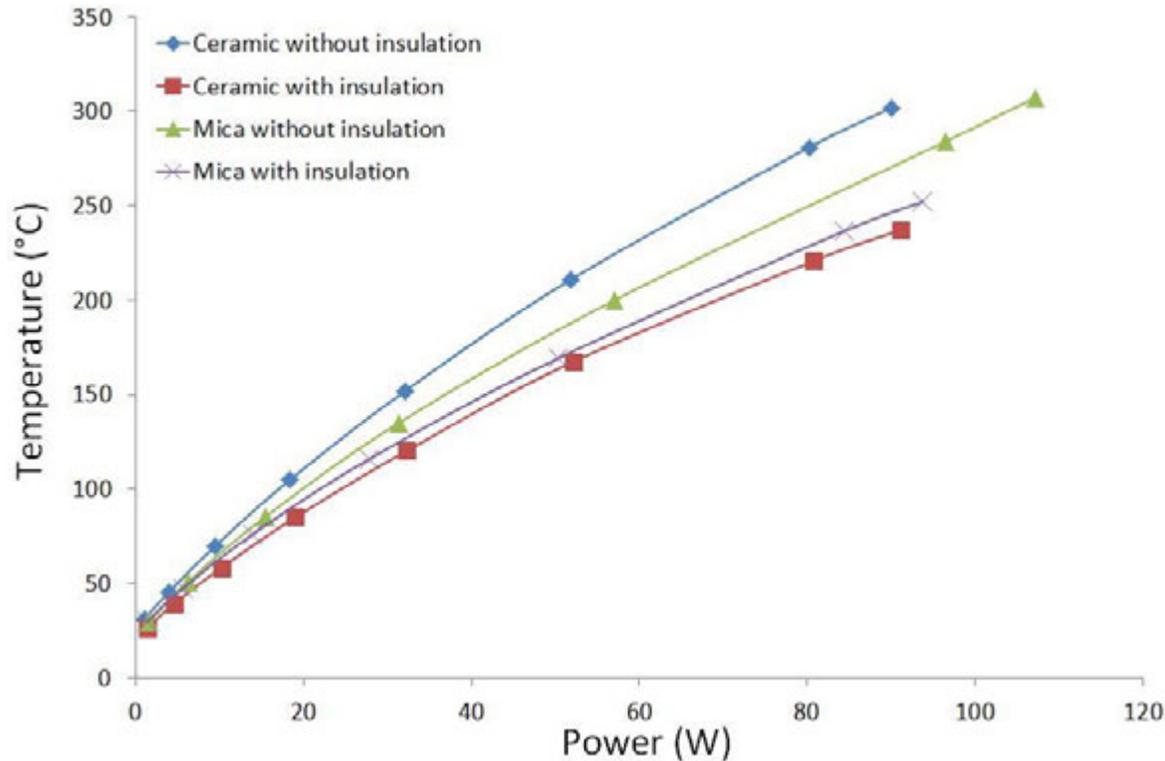


Trois points de mesure, c'est pour vérifier la homogénéité de la distribution de température.

La valeur moyenne sur une période de 2min.

Les essais de chaque bobinage est répétés pour trois fois.

Température vs. Puissance



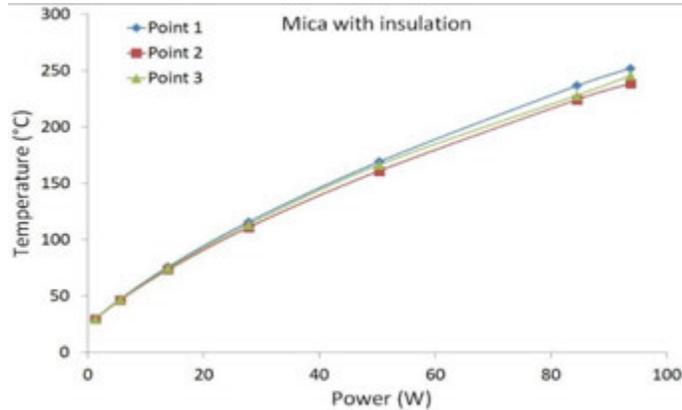
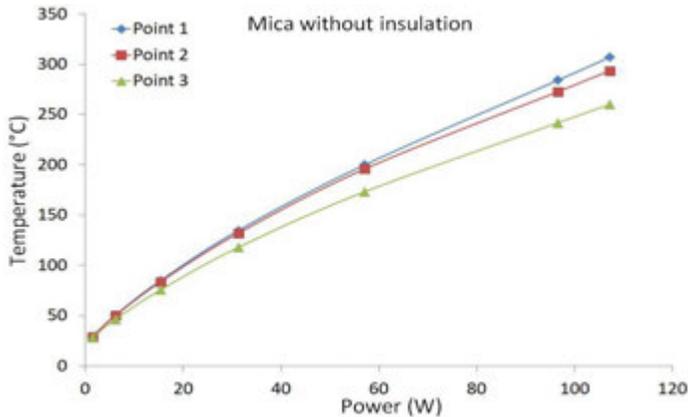
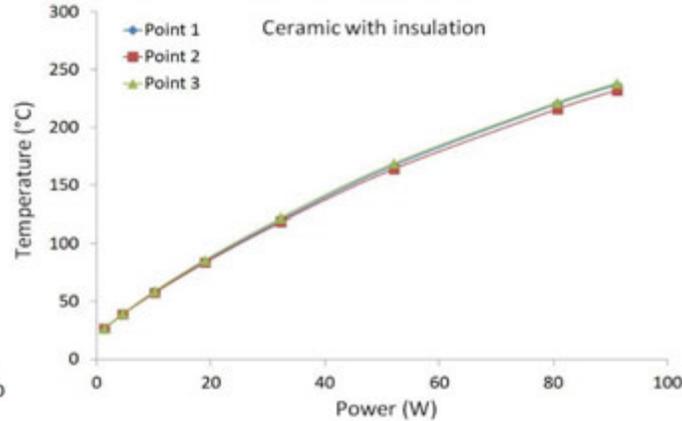
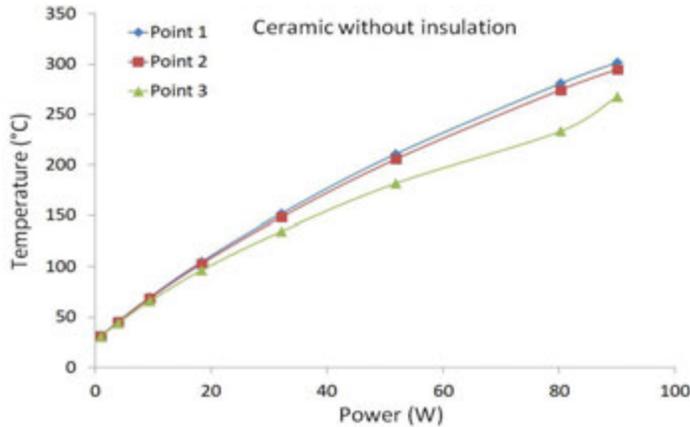
Température en fonction de puissance au point 1

A la même puissance, la température du bobinage de céramique sans isolation est le plus élevée.

Ces résultats sont en cohérence avec les essais de fil tout seul: le fil avec couverture céramique montre une température plus élevée que celui avec du mica.

L'effet de l'isolation est remarquable et fait aussi que les températures sont proches.

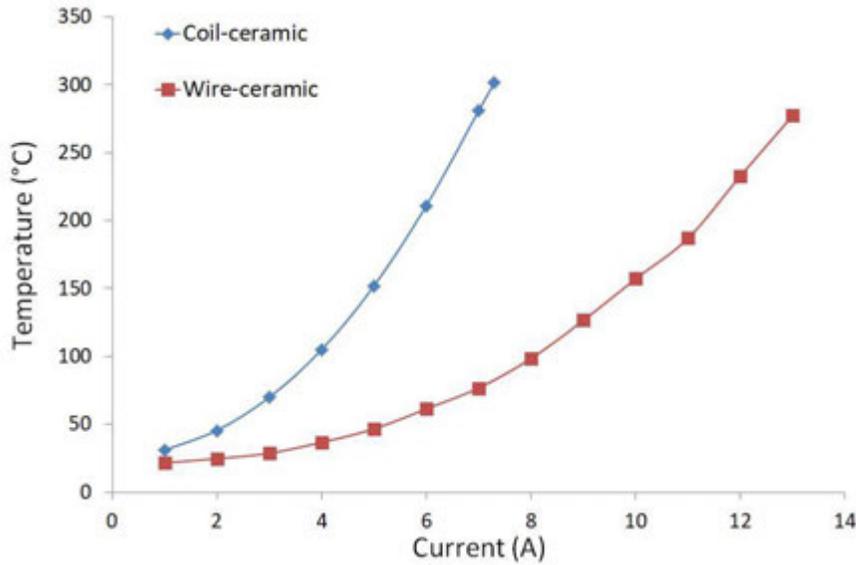
Comparaison entre trois points de mesure



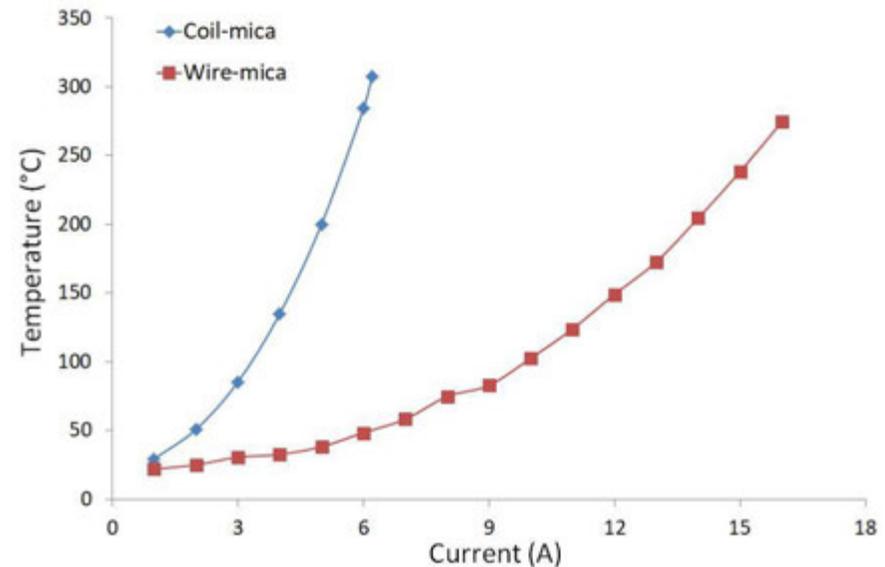
La distribution de température est homogène pour les deux cas avec isolation.

Mais il y a une différence de température entre trois points de mesure pour les deux cas sans isolation. La température de point 3 est la plus basse. Il semble que l'assemblage des fils au point 3 est moins rigide mécaniquement, ce qui est favorable pour la dissipation de la chaleur.

Bobinage vs. Fil



Céramique



Mica

Par comparer les résultats des température en fonction du courant, la température du bobinage est beaucoup plus élevée que celle d'un seul fil avec le même courant pour deux types de fils. C'est parce que l'assemblage des fils empêche la dissipation de la chaleur.



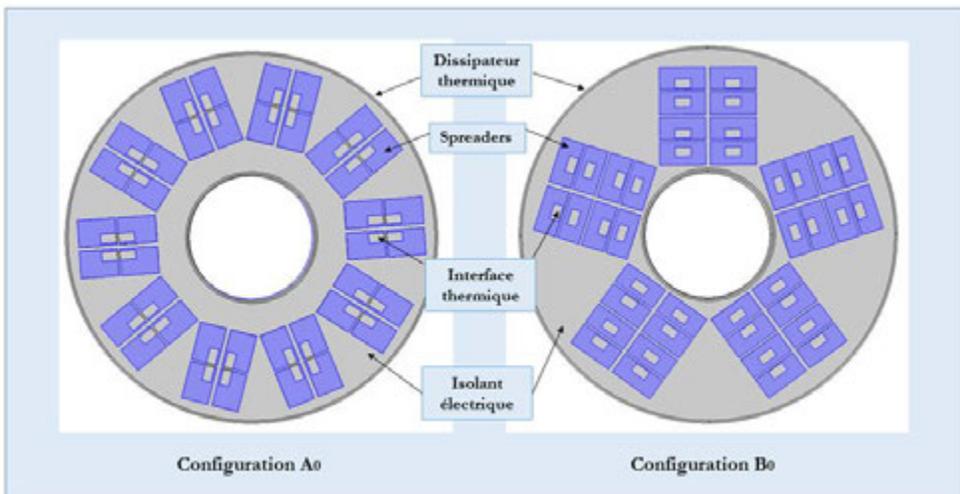
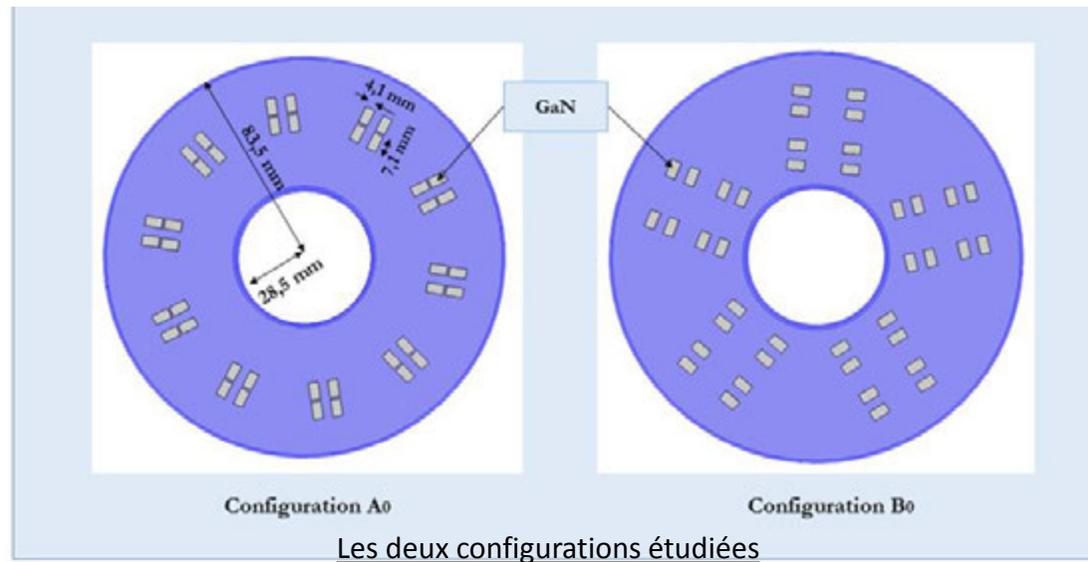
convertisseur
d'énergie
**Intégré
Intelligent**

29 Janvier 2020 – comité de suivi

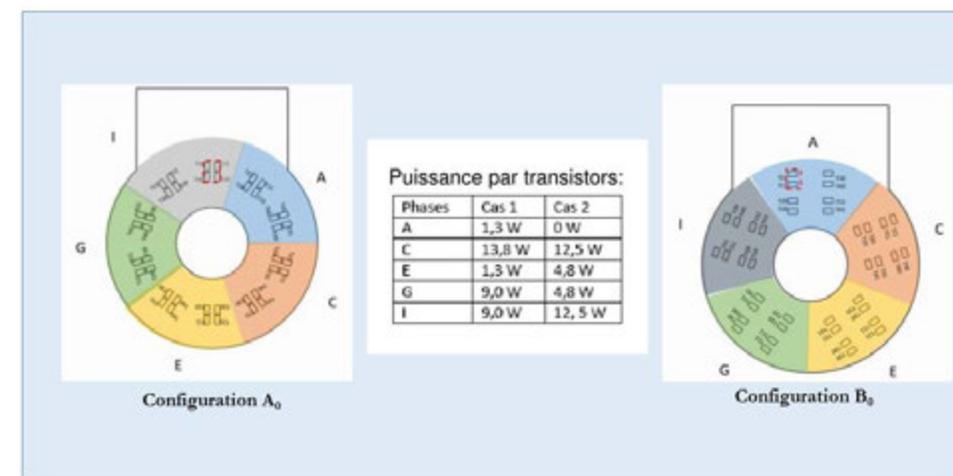
Partie 3

□ Partie 3 : Simulations Comsol : Configuration A et B.





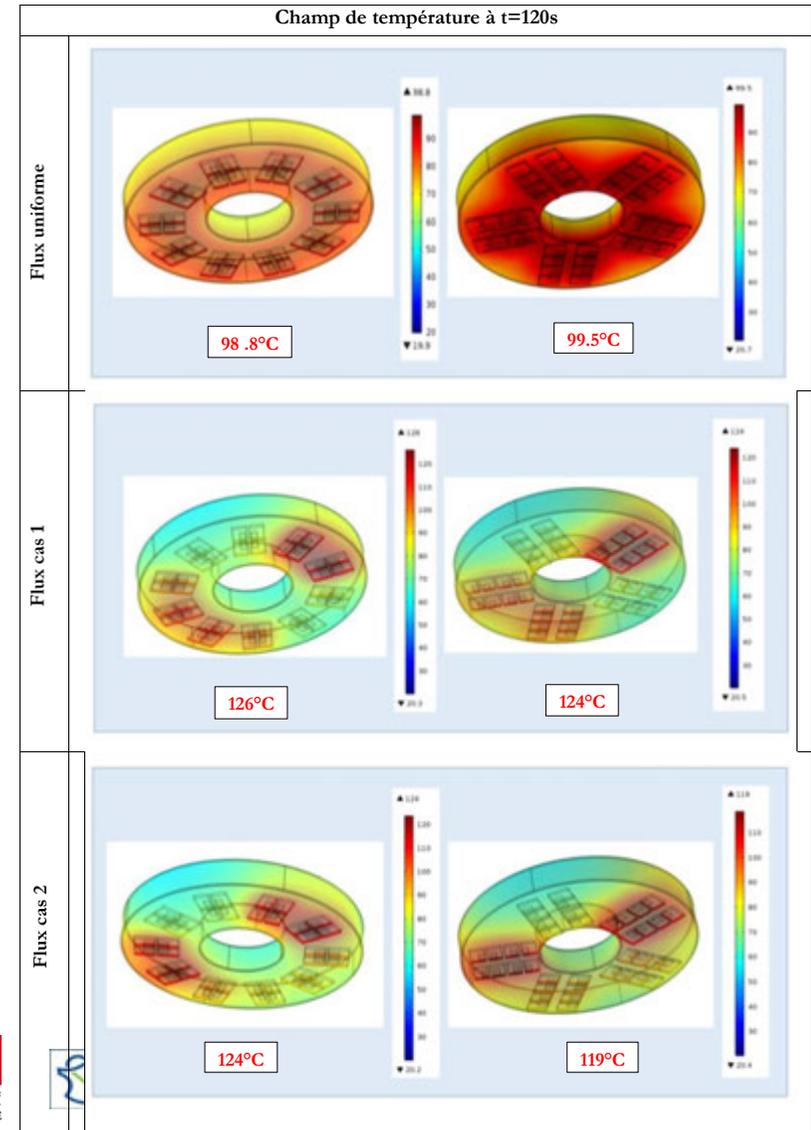
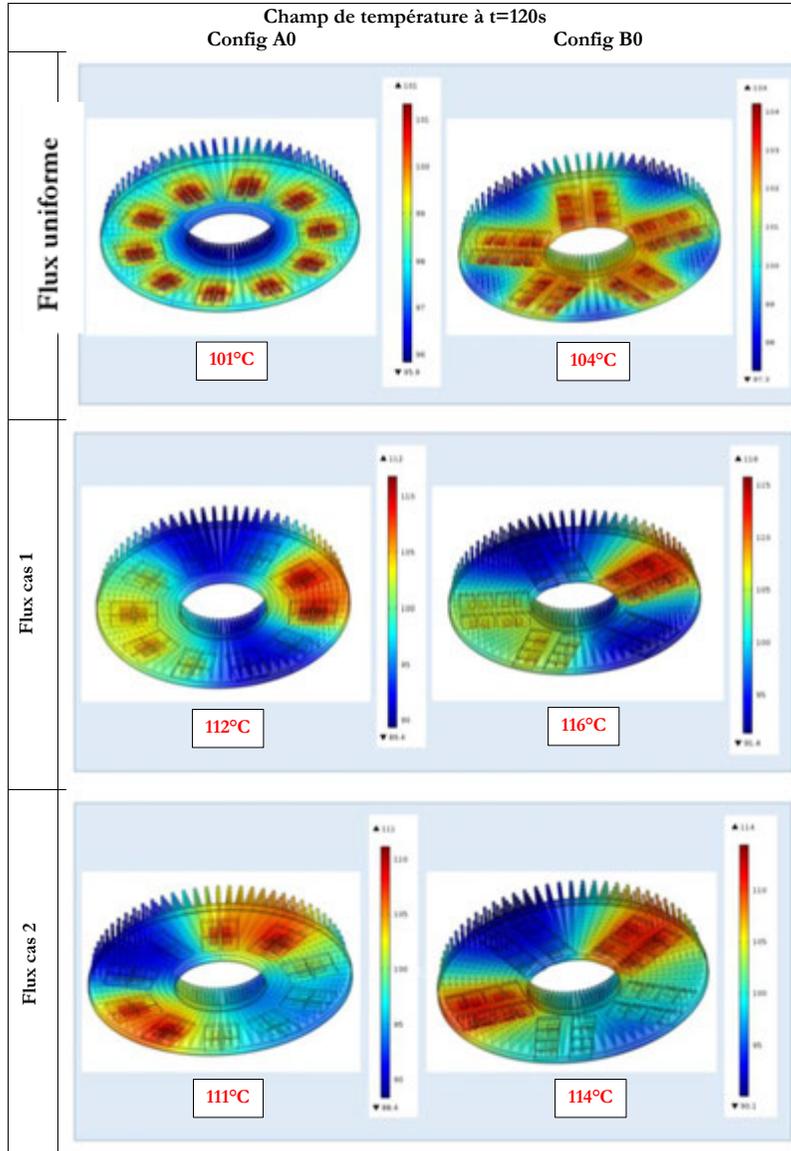
Position spreaders et interfaces



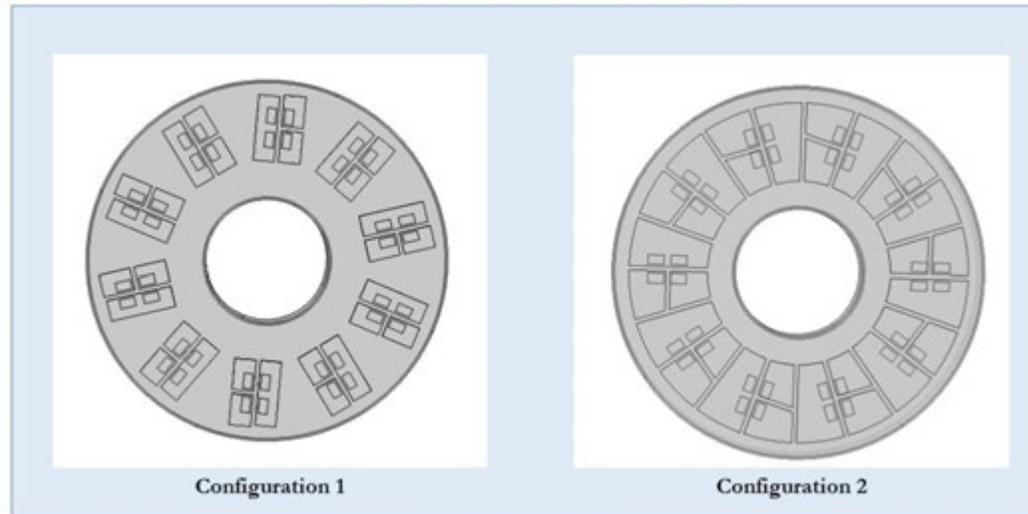
Répartition du flux de chaleur pour le cas du rotor bloqué

Dissipateur à ailettes

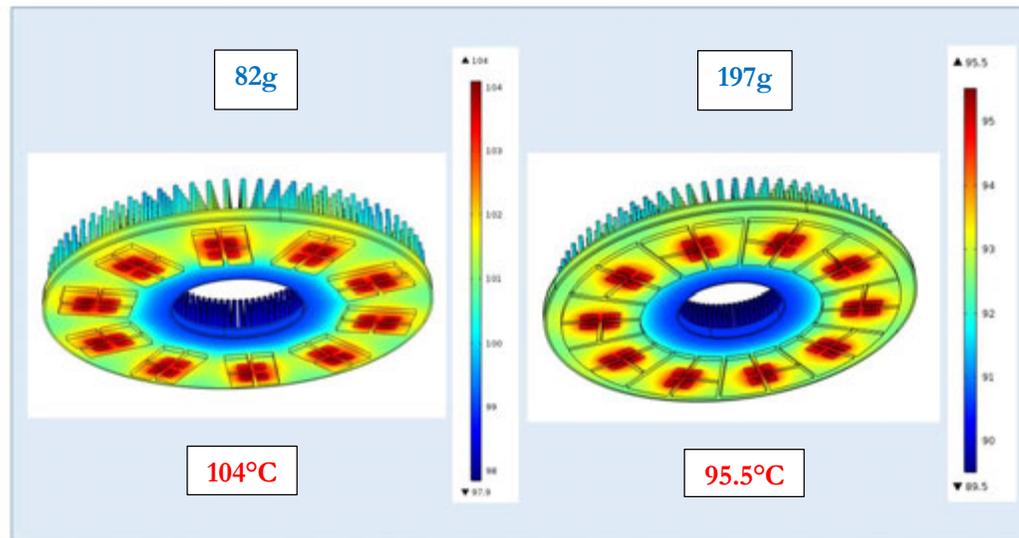
Boite avec MCP



Forme géométrique des spreaders



Champ de température à t=120s



Configurations des deux répartition différentes des ailettes (nombre et hauteur différents)

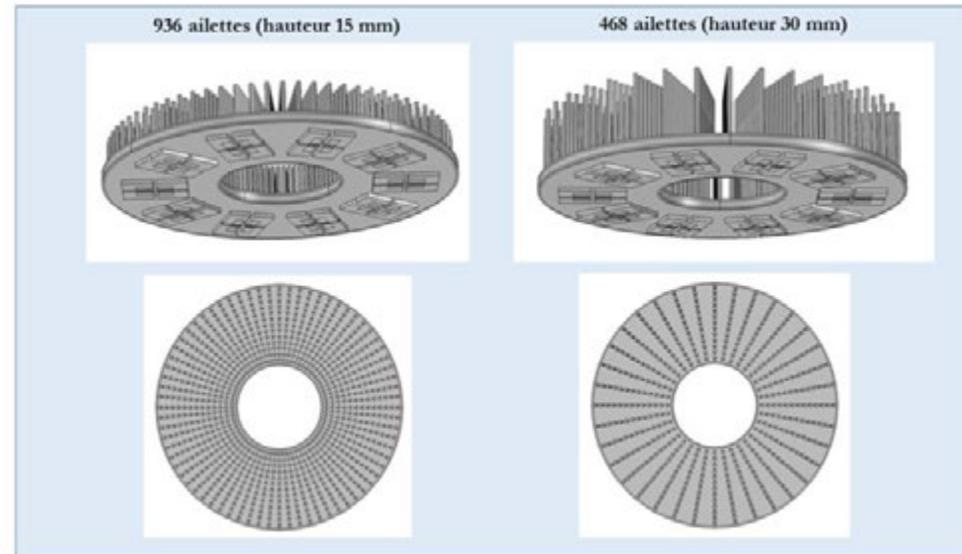
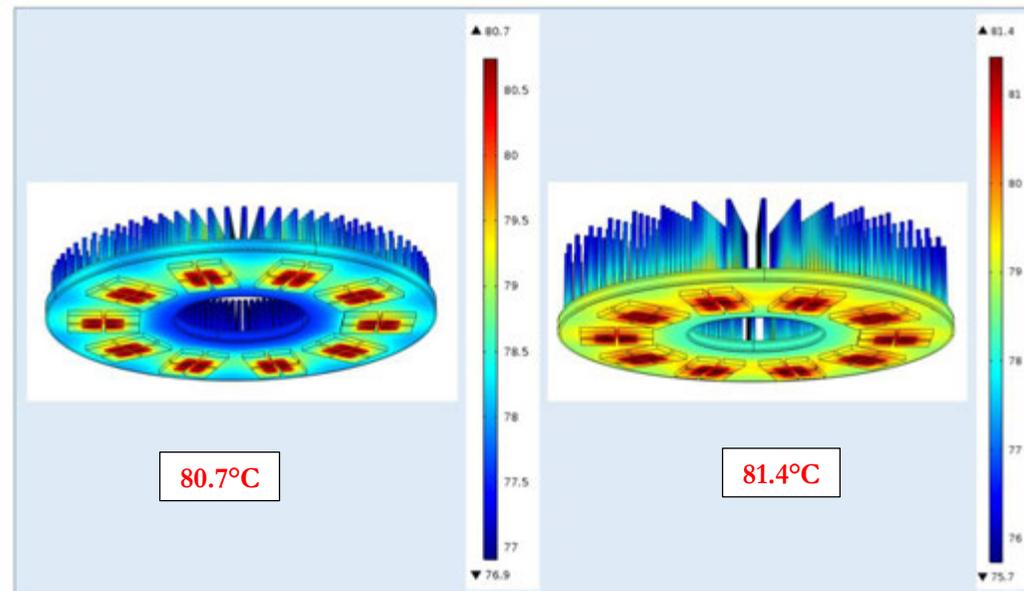


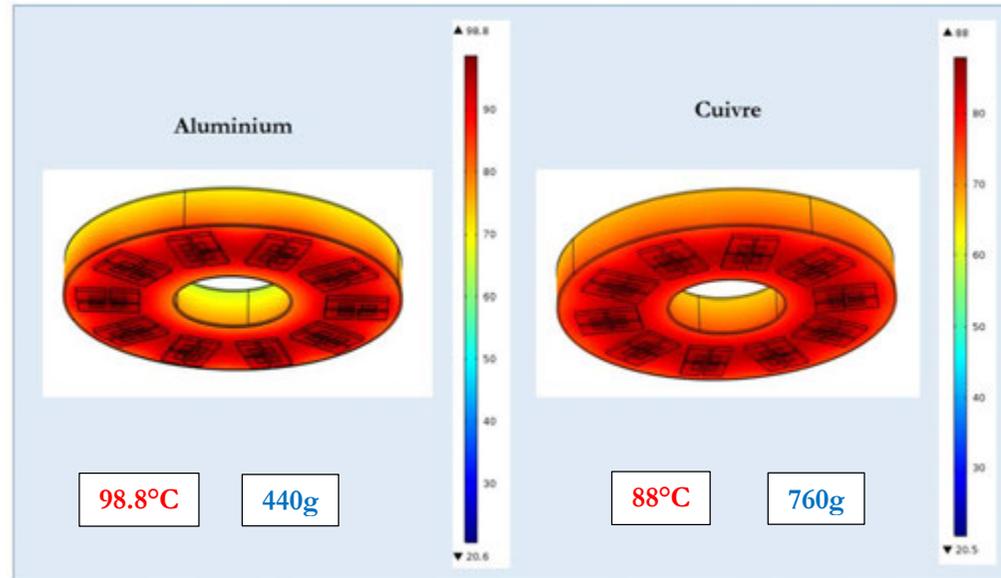
Figure 9 Configurations des deux répartition différentes des ailettes (nombre et hauteur différents)

Champs de températures du dissipateur à ailettes pour deux répartition différentes

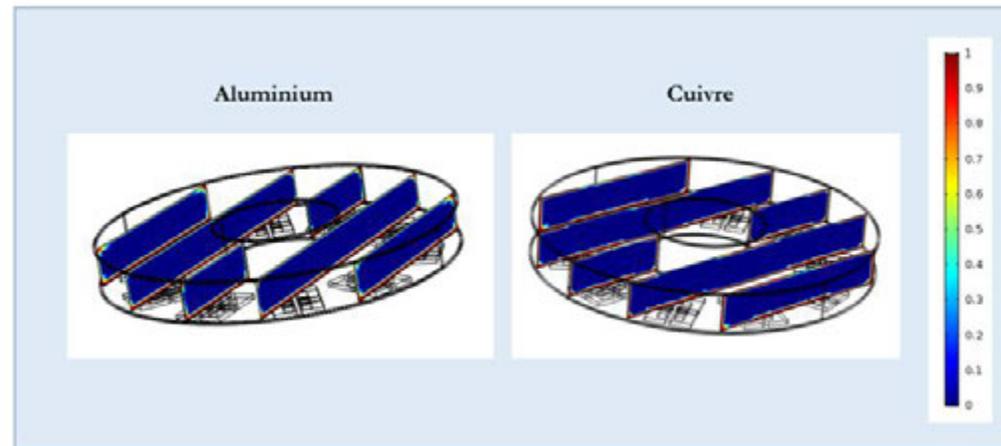


Cas d'étude : nature de matériau disque MCP

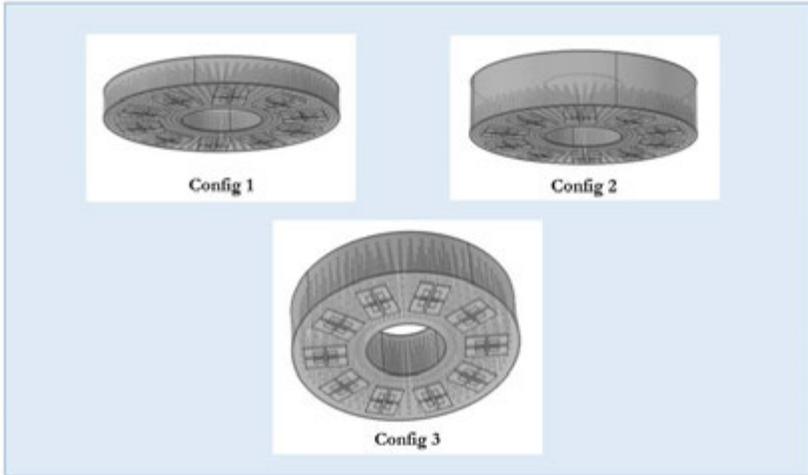
Champs de
temperature à t=120s



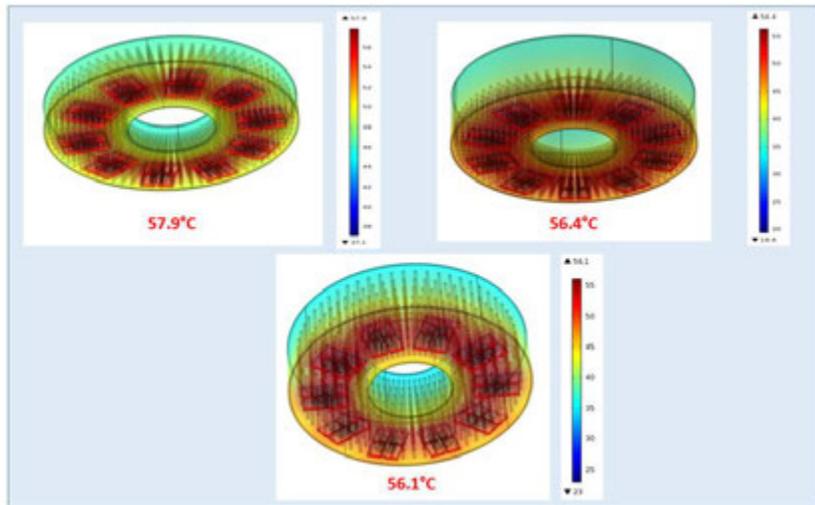
fraction du volume
fondu



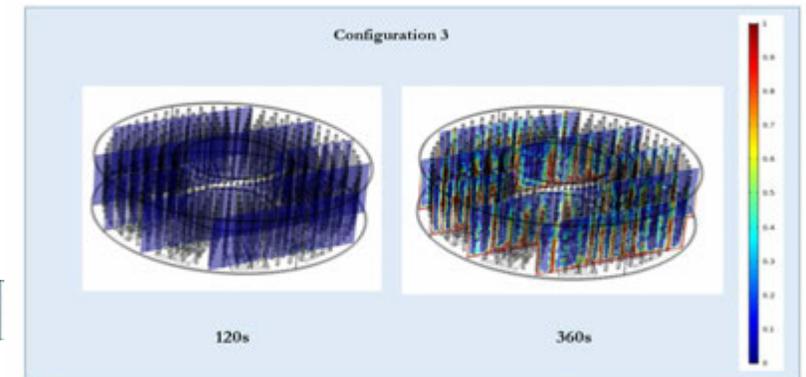
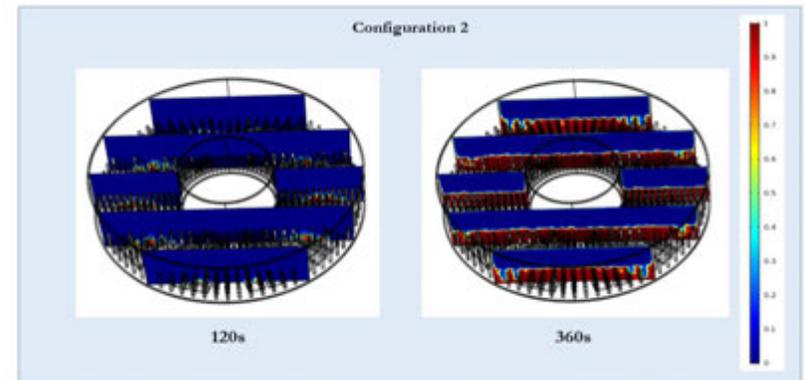
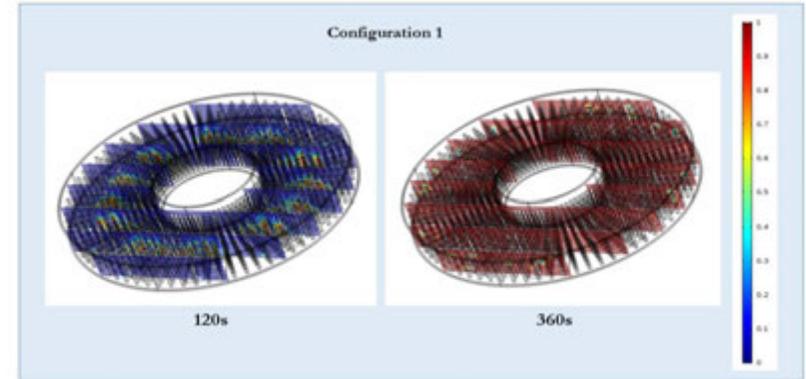
Différentes configurations étudiées



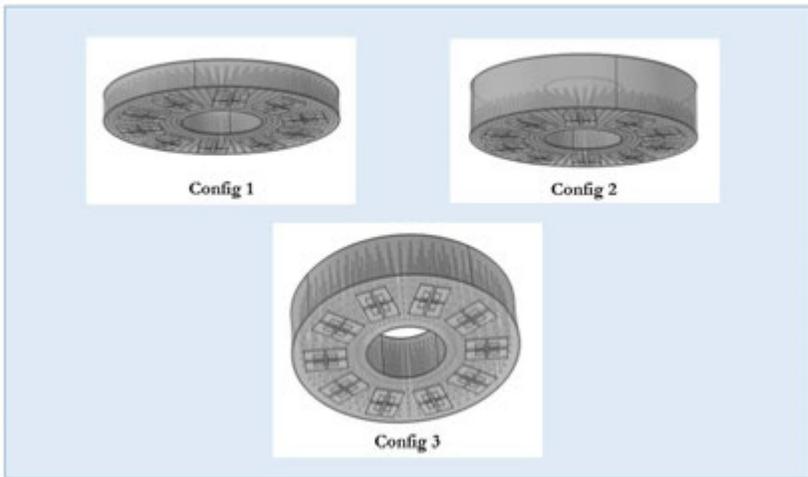
Champs de température à t=120s



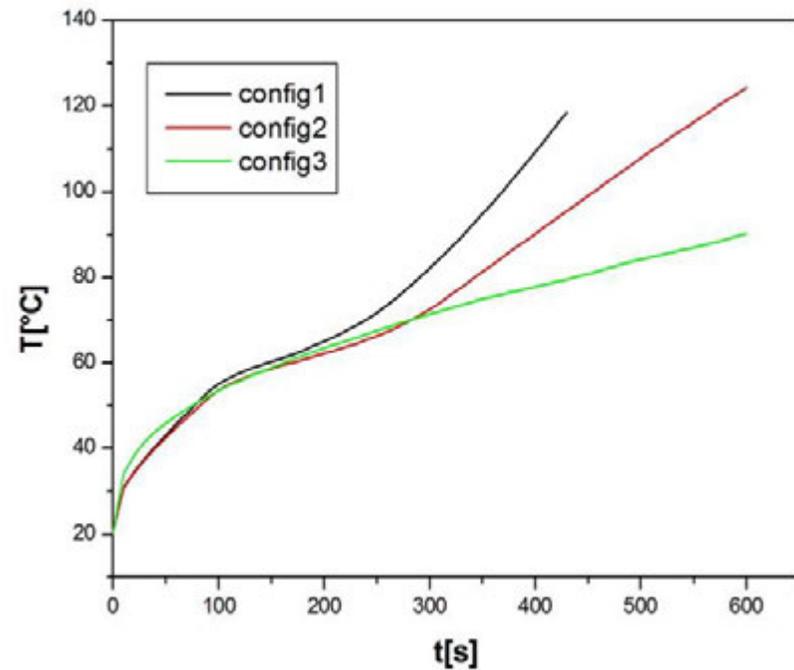
Fraction de volume fondue



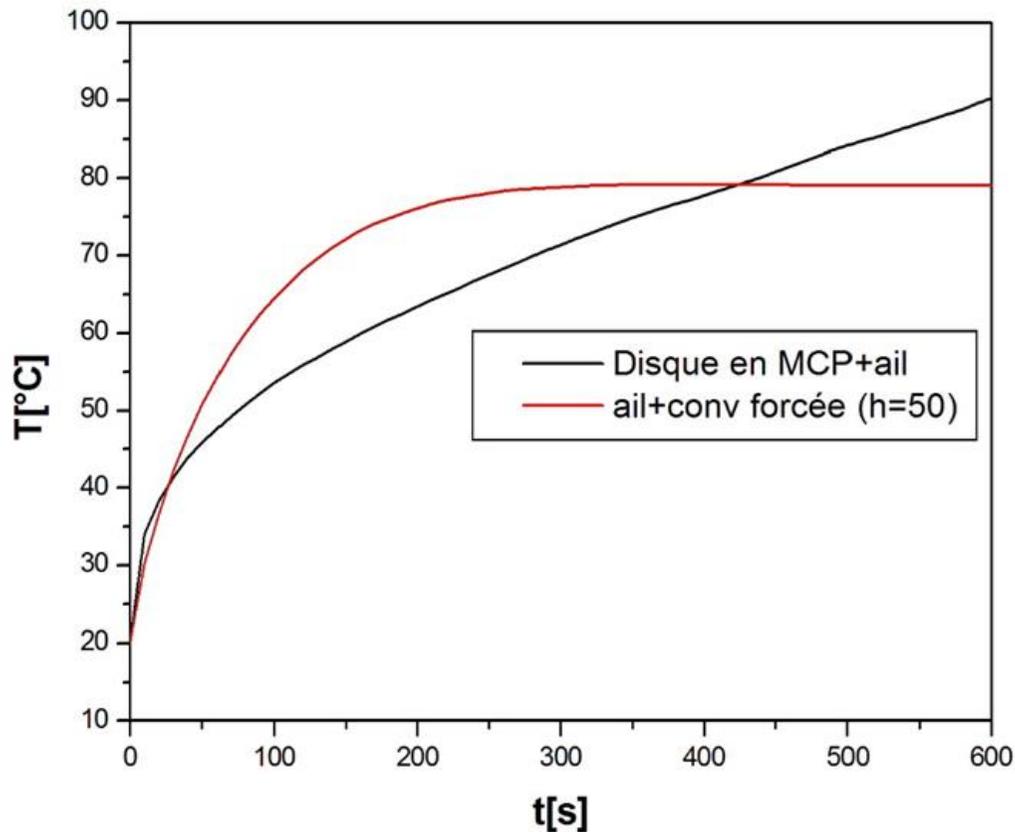
Différentes configurations étudiées



Temperature vs Time



Le doublement du volume du MCP avec extension des ailettes montre un ralentissement de fusion et par la suite extension du temps critique.



la combinaison MCP avec ailettes parait la plus performante jusqu'à presque 7min (temps de fonctionnement) par rapport à la méthode active



convertisseur
d'énergie
**Intégré
Intelligent**

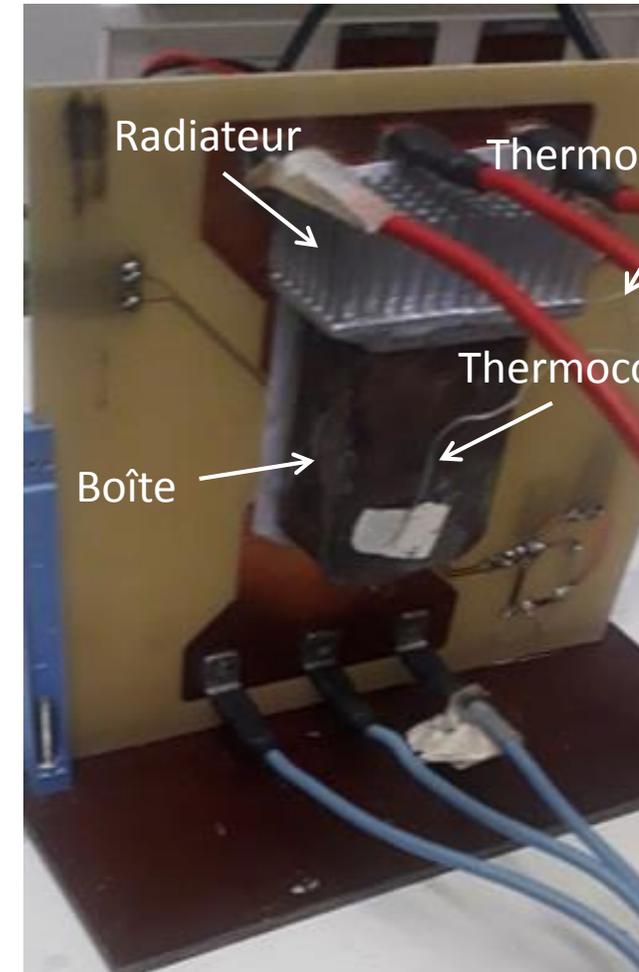
29 Janvier 2020 – comité de suivi

Partie 4

□ Partie 4 : Travaux expérimentaux sur les GaN.

a) Refroidissement par immersion

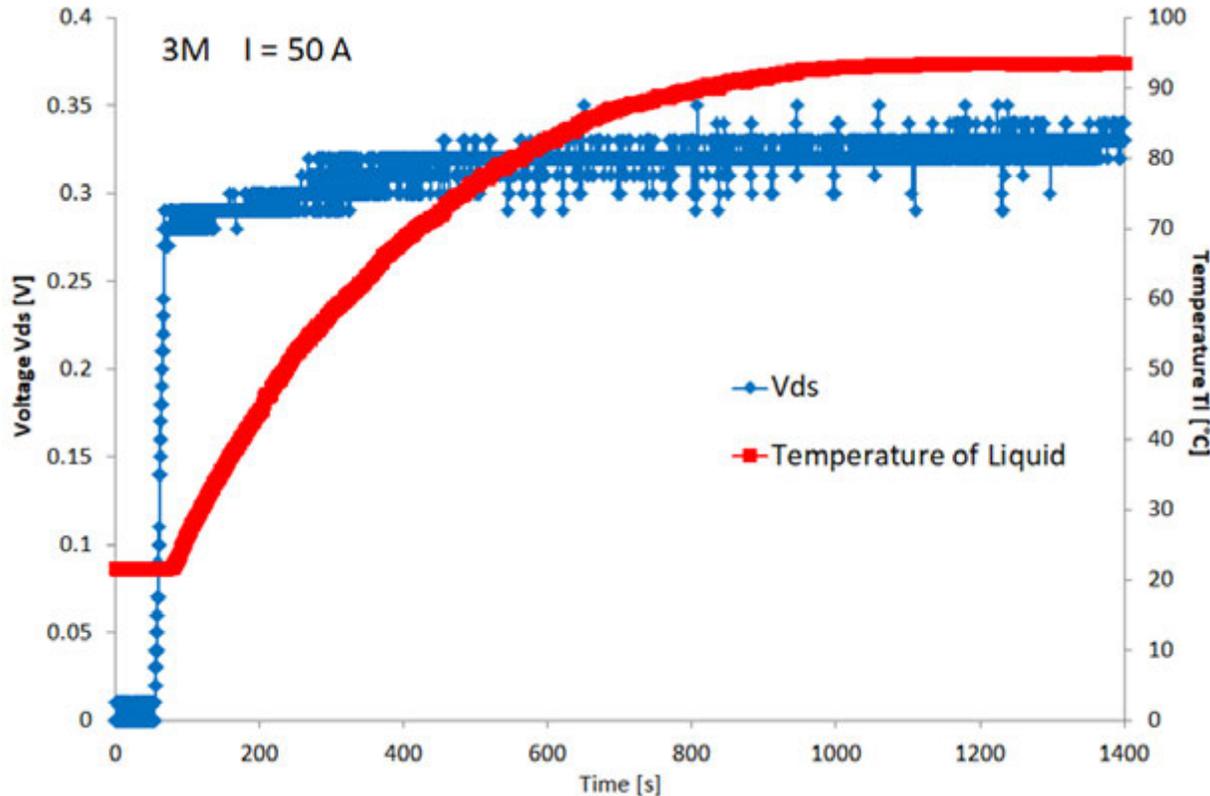




Thermocouple 1 est utilisé pour mesurer la température de la surface extérieur de la boîte.

Thermocouple 2 est mis dans le liquide de refroidissement et utilisé pour mesurer sa température.

Chaine d'acquisition Graphtec est utilisé pour enregistrer les tension V_{ds} du composant.



Avec un courant de 50 A, on laisse le composant se chauffer pour plus de 20 min.

Pour la température du liquide augmente rapidement au début. A partir de 800 s, la température de liquide se stabilise graduellement à 94 °C. Le point d'ébullition de liquide diélectrique Novec 7300 est 98 °C sous pression atmosphérique. A partir du même temps, la tension V_{DS} se stabilise à une valeur de 0.33. Donc, on peut dire que le liquide diélectrique bout à partir de 800 s.



convertisseur
d'énergie
**Intégré
Intelligent**

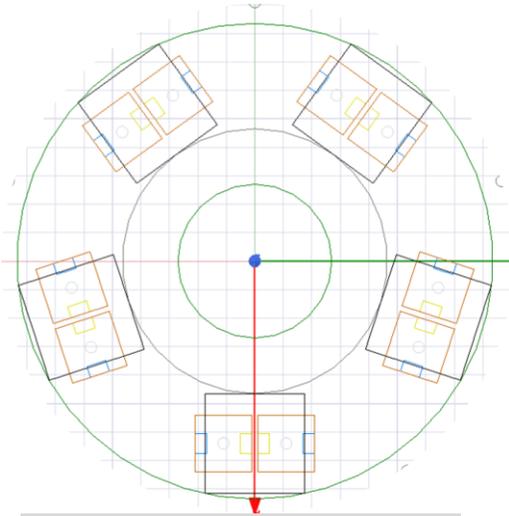
29 Janvier 2020 – comité de suivi

Partie 4

□ Partie 4 : Travaux expérimentaux sur les GaN.

b) Banc d'essai pour la carte anneau

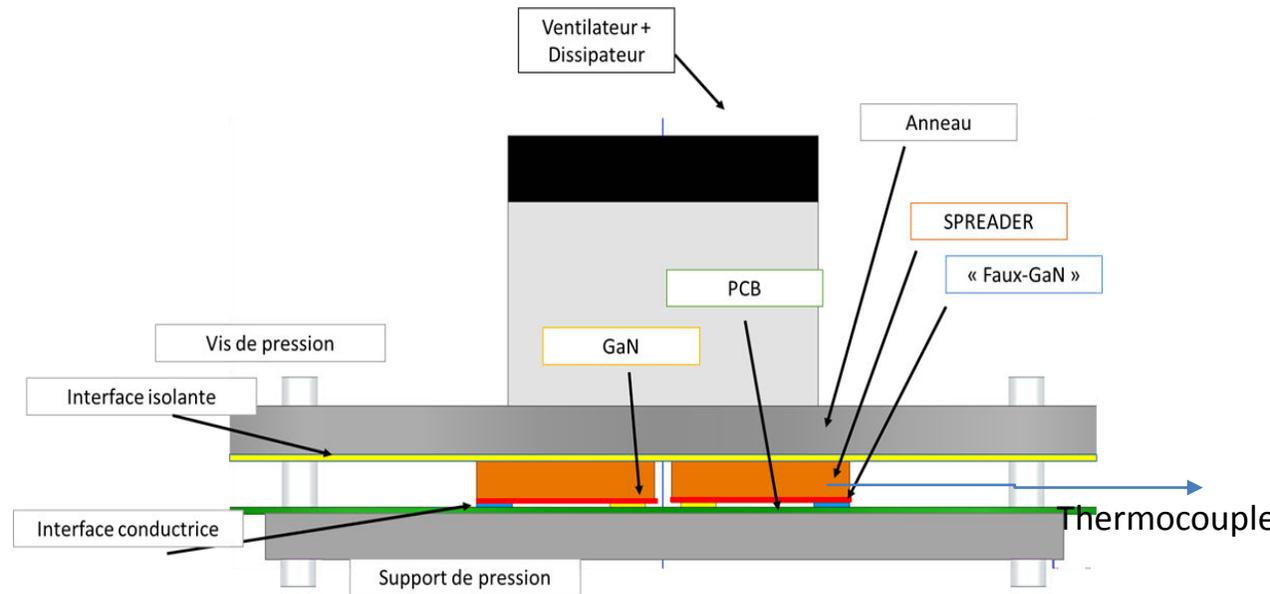




Carte GaN anneau



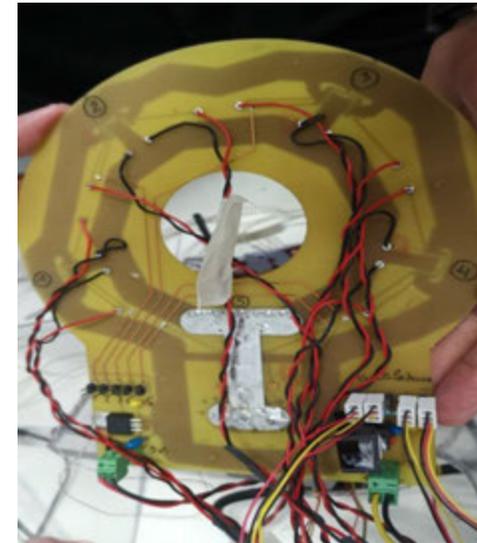
Assemblage



- ❑ Tester le fonctionnement avec des puissances réparties d'une façon non-uniforme.

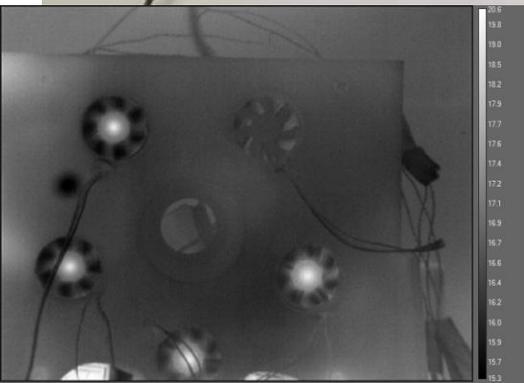
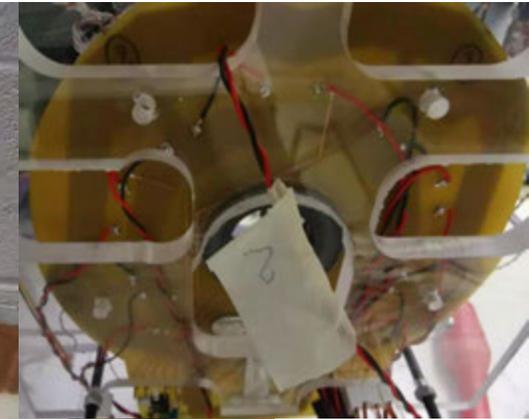
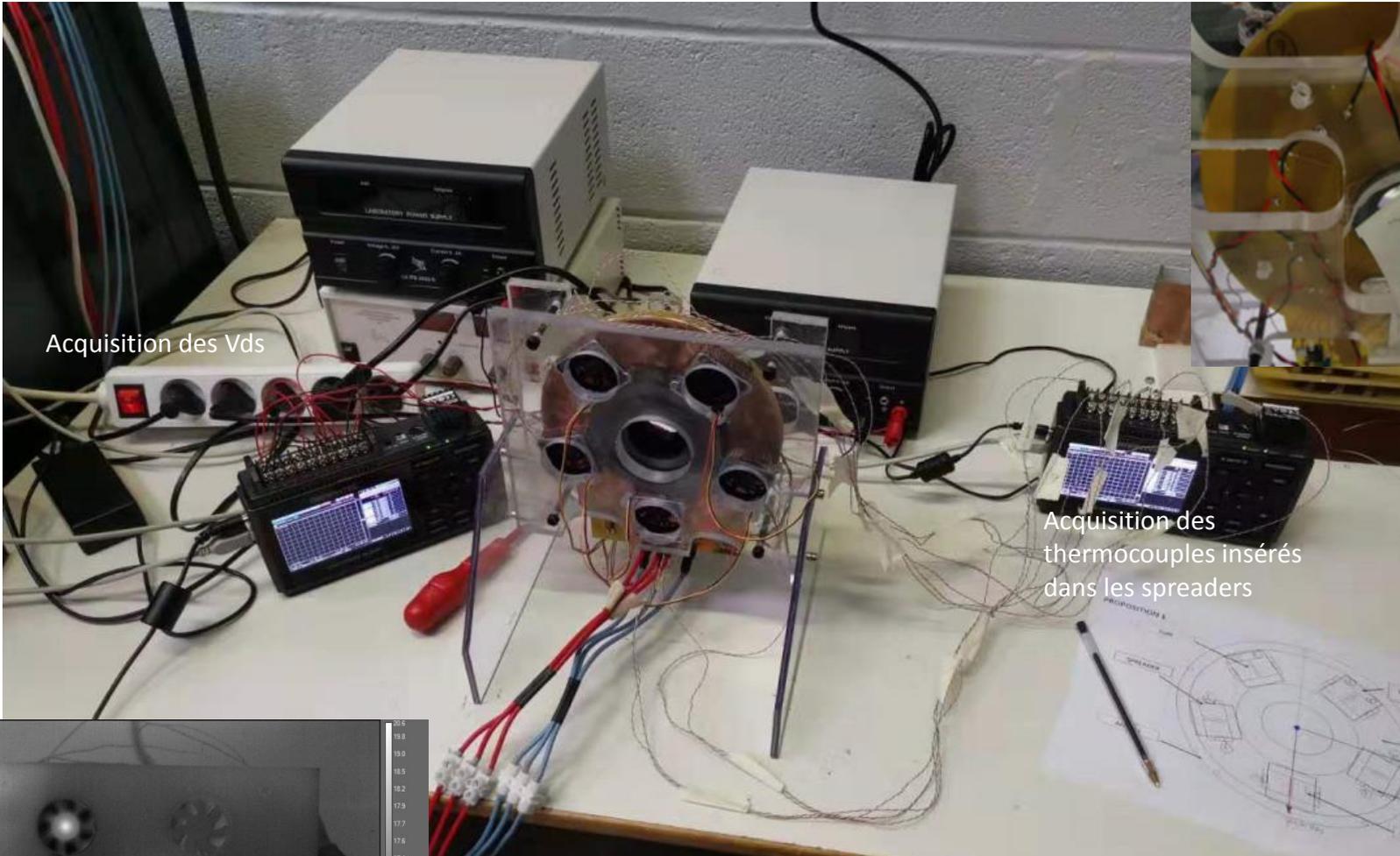
Configurations	Courants appliqués
1 ON / 4 OFF	20A - 30A - 40A
2 ON / 3 OFF	40 A – 60 A – 90A
3 ON / 2 OFF	60 A – 90A - 120 A

- ❑ Comparer la solution dissipateur/ventilateur et la solution Caloducs soudés.

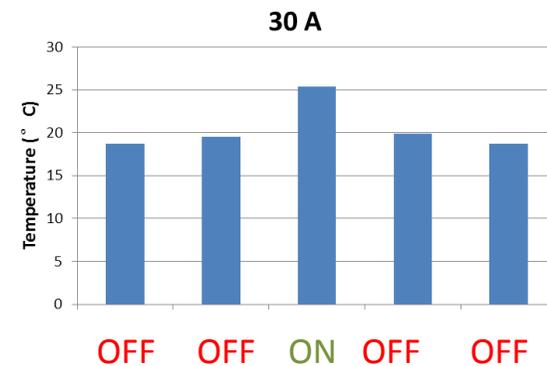
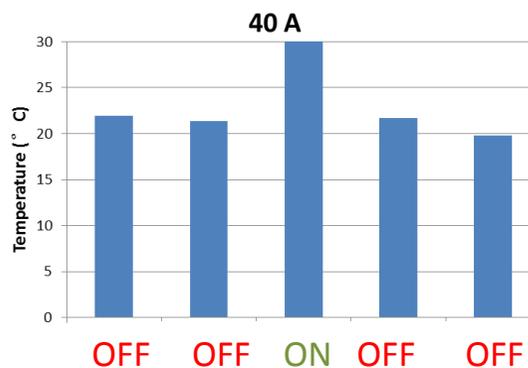
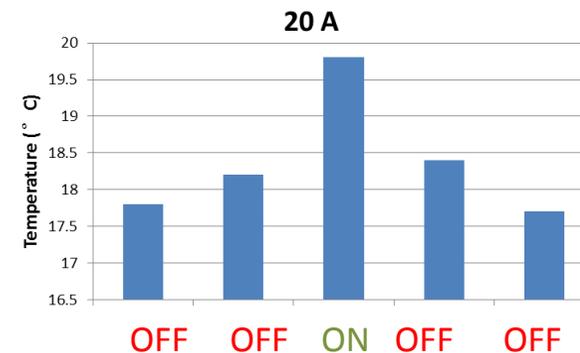
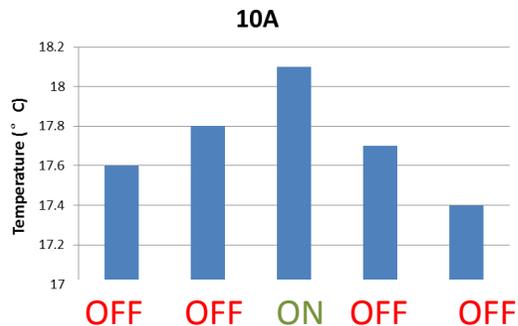
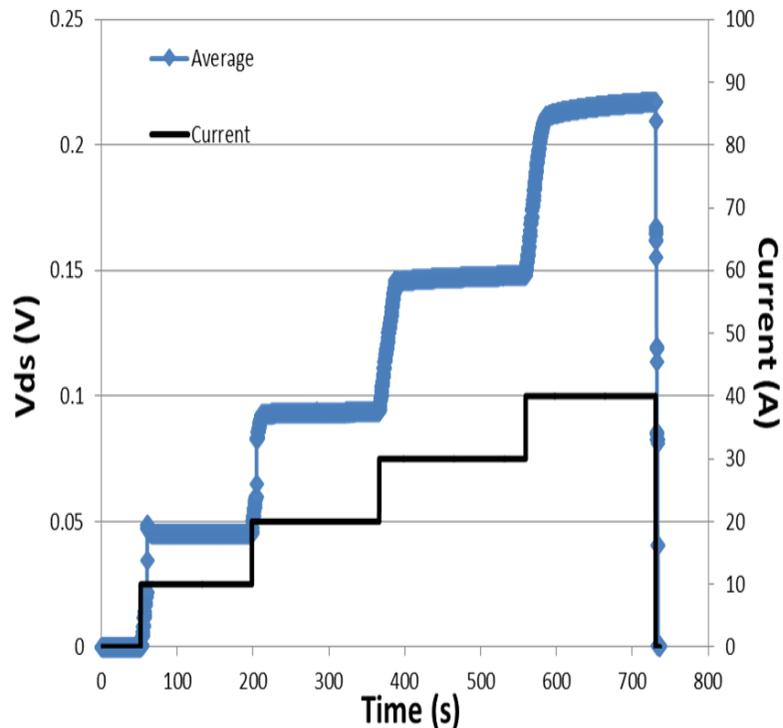


Alimentation des GaN





1 ON 4 OFF

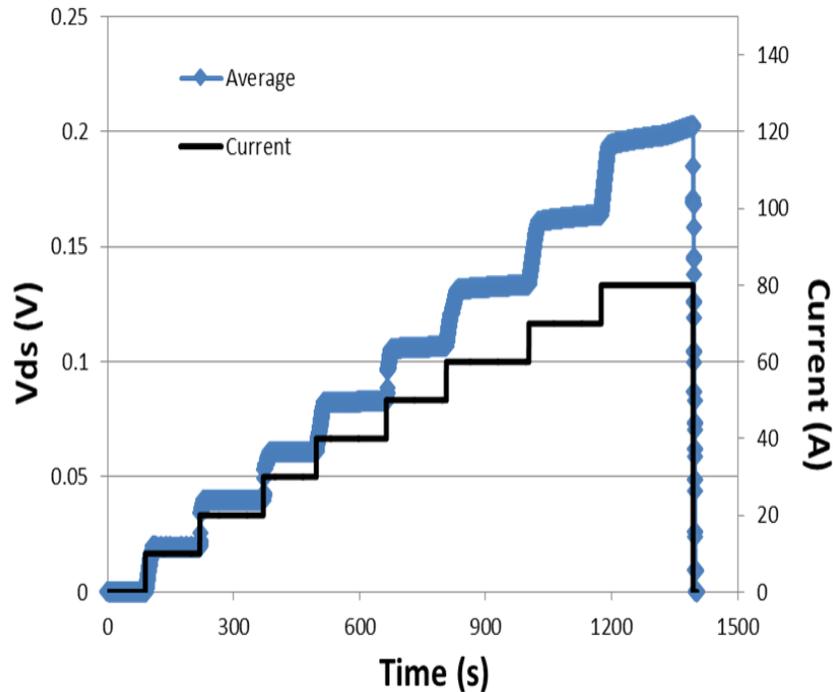


Mesure Vds

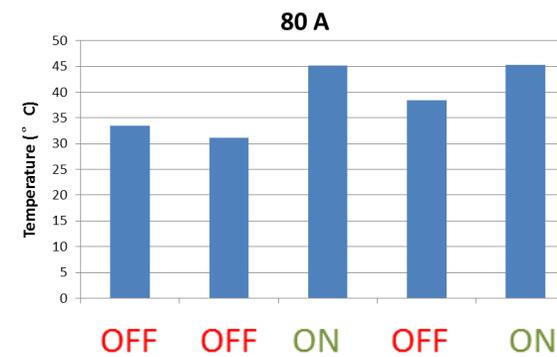
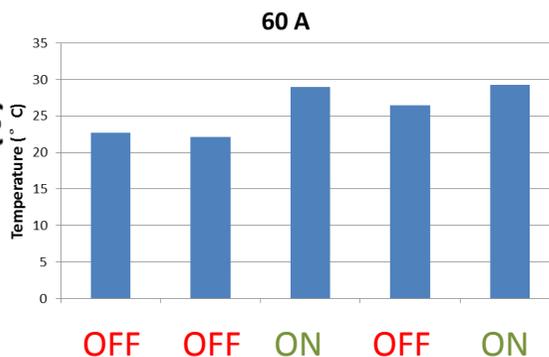
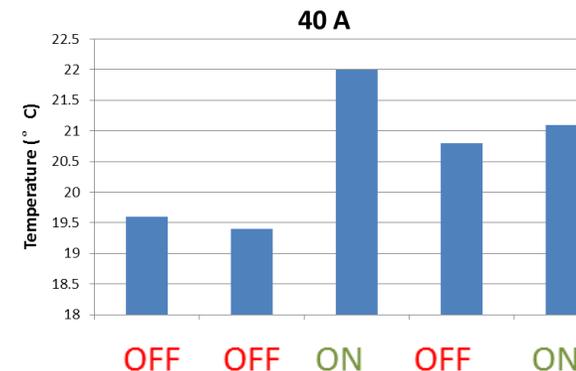
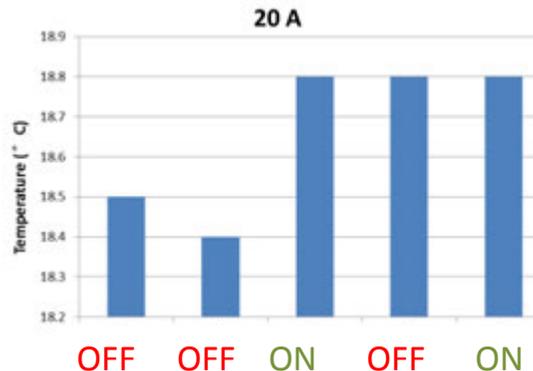
Mesure thermocouple niveau spreaders



2 ON 3 OFF

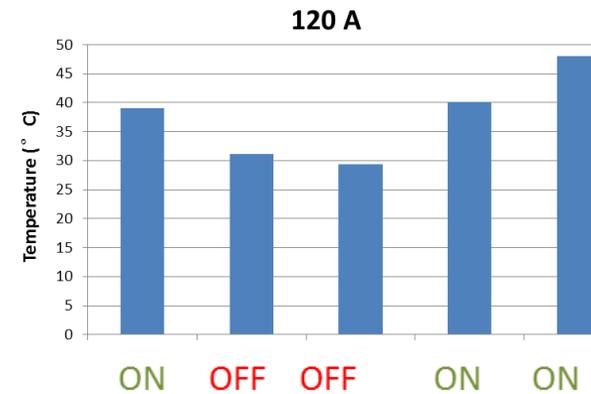
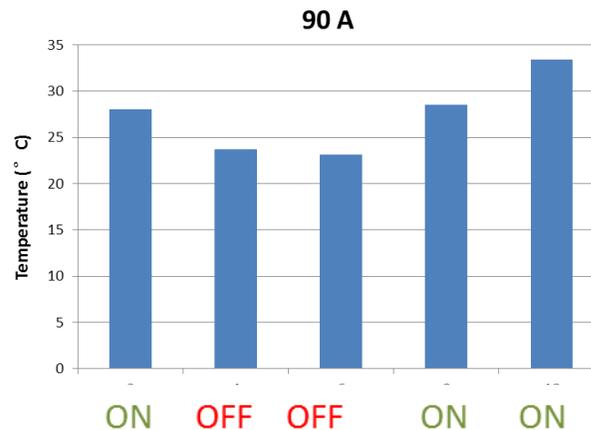
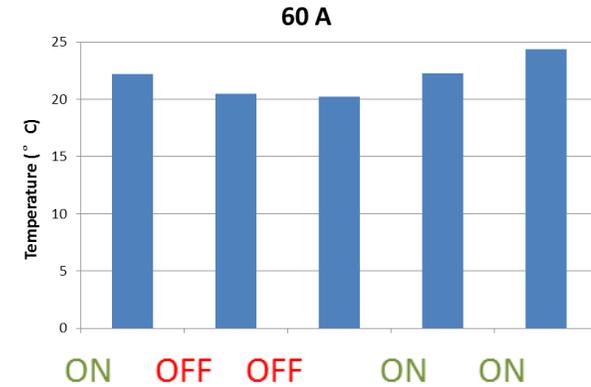
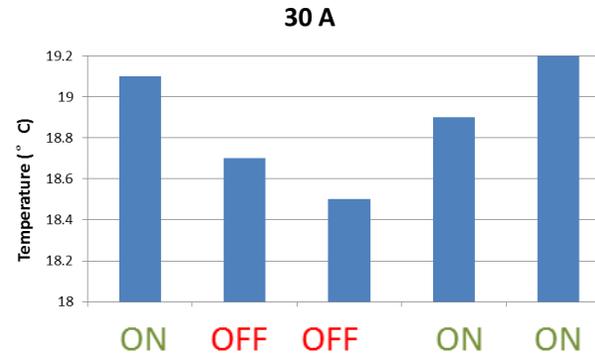
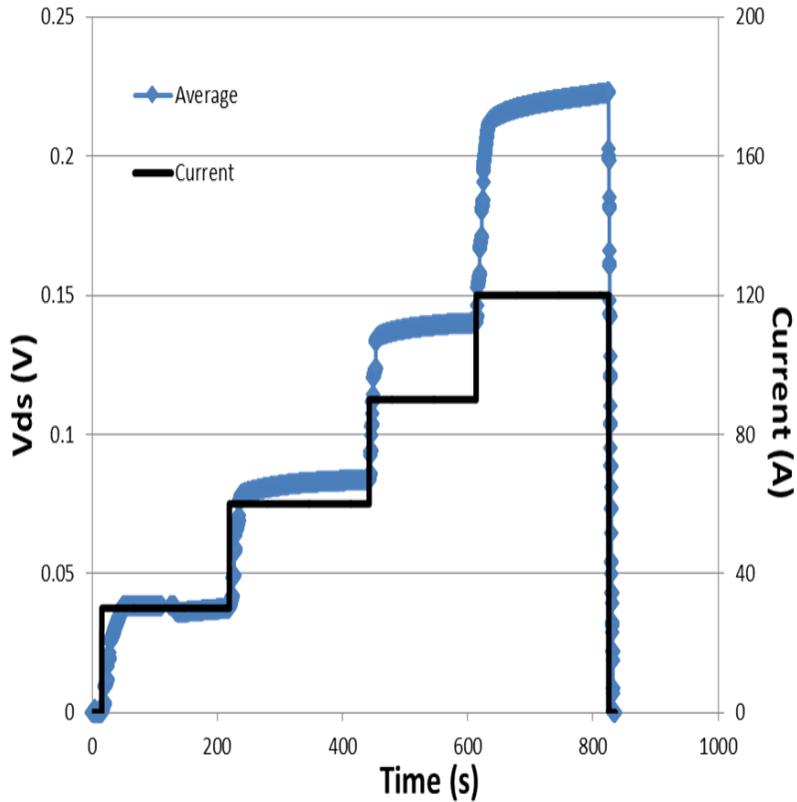


Mesure Vds



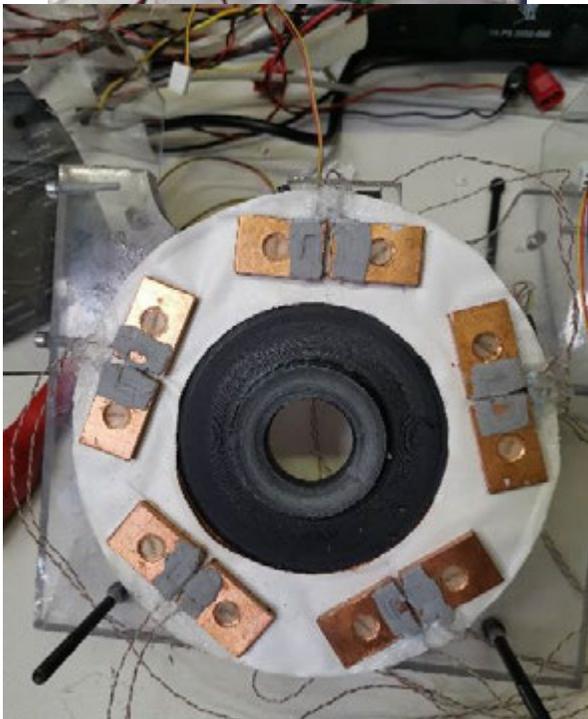
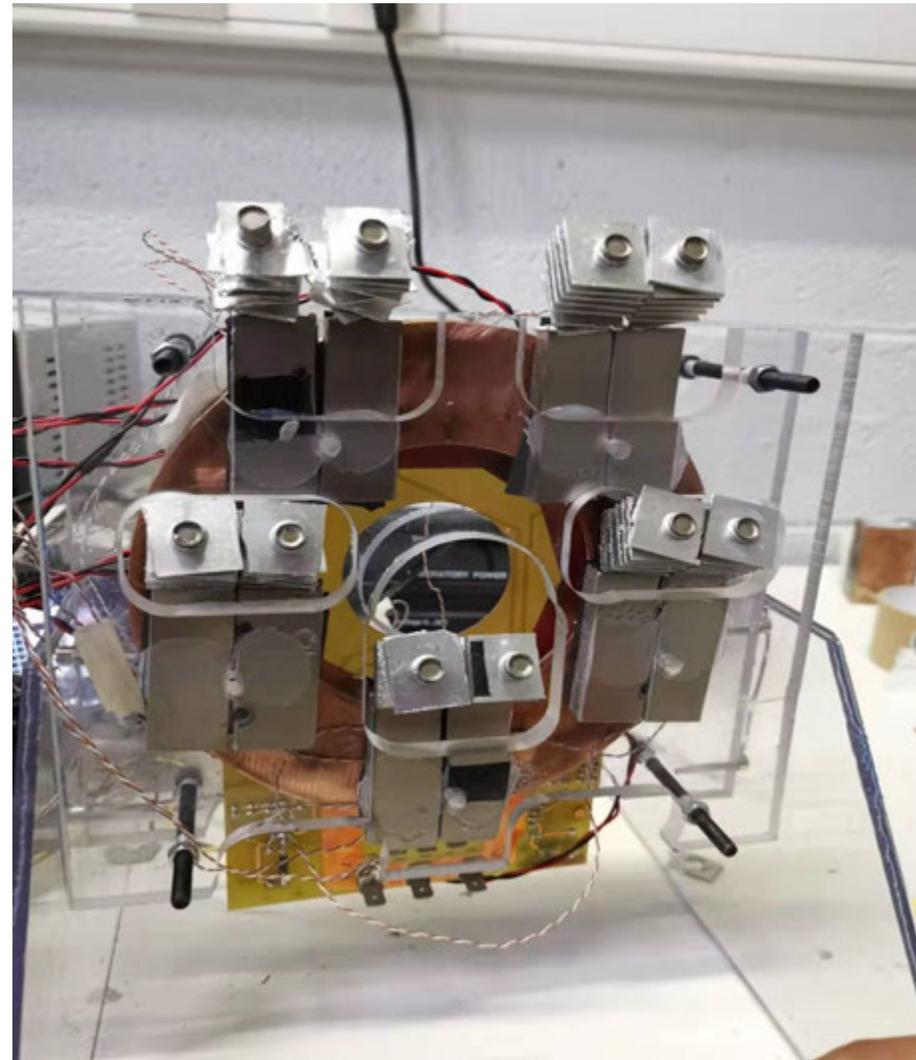
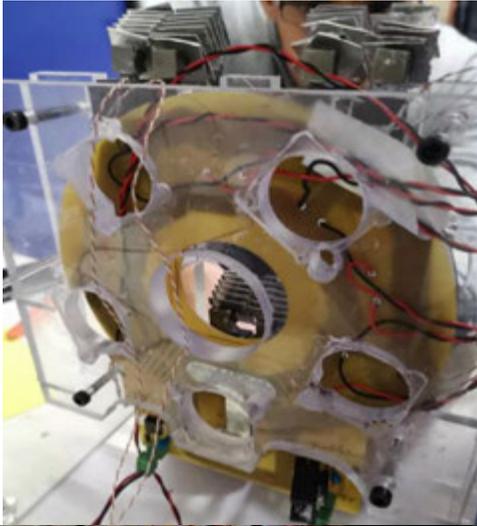
Mesure thermocouple niveau spreaders

3 ON 2 OFF

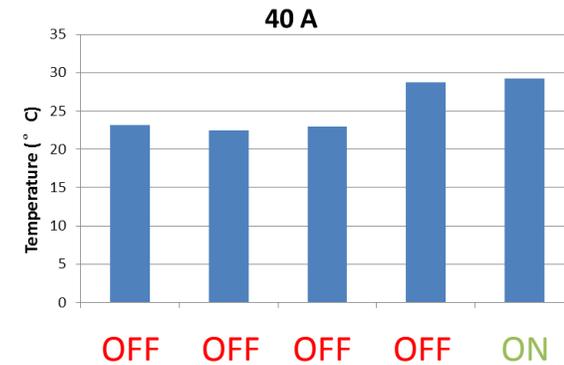
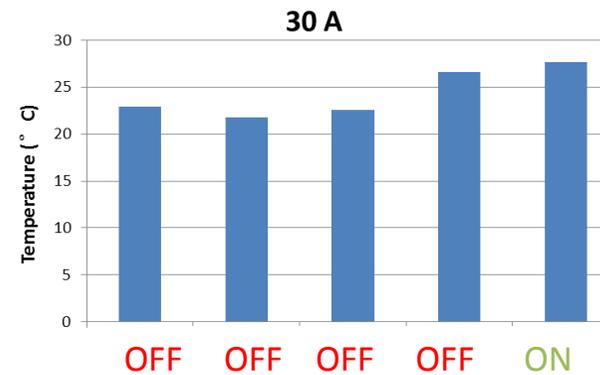
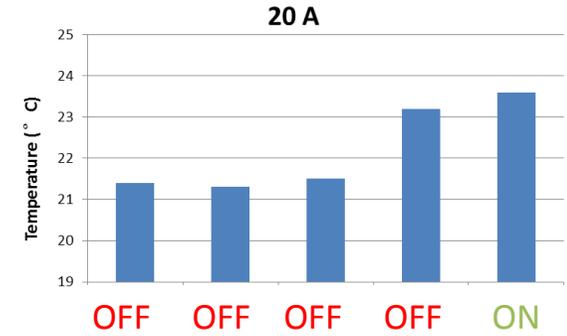
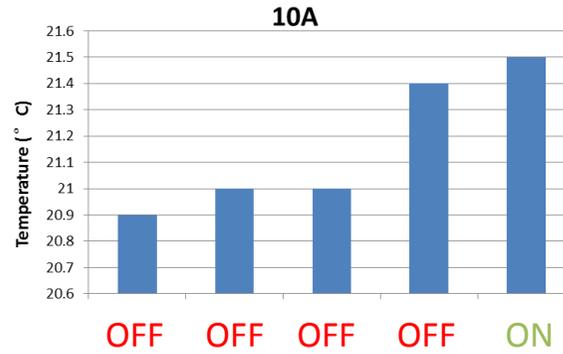
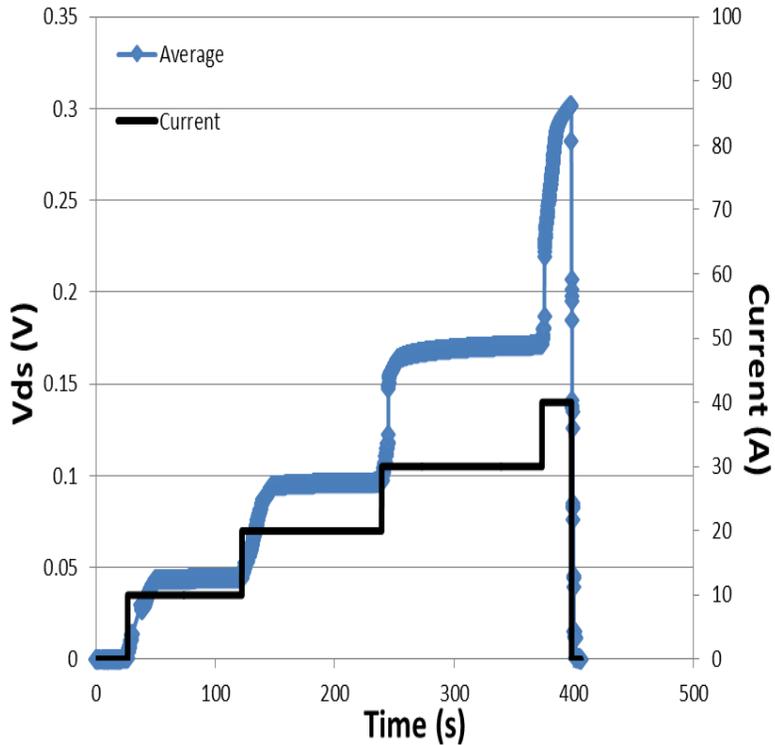


Mesure Vds

Mesure thermocouple niveau spreaders



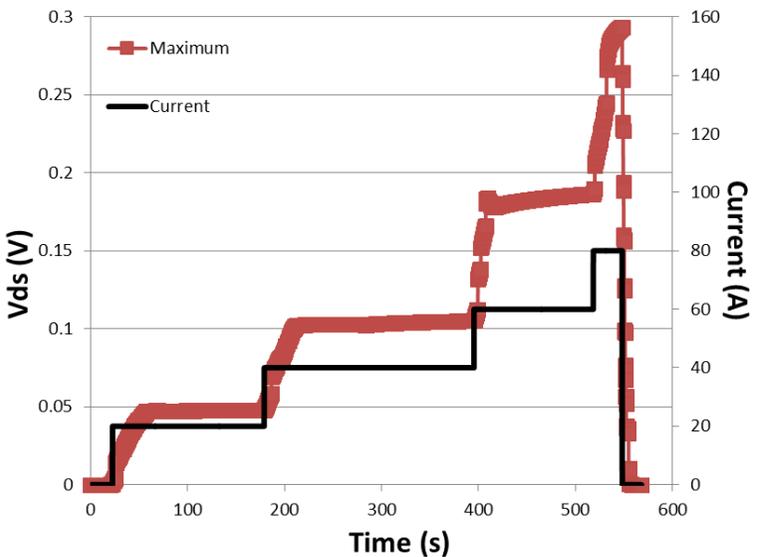
1 ON 4 OFF



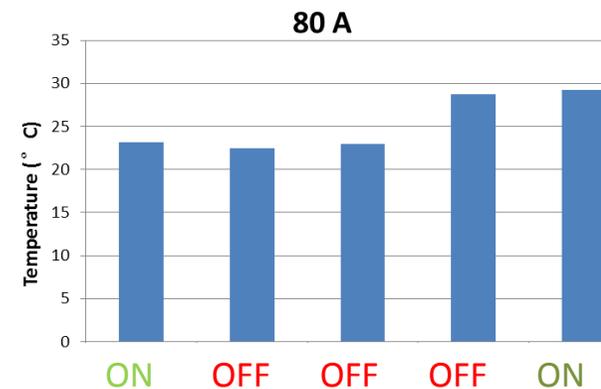
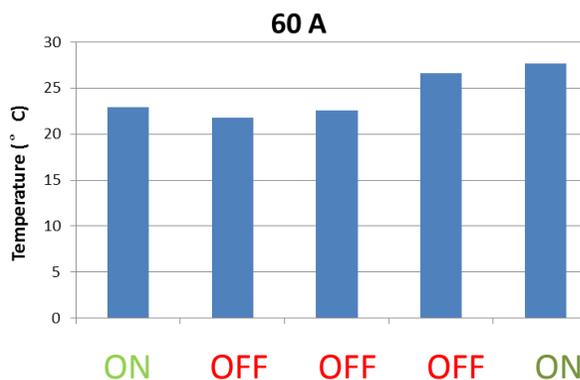
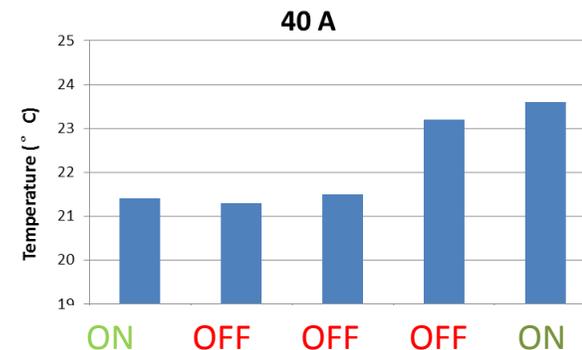
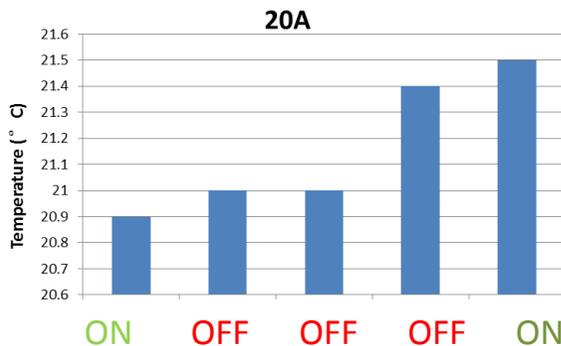
Mesure Vds

Mesures thermocouples niveau spreaders

2 ON 3 OFF



Mesures Vds



Mesures thermocouple niveau spreaders

Problème de contact éventuellement.





convertisseur
d'énergie

Intégré
Intelligent

Merci

