

R&T PCle400 : Conception Radiateur



28 avril 2022



Julien Langouët,
Kévin Arnaud, Paul Bibron, Jean-Pierre Cachemiche,
Renaud Le Gac, CPPM

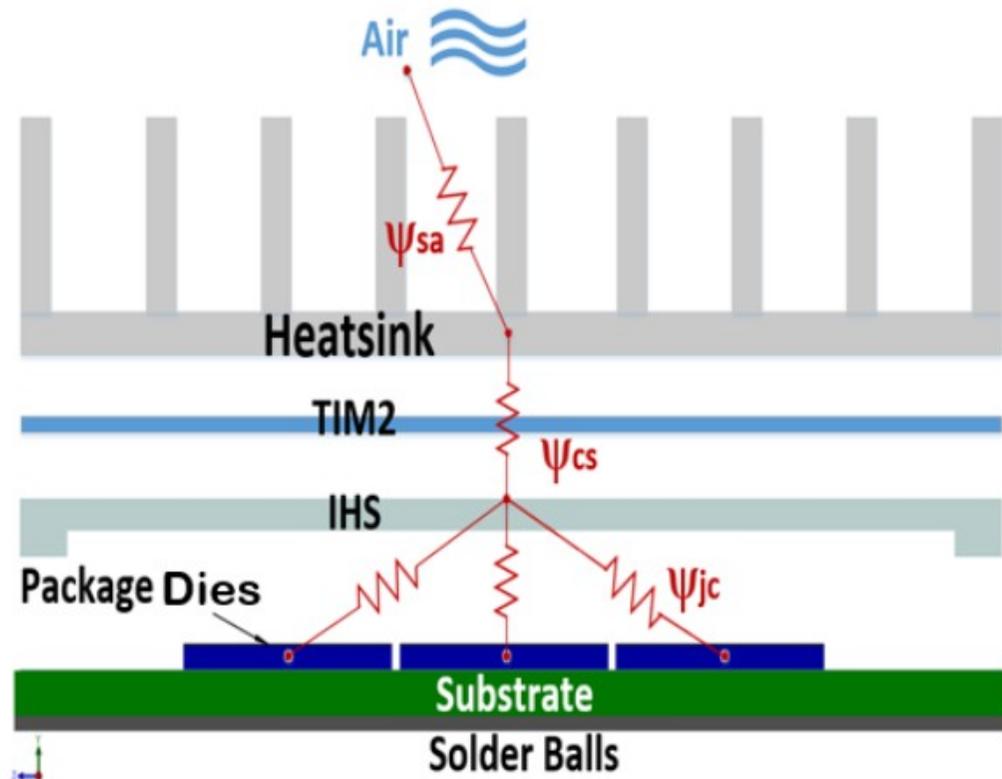
Sommaire

Caractéristique d'un radiateur
Statut réponse fournisseurs
Modélisation vapor chamber

Conclusion

Modèle thermique FPGA

Resistances thermiques

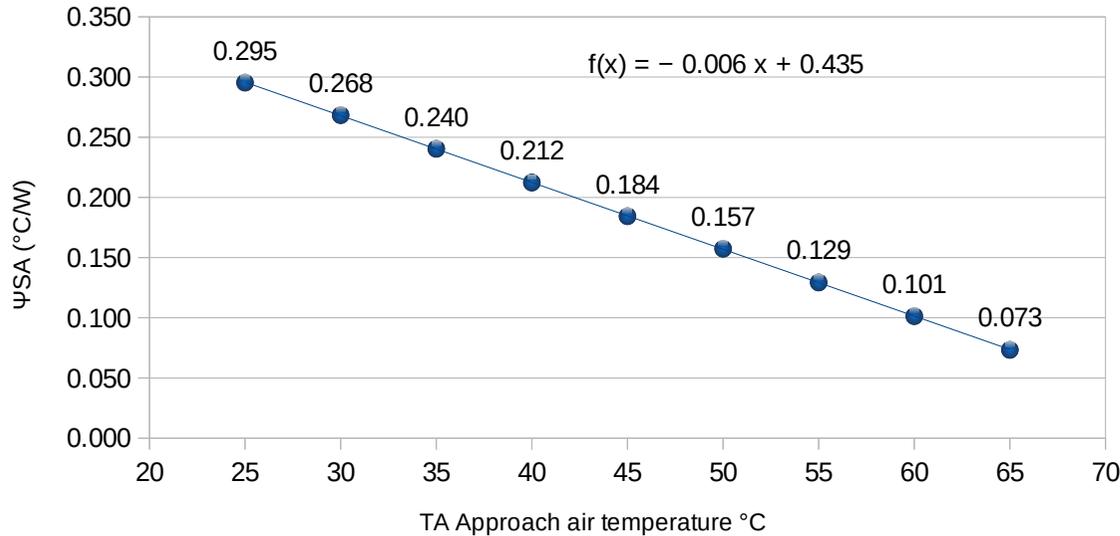


- **Jonction vers IHS (capôt) Ψ_{jc}**
 - Donnée par Intel $\sim 0.031^{\circ}\text{C}/\text{W}$
- **IHS vers heatsink (TIM) Ψ_{cs}**
 - $\Psi_{cs} = \frac{e}{A \cdot k}$ avec $k = 7.5 \text{ W}/\text{m} \cdot \text{K} \Rightarrow \Psi_{cs} \simeq 0.007^{\circ}\text{C}/\text{W}$
- **Heatsink vers air Ψ_{sa}**
 - Dépend du matériaux, de la surface, du flux d'air
- **Jonction vers PCB**
 - Négligeable car l'échange thermique n'est pas favorisé
 - ➔ Wirebonding très fin
 - ➔ Substrat (epoxy) faible conductivité thermique $\sim 0.3 \text{ W}/\text{m} \cdot \text{k}$, $e = 1.26 \text{ mm}$

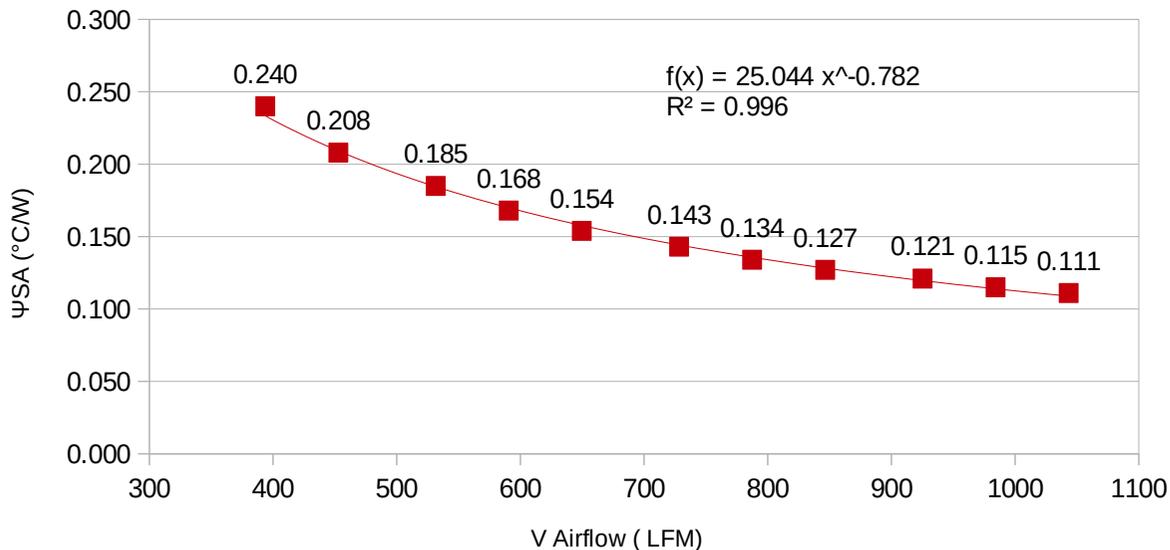
Solliciter Intel pour obtenir le CTM (Compact Thermal Model) pour affiner les simulations CFD.

Caractéristiques radiateur

Heat sink thermal resistance Ψ_{SA} (°C/W) vs T_A (°C)



Heatsink Ψ_{SA} (°C/W) vs airflow V



Resistance thermique

- Evaluation des exigences

$$\Psi_{SA} \leq \frac{T_{Jmax} - T_A}{P} - \Psi_{JC} - \Psi_{CS}$$

- Evaluation des performances d'un radiateur [1]

$$\Psi_{SA} = \frac{1}{\alpha \left(\frac{V}{L}\right)^\beta A}$$

➔ V vitesse flux d'air

➔ L longueur caractéristique du HS

➔ A surface d'échange thermique

➔ α coefficient fixe

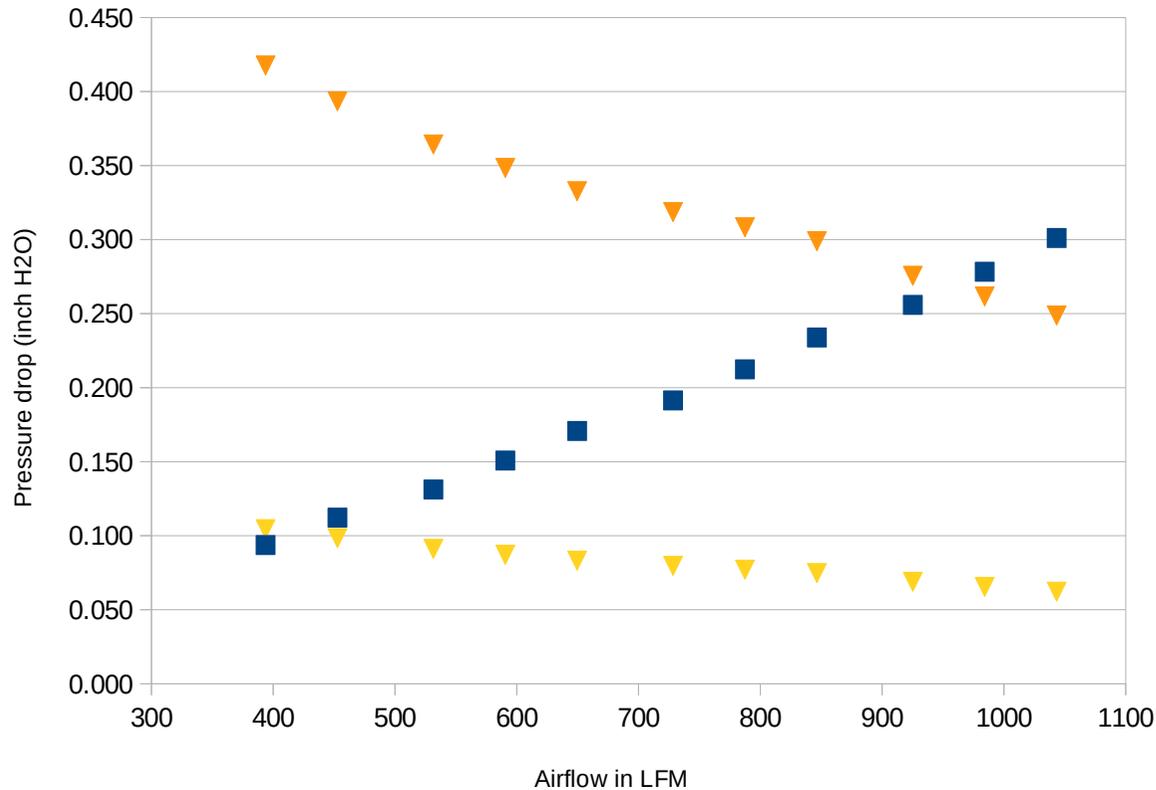
➔ β coefficient < 1

Dans cet exemple :

- Fonctionne jusqu'à 47°C à 600LFM (2m/s)
- Ne fonctionne pas à 60°C avec <1000LFM (5m/s)

Caractéristiques d'un radiateur

Pressure drop vs airflow



- Heatsink P drop (inch H2O)
- ▼ Fan 25% P drop (inch H2O)
- ▼ Fan 50% P drop (inch H2O)

Resistance aérodynamique

- Chute de pression due au radiateur
- Pression statique vs Débit ventilateur (P-Q)
 - Eg : fan datasheet du ASRock 3U8G+ donne la caractéristique P-Q à RPM=100 %
→ $P(Q)$
 - Fan en série double la pression statique à débit nul
 $P_2(Q) = 2 \cdot \left(1 - \frac{Q}{Q_{max}}\right) \cdot P(Q)$
 - 4 fans en parallèle pour 8 slots

$$P_{2s}(Q) = \frac{1}{2} \cdot \left[2 \cdot \left(1 - \frac{Q}{Q_{max}}\right) \right] \cdot P(Q)$$

Point de fonctionnement

- À 25 % => ~450 LFM
- À 50 % => ~1000 LFM
- Semble optimiste => non prise en compte de l'environnement du serveur

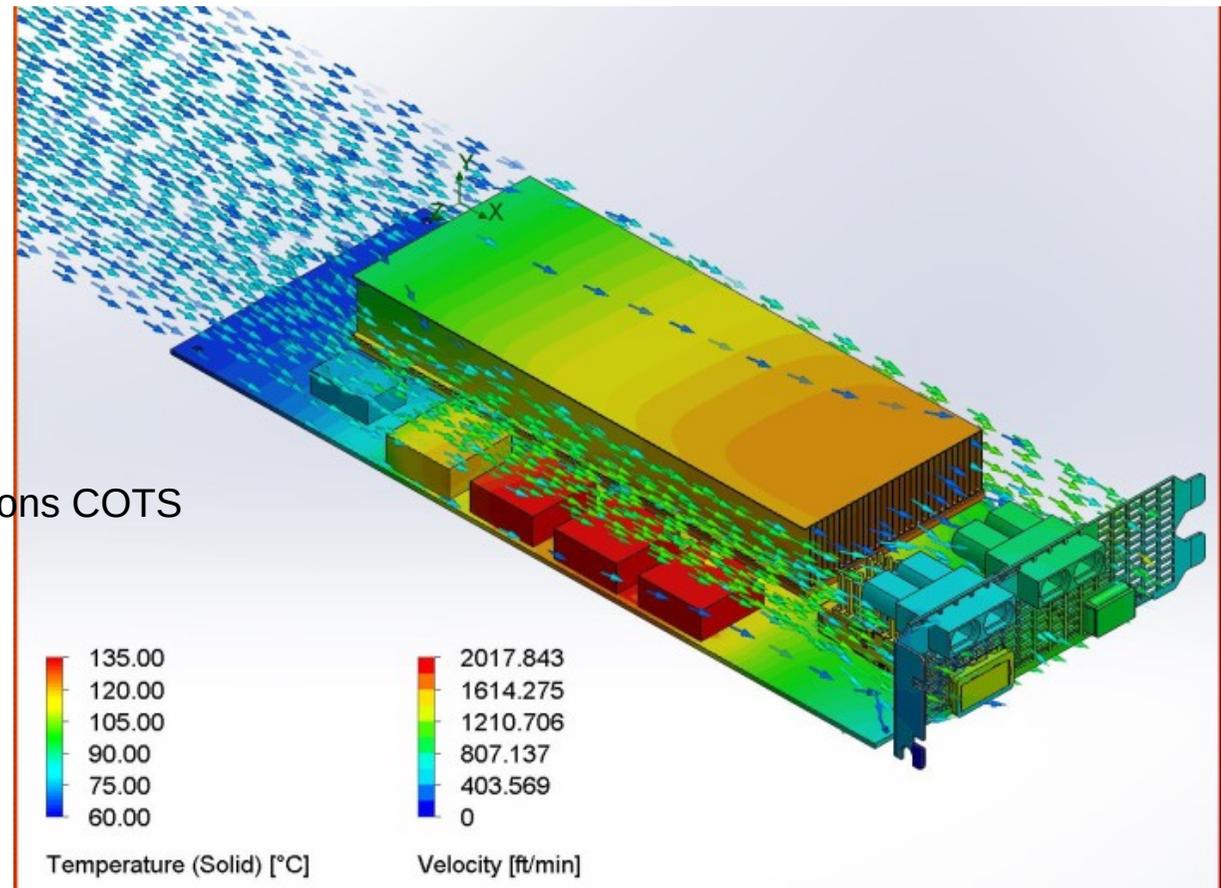
Statut réponse fournisseurs

Radian Heatsink INC. (siège USA, bureau d'étude UK, fabrication?)

- Etude de faisabilité avec vapor chamber + zipper fins
 - Simulation de la carte complète + radiateur à 400LFM
 - $\Psi_{SA} = 0.361^{\circ}\text{C/W}$ à 400LFM (0.250°C/W à 600LFM en appliquant le modèle précédent)
 - ~25 000 € d'outillage pour le vapor chamber
 - ~100 à 200€ par radiateur en production (500pc.)
 - Pas de possibilité d'obtenir les modèles thermique des vapor chamber
-
- Radiateur COTS VCH1113
 - 70x100x20mm ~60\$
 - $\Psi_{SA} = 0.300^{\circ}\text{C/W}$ à 400LFM
0.230°C/W à 600LFM

Discussion à prévoir pour évaluer :

- le coût d'une étude complète
- procédé de fabrication,
- possibilité de customization des solutions COTS

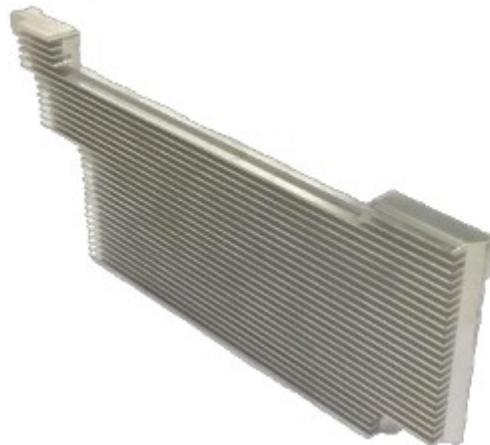


Statut réponse fournisseurs

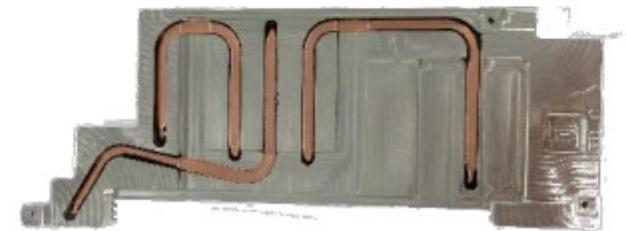
Cecla Metal Process (siège/bureau d'étude FR, fabrication Chine, assemblage FR)

- Proposition d'une étude complète pour radiateur heat pipe + skived fins pour 2 000€
- Pas de pré-étude de faisabilité
- Simulation carte complète + heat sink
- Simulation environnement si fourniture de documentation sur le serveur (non chiffré)
- Pas de possibilité d'obtenir les modèles thermique du radiateur

Dissipateur en skived fins recto



Dissipateur en skived fins verso



Statut réponse fournisseurs

ATS (siège USA, fabrication?)

- Prétude du radiateur seul
- Ne voit pas l'intérêt d'un vapor chamber par rapport à une base en cuivre
 - Aluminum $\Psi_{SA} = 0.49^{\circ}\text{C/W}$ including a 0.11°C/W spreading resistance;
 - Copper $\Psi_{SA} = 0.41^{\circ}\text{C/W}$ including a 0.06°C/W spreading resistance.
 - If 0 Spreading resistance (~Vapor chamber) => $\Psi_{SA} = 0.35^{\circ}\text{C/W}$

Pas de solutions si conservation des conditions actuelles

Statut réponse fournisseurs

Heatscape (siège USA)

- Produit radiateur actif pour le devkit Intel I-series (ref HTSP-ASM-INT1-185-02-02) annoncé à TDP 180W
- Pas de réponse, probablement dédié aux gros clients



Conclusion

Une révision des contraintes est nécessaire

- **Température ambiante** : Faire des mesures
 - Mesure dans les serveurs en pleine charge à Marseille
 - Récolte des données via logbook des PCIe40 au CERN
- **Flux d'air** : Faire des mesures
 - Comparer avec le modèle simple basé sur la P-Q des ventilateurs
- **Dimensions du radiateur**
 - Respect de la norme PCIe
 - Dimension encoche pour FPGA, en complétude avec le procédé de fabrication