

Rapport de projet

Computational Fluid Dynamics

Projet 4 : Impact d'un jet d'air compressible sur un composant électronique

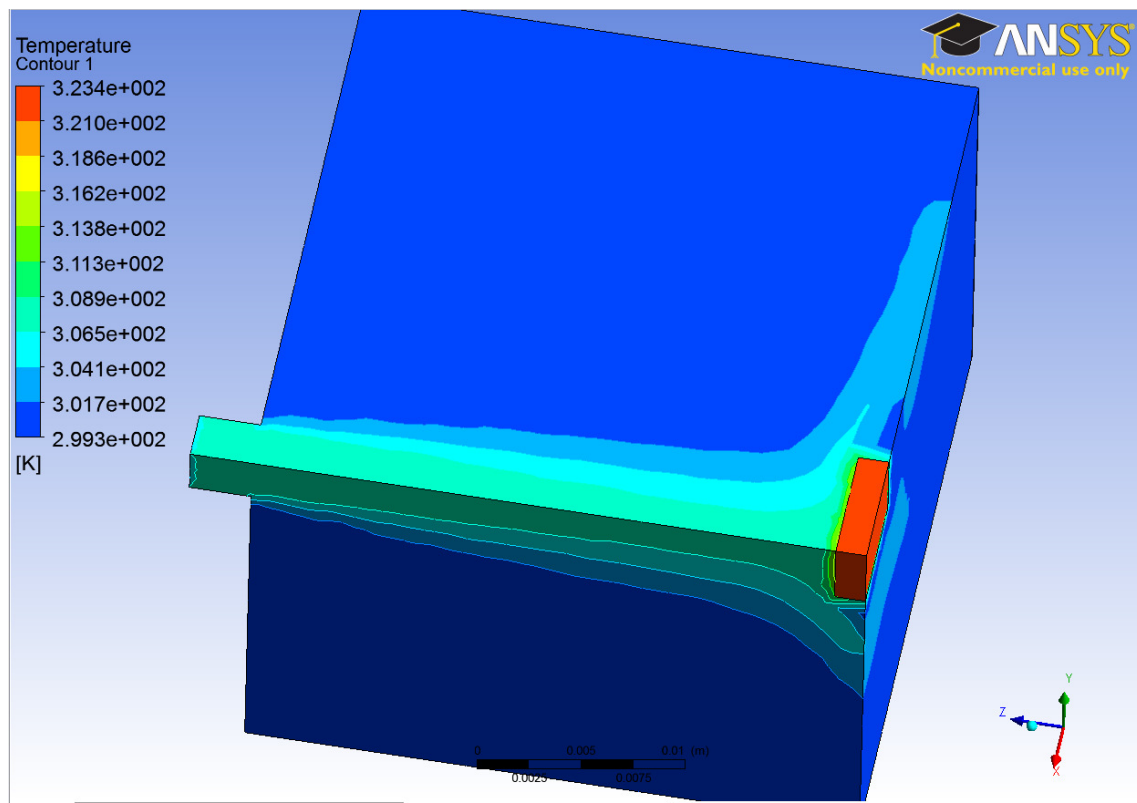


Table des matières

Liste des figures	3
Liste des équations :	Erreur ! Signet non défini.
I-] Présentation du problème	4
II-] Géométrie du problème	4
III-] Meshing.....	4
IV-] Modélisation	5
a) Equations régissant le problème physique	5
b) Conditions aux limites	7
V-] Interprétation physique.....	7
Influence du nombre de Mach	7
Influence de la température du jet	8
Influence du diamètre	9
Conclusion	12

Liste des figures

Figure 1: Critère de validité du maillage	4
Figure 2 : Meshing finale de la zone d'étude	5
Figure 3: Evolution de la température du CE en fonction du Mach.....	7
Figure 4 : forces de pression exercées par le fluide sur le CE	8
Figure 5 : évolution de la température du CE en fonction de la température du jet	9
Figure 6 : évolution de la température du CE en fonction du diamètre du jet.....	10
Figure 7 : température du CE sans jet	11
Figure 8 : température du CE avec un jet un à $T=300k$, $M=0,4$, $D=5mm$	11

I-] Présentation du problème

Nous nous intéressons dans ce projet au refroidissement d'un composant électronique par impact d'un jet d'air compressible, réalisé avec le logiciel FLUENT. Cet élément est constitué d'une partie chauffante surmontée d'une partie thermo-conductrice.

Nous avons ici choisi, comme matériau pour le composant, le silicium : majoritairement utilisé dans la conception des circuits imprimés.

Nous allons étudier l'efficacité du refroidissement en fonction du nombre de Mach, du diamètre et de la température du jet en régime permanent.

II-] Géométrie du problème

Pour représenter le composant électronique, nous avons pris comme modèle un processeur informatique de taille 12x6,75x1,5 mm. Ce composant, rapporté à un repère Oxyz de l'espace, présente deux axes de symétrie que nous avons utilisé afin de réduire le coût de calcul.

Pour représenter l'air ambiant, nous avons créé autour du processeur un volume de contrôle assez grand pour prendre en compte les phénomènes mis en jeu (5 fois plus en volume), avec une zone d'entrée pour le jet.

III-] Meshing

Dans un premier temps, nous avons effectué un maillage grossier afin de nous représenter le phénomène physique sur un plan large et un temps de calcul réduit.

Nous avons ensuite raffiné ce maillage afin d'obtenir des résultats pertinents. En particulier, nous avons insisté sur la zone d'entrée du jet, sur l'arrête qui le contient et sur le composant électronique, car c'est dans ces zones que vont se dérouler les phénomènes à observer.

Nous avons enfin pris soin de vérifier que notre maillage respecte bien les différents critères de validité, ceci présenté dans la figure ci-dessous :

	Critère requis	Critère relevé
Inclinaison	$s < 0,8$	0,26
Rapport d'aspect	$A < 20$	18
Nature des angles	$20 < N < 160$	140

Figure 1: Critère de validité du maillage

En outre, notre maillage comprend 58605 éléments.

La figure ci-après montre le maillage à son étape finale :

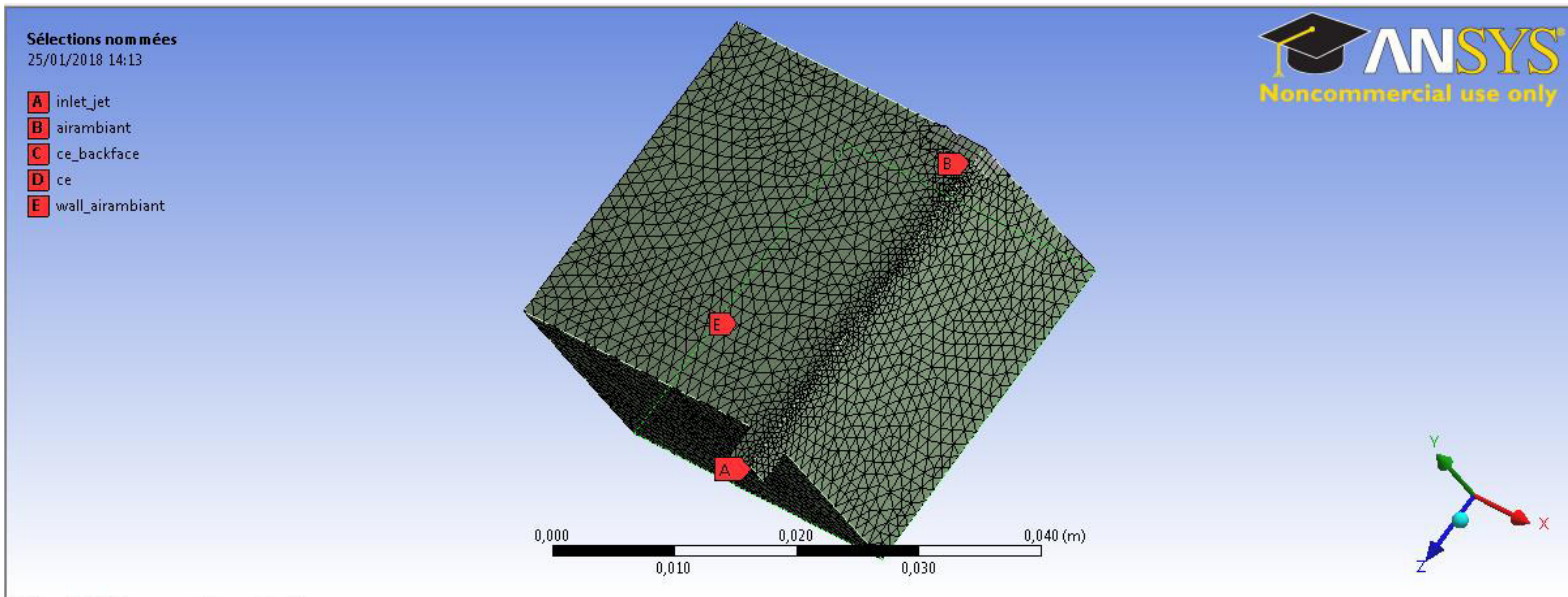


Figure 2 : Meshing finale de la zone d'étude

IV-]Modélisation

a) Equations régissant le problème physique

Pour résoudre ce problème physique, nous avons utilisé les trois équations de conservation d'ANSYS FLUENT pour un fluide Newtonien en régime permanent suivantes:

Conservation de la masse

$$\frac{\partial \rho u_i}{\partial x_i} = 0 \quad \text{Eq 1}$$

Conservation de la quantité de mouvement

$$\frac{\partial \rho u_i u_j}{\partial x_j} = - \frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right] + \rho g_i \quad \text{Eq 2}$$

Conservation de la quantité d'énergie

$$\frac{\partial \rho C_p T u_i}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(k \frac{\partial T}{\partial x_i} \right) \quad \text{Eq 3}$$

où ρ , u , T , p , C_v , k , μ sont appelés respectivement terme de masse volumique, de vitesse, de température, de pression, de capacité calorifique, conductivité thermique et la viscosité dynamique.

En plus des équations de conservations, nous avons besoin des équations de comportement du fluide :

Equation d'état du fluide
$$\rho = \frac{Pop + P}{\frac{R}{M} * T} \quad \text{Eq 4}$$

Nombre de Mach
$$M = \frac{u}{c} \quad \text{Eq 5}$$

Célérité du son
$$c = (\gamma * R * T)^{\frac{1}{2}} \quad \text{Eq 6}$$

Equation de comportement
$$\frac{P_0}{P} = \exp\left(\frac{\int_T^{T_0} \frac{C_p}{R} * dT}{R}\right) \quad \text{Eq 7}$$

L'équation d'état du fluide compressible est représentée par l'équation 4 où p correspond à la pression relative local prédite par ANSYS FLUENT. Pop , M et T sont respectivement la pression opératoire, la masse molaire du fluide et la température calculé avec l'équation de conservation de l'énergie (Eq 3).

Nous avons imposé un C_p constant pour notre fluide, on peut alors écrire l'équation de comportement de la manière suivant :

$$\frac{P_0}{P} = \left(1 + \frac{\gamma - 1}{2} * M^2\right)^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}} \quad \text{Eq 8}$$

$$\frac{T_0}{T} = 1 + \frac{\gamma - 1}{2} * M^2 \quad \text{Eq 9}$$

Ces deux dernières équations sont utilisées par ANSYS FLUENT dans la résolution numérique.

Pour modéliser la turbulence nous avons choisi de prendre le modèle $k-\epsilon$ proposé par Launder et Spalding, dans les années 1970. ANSYS FLUENT propose ici trois différent modèle, nous avons choisi le modèle $k-\epsilon$ *realizable* qui mets en place une loi de proche paroi et ne nécessite pas un maillage ultra raffiné au niveau des parois. Nous avons aussi pris en compte les effets de dissipation visqueux qui est conseillé pour des nombres de Mach élevés.

b) Conditions aux limites

Nous avons imposé deux conditions aux limites : la première est la vitesse du fluide à l'entrée du domaine, que nous avons rentrée dans le logiciel en *pressure par fieldcar* nous avons un fluide compressible. Nous avons aussi imposé la puissance volumique générée par le composant électronique, que nous avons laissé fixe pour toute les modélisations et égal à $\dot{q} = 13333 \text{ kW/m}^3$.

V-]Interprétation physique

Pour observer l'impact du jet compressible sur le composant électronique et en obtenir les meilleures performances, nous avons fait varier le nombre de Mach, la température et le diamètre du jet.

Influence du nombre de Mach

Nous avons réalisé plusieurs simulation en faisant varier le nombre de Mach de 0,3 à 0,8 ($M > 0,3$ limite inférieur accepté pour un jet compressible, en dessous de cette valeur l'écoulement peut être considéré incompressible). Pour ces simulations la température est de 300K et le diamètre du jet de 2,5mm.

Nous obtenons les résultats suivant :

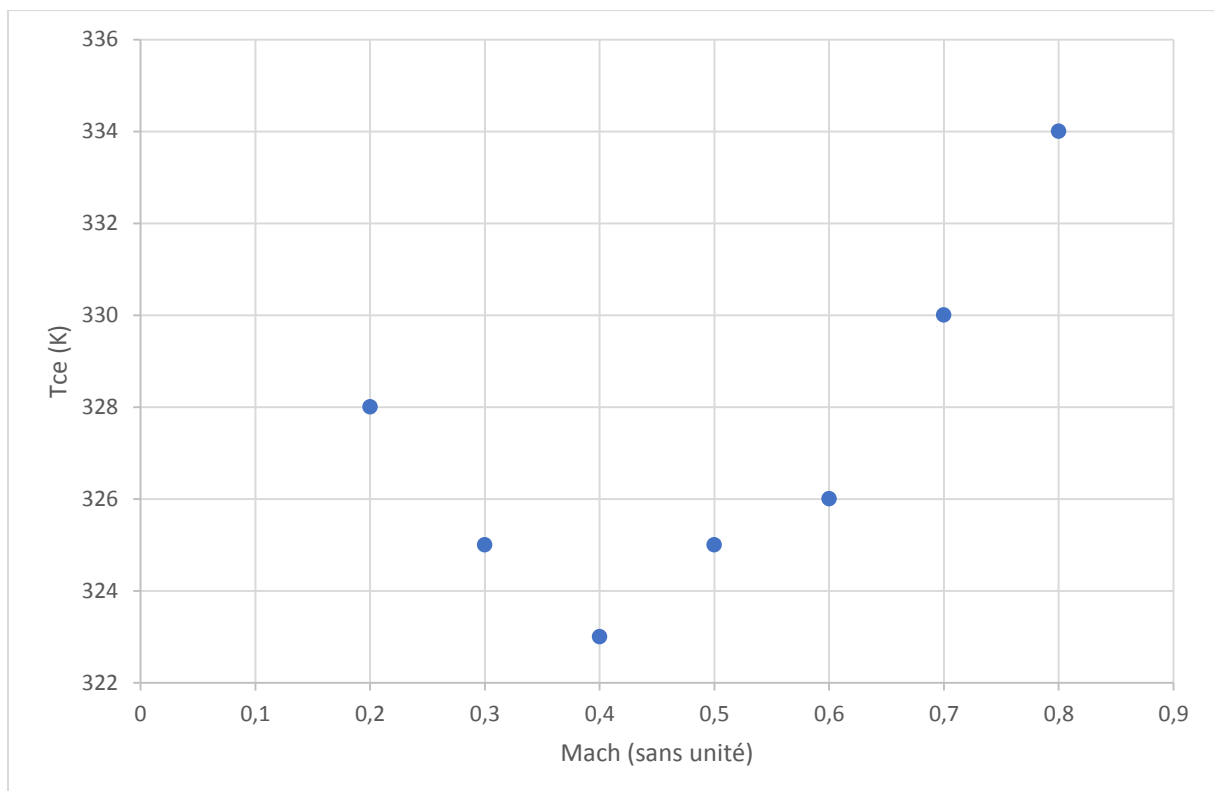


Figure 3: Evolution de la température du CE en fonction du Mach

Nous remarquons ici que la température du composant diminue jusqu'à un Mach critique ici $M=0,4$. Puis la température augmente après ce Mach critique.

Cela est probablement dû aux forces de pression exercées par le fluide sur le composant électronique qui deviennent trop élevées à partir d'un Mach supérieur à 0,4 (figure 4). Ce qui implique une augmentation de la température.

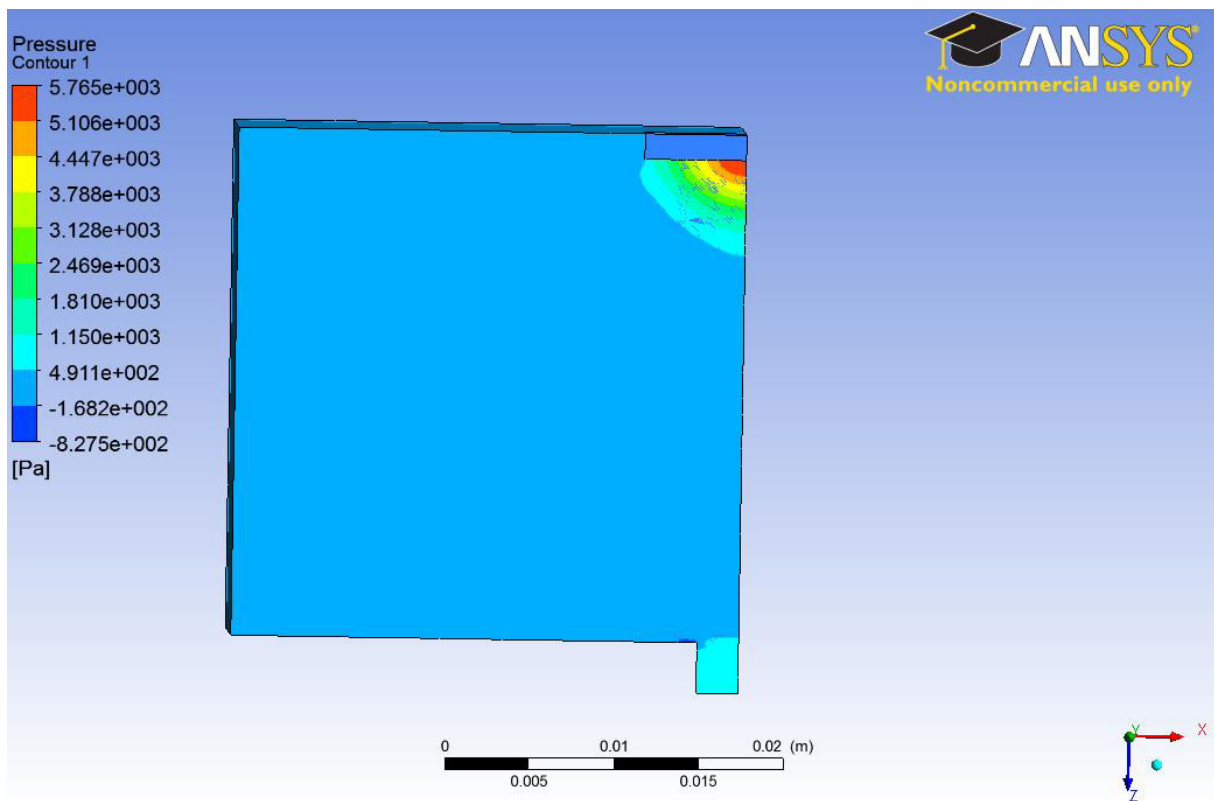


Figure 4 : forces de pression exercées par le fluide sur le CE

Influence de la température du jet

Nous avons cette fois fixé le Mach et le diamètre du jet pour observer l'influence de la température du jet ($M=0,4$; $d=2,5\text{mm}$). Nous avons choisi des températures variant entre 273K et 303K. En dessous de 273K, il est difficile et coûteux de refroidir le fluide. En revanche 303K peut facilement être la température qui règne au sein de l'ordinateur, donc facile à récupérer.

Nous obtenons les résultats suivant :

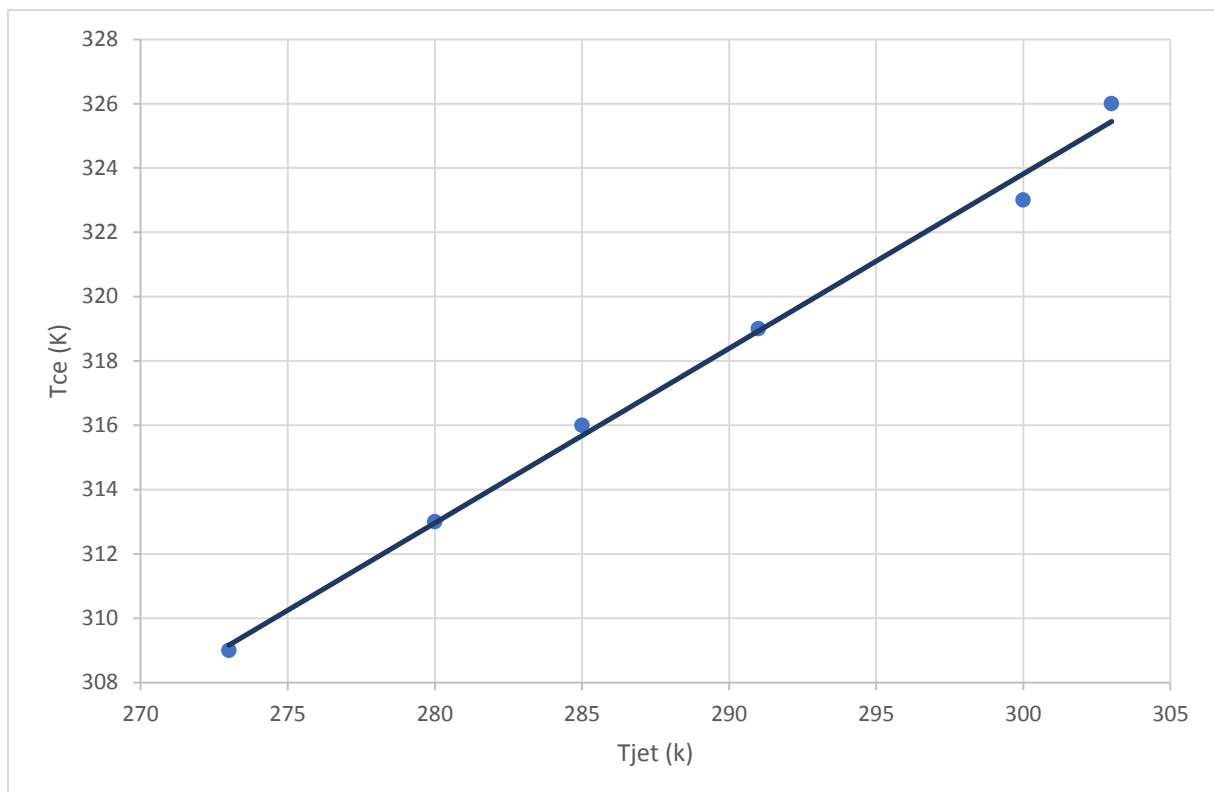


Figure 5 : évolution de la température du CE en fonction de la température du jet

Ces résultats étaient attendus, il semblait logique à première vue que la variation de la température du jet implique une variation (dans le même sens) de la température du composant électronique.

Pour la suite de l'étude nous avons choisi de prendre $T_{\text{jet}}=300\text{K}$. Parce qu'il est facile de récupérer de l'air à cette température (air ambiant). De plus la température du composant électronique n'excède pas les 70°C (valeur limite à ne pas dépasser).

Influence du diamètre

Le dernier paramètre que nous avons fait varier est le diamètre.

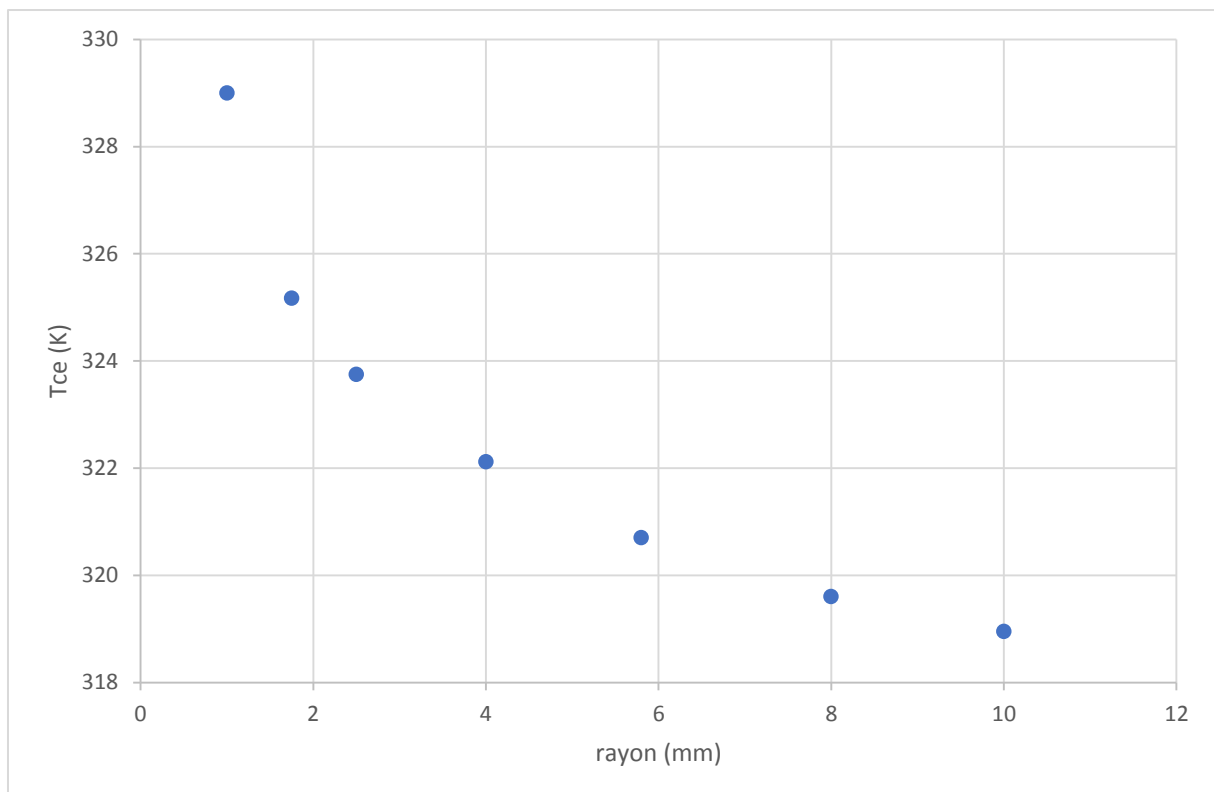


Figure 6 : évolution de la température du CE en fonction du diamètre du jet

Nous constatons ici, une décroissance nette de la température du composant électronique avec une augmentation de la taille du diamètre du jet :
diminution prévisible car c'est la quantité d'air reçue qui fait varier la température du CE.

Au final, nous avons trouvé les propriétés optimales du jet pour refroidir le composant électronique :
 $M=0,4$ $T_{jet} = 300K$ (on prend l'air ambiant, pas de coût de refroidissement d'air) et diamètre 5mm.

Les résultats de ce choix d'optimisation sont présentés par la comparaison des figures suivantes :

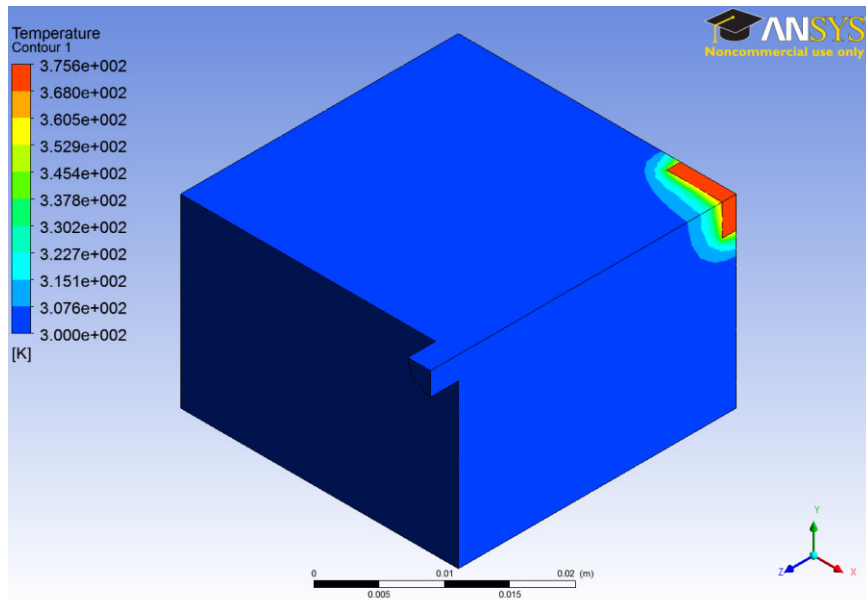
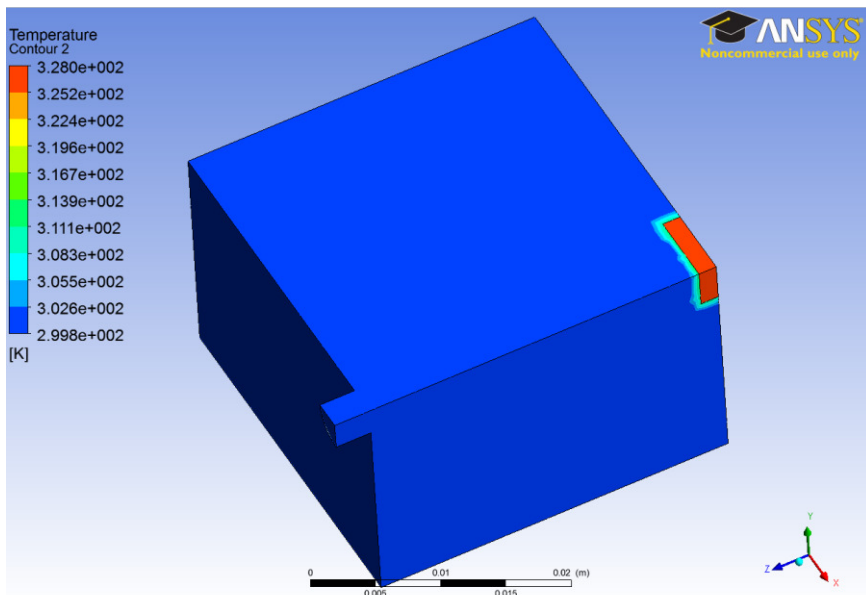


Figure 7 : température du CE sans jet

Figure 8 : température du CE avec un jet un à $T=300k$, $M=0,4$, $D=5mm$

Conclusion

Dans ce projet nous avons cherché à mettre en évidence que, la sélection des paramètres d'écoulements du jet est le facteur capital dans la réponse à la problématique.

En outre, nous aurions désiré avoir la possibilité de pouvoir confronter ces simulations avec une expérience réelle mais néanmoins coûteuse par rapport au coût de l'informatique.