Immersion 2023

1 an de plus (en Immersion) :
De la mesure de la consommation électrique
À la gestion quotidienne de machines trempées...

Emmanuel Quémener

Ceux qui ont la chance de ne pas me connaître … ne connaissent pas mon appétance...

… pour l'histoire (des sciences) !

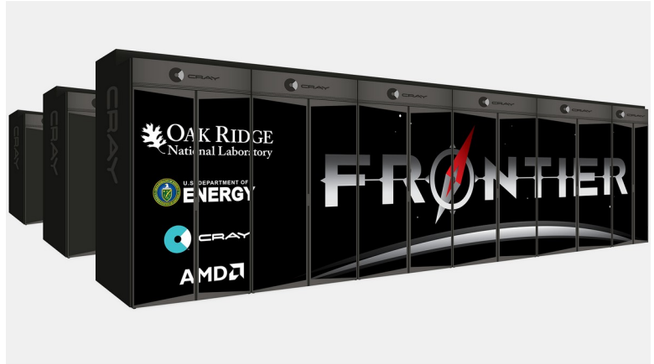
Il y a une génération (humaine)... Un film de série B en 1984

- 1984 : The Last Starfighter
  - 27 minutes d'images synthétiques
  - ~ 30.10^9 operations par image
  - Utilisation d'un Cray X-MP (130 kW)
  - 68 jours (en fait, 1 année nécessaire)

- 2020 : RTX 3090 (350 W)
  - 33 secondes
  - Comparison RTX 3090 / Cray
    - Performance : 178 000 !
    - Consommation ~ 66 000 000 !

- Avec **Cray X-MP** :
  - 1982
  - 1 Gflops, 130 kW
- Avec **HPE Frontier** :
  - 2022
  - 1 Eflops, 21100 kW
  - 9248 nœuds
  - 36992 MI250X de 500 W
  - 94 % de Rpeak dans GPU
  - 87 % du total de la consommation annoncée...

The dense concentration of components requires special cooling techniques to overcome the accompanying problems of heat dissipation. A proven, patented cooling system using liquid refrigerant maintains the necessary internal system temperature, contributing to high system reliability and minimizing the need for expensive room cooling equipment.



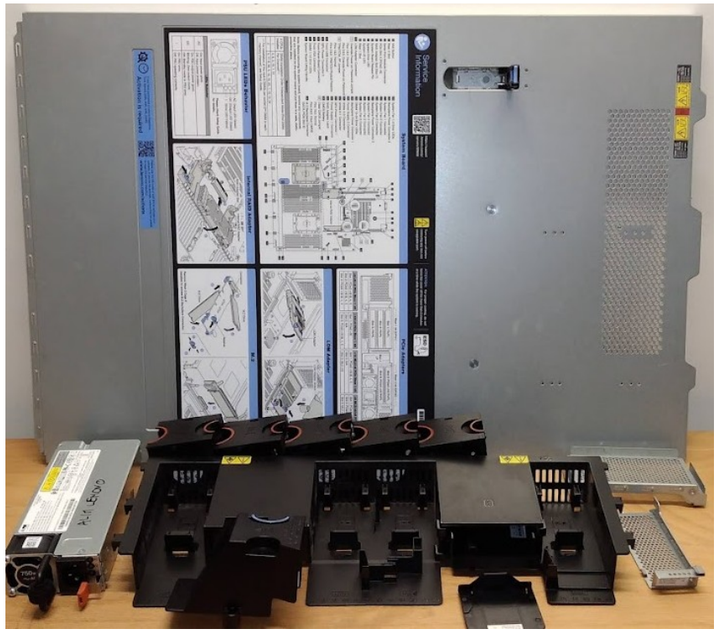
Retour aux « sources » : refroidir les CPU ou GPU dans un fluide?

Pourquoi cette étude à l'ENS de Lyon ?

- Pour couvrir tous les aspects de cette « transition » air vers huile:
  - Volet scientifique : efficacité de l'immersion, recyclage de la chaleur, ..
  - Volet technique : processus d'adaptation, de transformation des équipements, évolution composants
  - Volet opérationnel : processus d'exploitation quotidien, sécurité associée
- Et pourquoi l'ENS de Lyon alors ?
  - Pour la partie scientifique : de 2021 à 2022, intégration de l'étude au LIP, équipe Avalon
    - [1] T. Arabal, L. Betencour, E. Caron, and L. Lefevre. Setting up an experimental framework for analysing an immersion cooling system. In IEEE 34nd International Symposium on Computer Architecture and High Performance Computing. SBAC-PAD 2022., Bordeaux, October 5-8 2022. To appear.
  - Pour la partie HP²C (*High Performance* ou *Hybrid Polymorph Computing*) : tout est internalisé
  - Pour le CBP : ressources « RADIS » (Reproductibles, Adaptables, Diverses, Intéractives, Simples)
- Pour les 3 volets, depuis octobre 2022, uniquement CBP...

Préparation pour l'immersion : supprimer « tout ce qui bouge »

- Dans l'air : évacuer les « calories » :
  - On multiple la surface de contact : x200 pour un radiateur
  - On diffuse la chaleur par conduction ou convection (caloduc)
  - On chasse au ventilateur l'air chauffé :
    - Dans un serveur : ventilateur de 4 à 6 cm, rotation de 3000 à 20000 tours/min
    - Dans une station : 8 à 16 cm, rotation de 500 à 1000 tours/min
- Pour préparer les machines :
  - Supprimer la pâte thermique : processeur et radiateur en contact direct
  - Supprimer les ventilateurs (là en le conservant dans l'alimentation)
  - Supprimer les « guides » plastiques



Des premières mesures plutôt déroutantes... Sur serveurs Lenovo

- Une consommation comparable (modulo les variations de tensions d'entrée)

- Mais un « facteur de puissance » stable, en progression avec la charge

Même sur des machines « maison »
Sur les « Epyc à GPU »

- Une consommation toujours comparable (modulo les variations de tensions)

Air

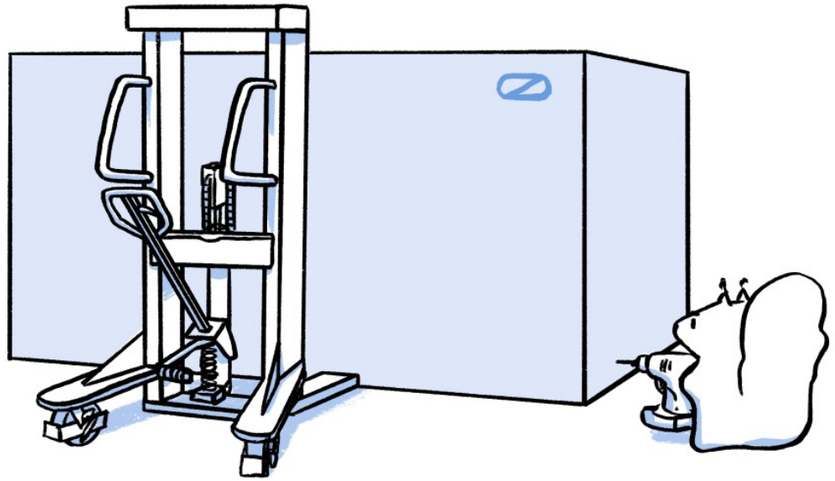
Oil

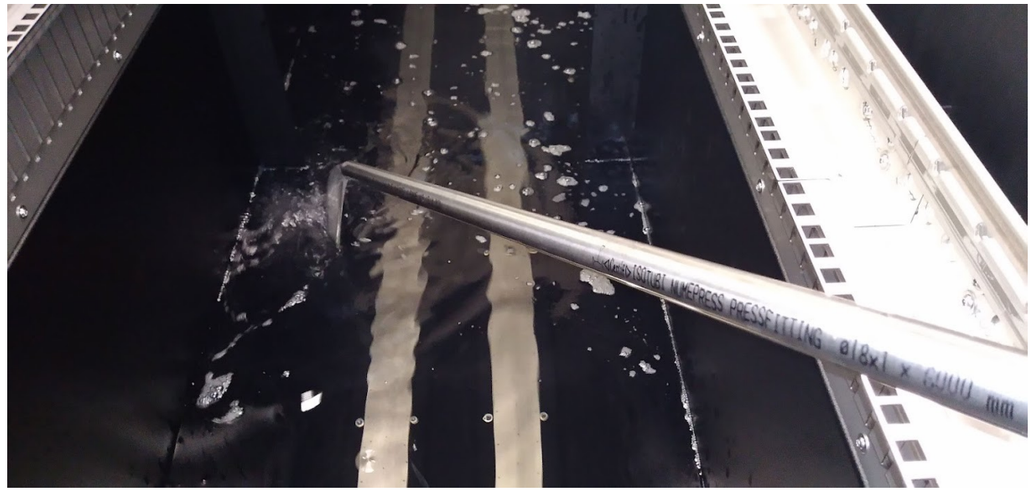
Air

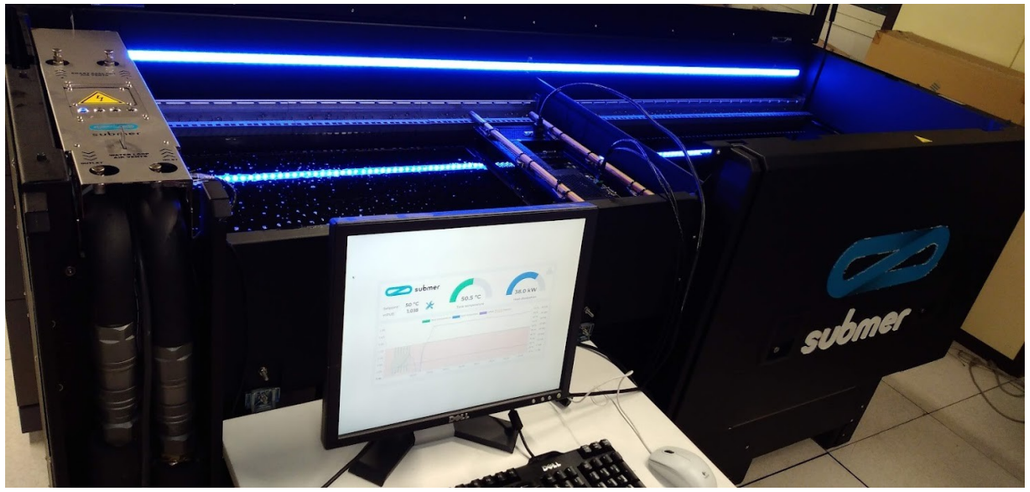
Oil

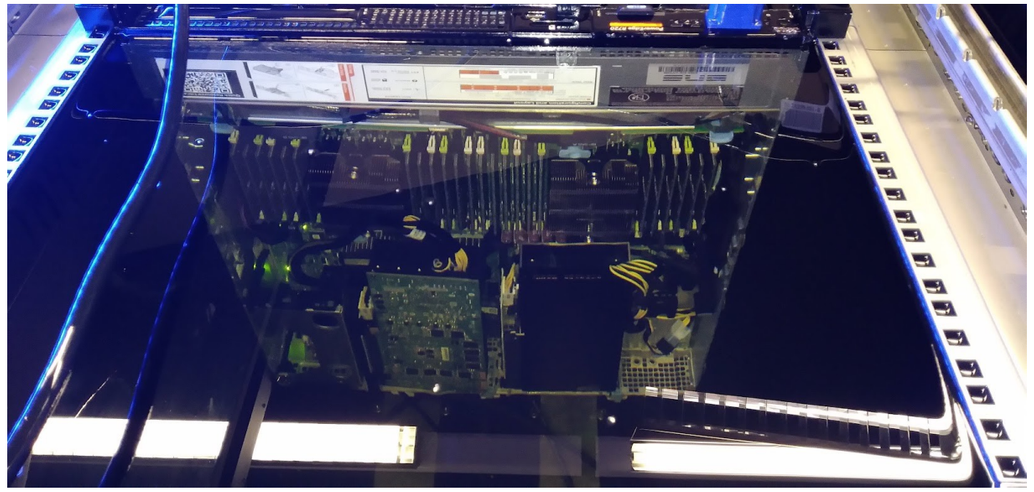
- Mais de grosses variations sur le « facteur de puissance » (et donc...)

Avec un bac Submer, premières analyses





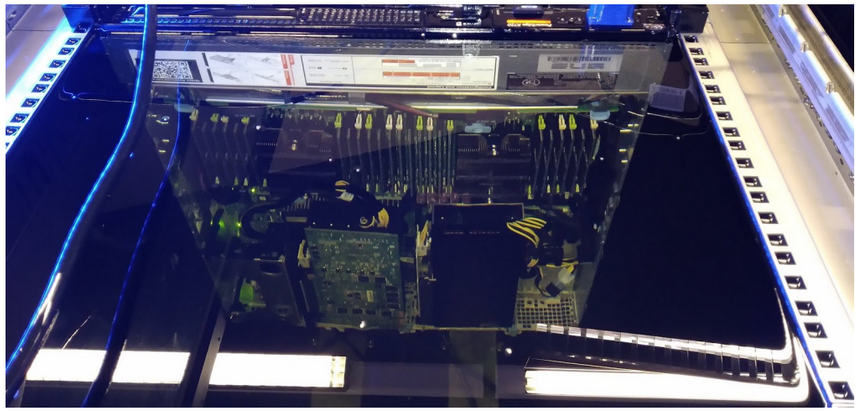




Nouveau bac, nouvelle huile, nouvelles machines, GPU et études !!!

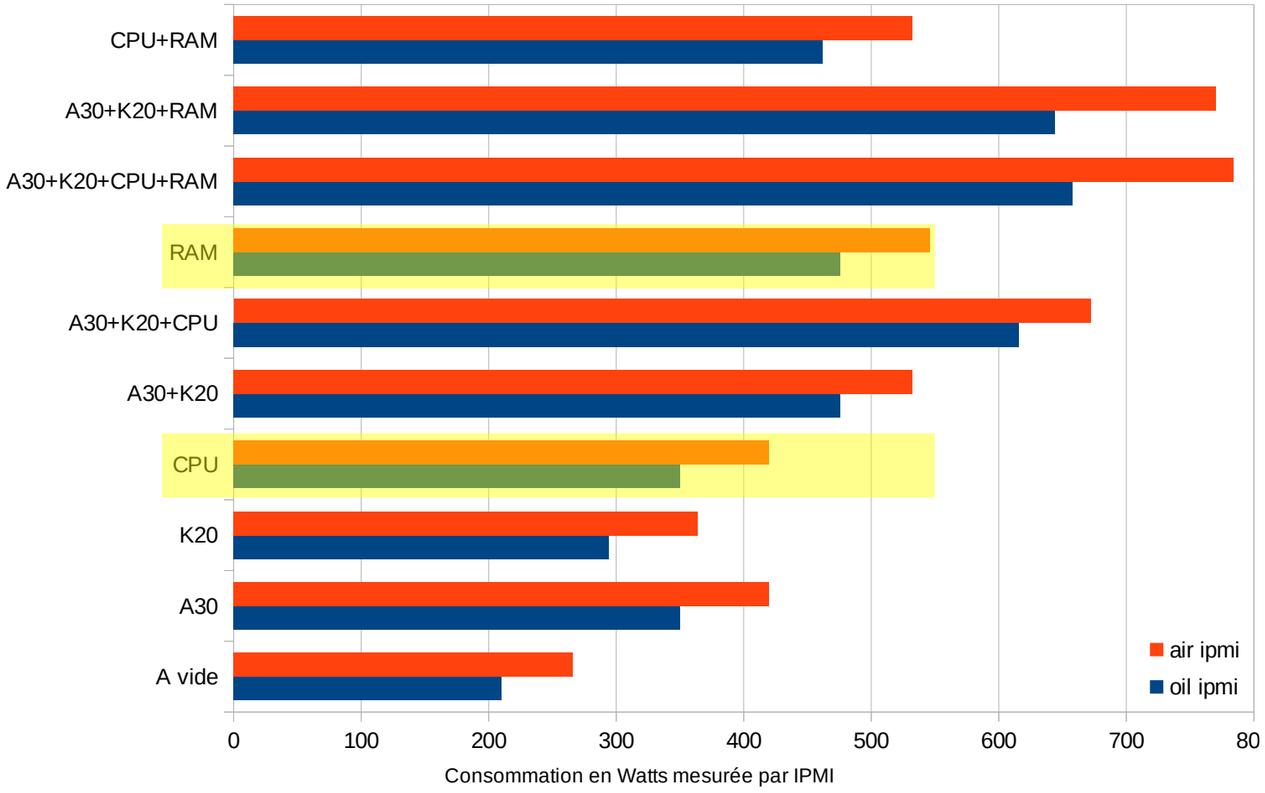
Etudes sur GPU, CPU & RAM
Premiers résultats intéressants (et intriguants)

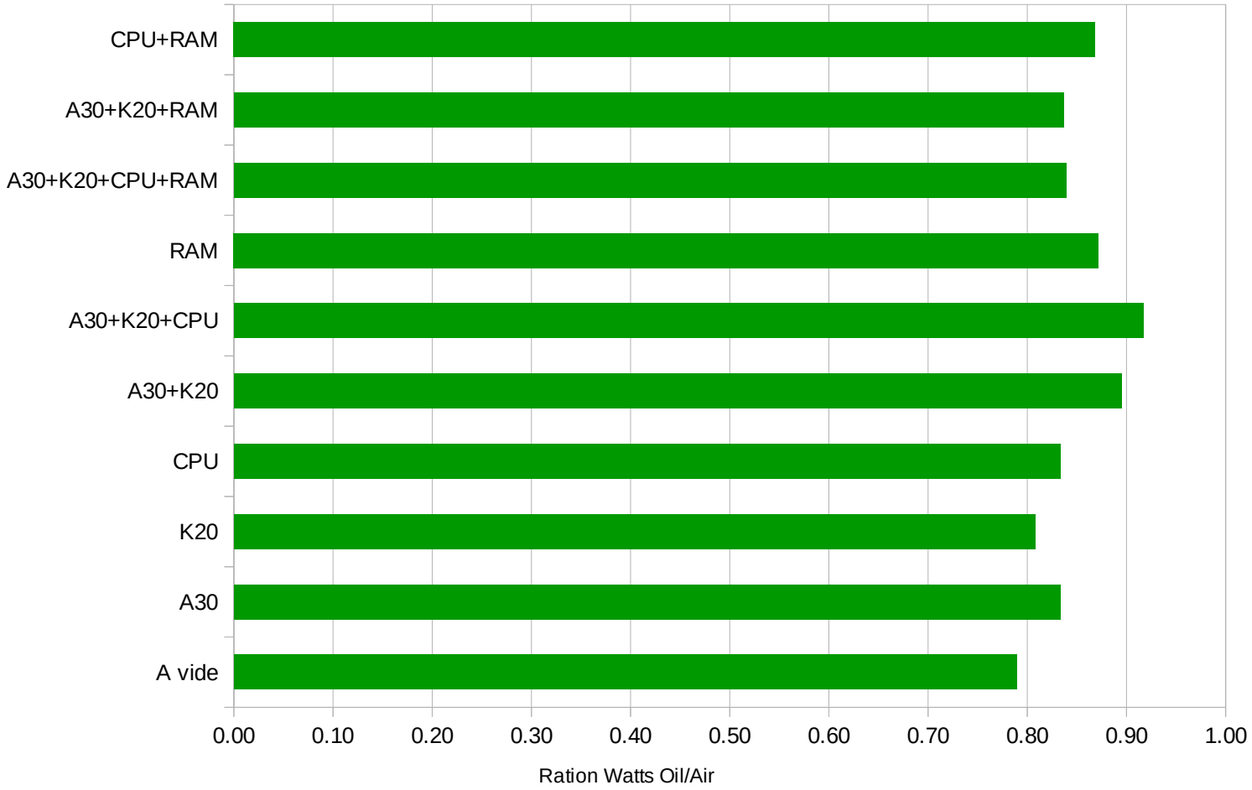
- Banc d'essai : 2 Dell R720 équipés de...
  - CPU : 2 Intel E5-2670 8 coeurs, 95 W de TDP
  - RAM : 384 GB de RAM (24x16 GB)
  - Carte H310 (pour l'étude du stockage ;-))
  - 2 GPU : un Nvidia K20m (Equip@Meso, 225 W) et un Nvidia A30 (prêt Nvidia, 165 W)



- Expérimentations : Nbody & PiDartDash pour CPU/GPU, mbw pour RAM
  - A vide… (réglage des BIOS en « performance » pour les CPU, boost possible, mode HT)
  - Sans la RAM : A30, K20m, CPU, A30+K20m, A30+K20m+CPU
  - Avec la RAM : mbw, mbw+A30+K20m, mbw+CPU, mbw+A30+K20m+CPU
- Métriques : performances, consommation (relève via IPMI)

Dans le bac Submer, pour les R720, ça donne ? Ca consomme « moins » mais côté RAM...

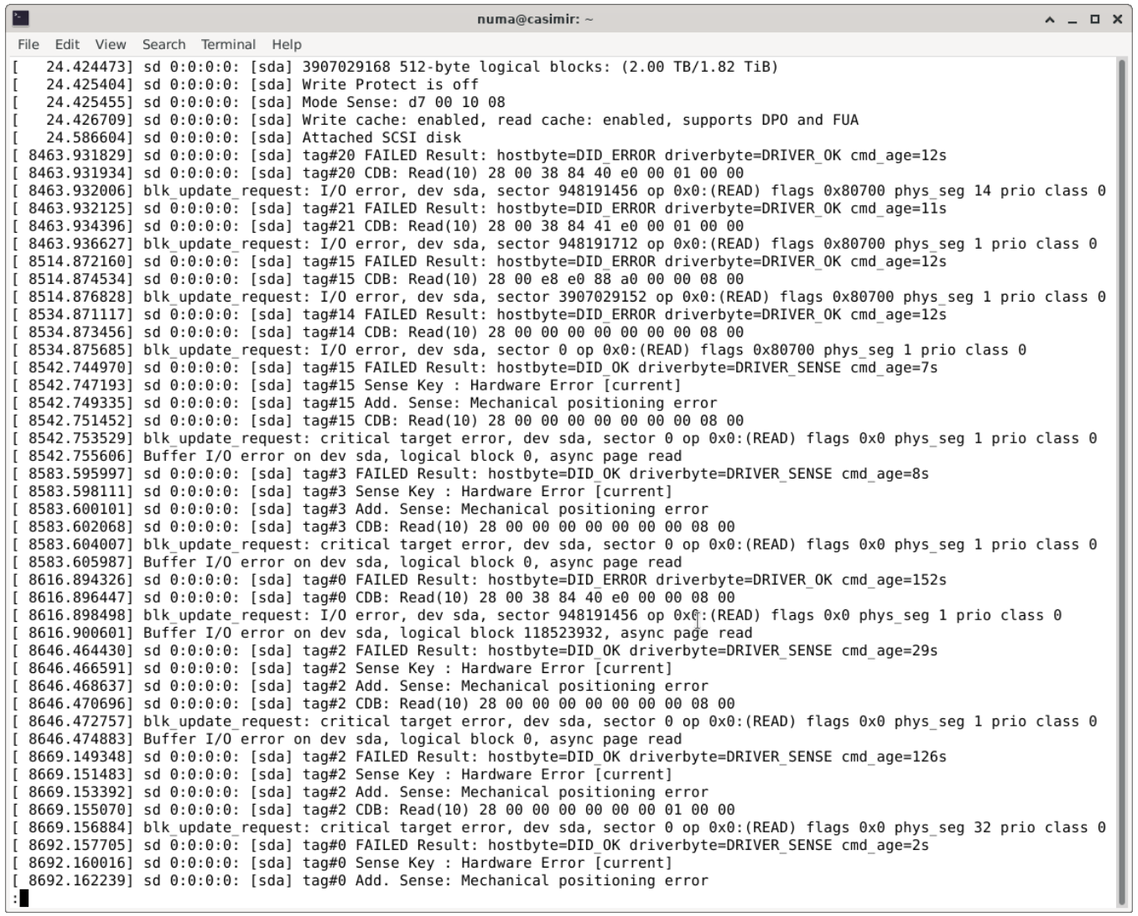




- A vide, 21 % de moins.
- En charge, entre 8 % et 19 % de moins. Influence significative de la RAM !

Petit voyage d'un disque dur en immersion
La « minute de vérité »...

- Un HD de 2TB SAS « smart OK » installé
- Le R720 est démarré
- Après 40 secondes, HD de 2TB détecté
- Un badblocks invasif est lancé
- Après 2h21'3" première erreur I/O
- Après 2h22'22", seconde salve d'erreurs
  - « erreur de positionnement mécanique »...
- Expertise médico-légale en cours...



A ce jour, un bac « presque » plein : 22 nœuds + 2 commutateurs

- Des machines disparates (avec leur équivalent « air ») : ordre de trempage…
  - 1x Foundry EdgeIron (pour l'interconnexion réseau du « sparse part »)
  - 1x Dell R720 avec 2 Intel E5-2670 + 384 GB RAM + Nvidia K20m + Nvidia A30 (2022-10)
  - 1x Dell PowerConnect 6248 (pour l'interconnexion du « dense part »)
  - 4x HPE XL170R avec 2 Intel Gold 5218 + 192 GB RAM
  - 4x Dell C6220 avec 2 Intel E5-2670 + 192 GB RAM
  - 2x Intel S9200 avec 2 Intel Platinum 9242 + 384 GB RAM + NVME 1TB
  - 8x Dell C8220 avec 2 Intel E5-2667v2 + 192 GB RAM
  - 1x MadeInCBP avec 1 AMD Epyc 7252 + 64 GB RAM + Nvidia GTX 1080
  - 1x MadeInCBP avec 1 Intel Gold 6226R + 128 GB RAM + Nvidia RTX 3080 + NVME 1TB (2023-03)
  - 1x Lenovo avec 1 Intel Silver 4214 + 64 GB RAM + SSD 2TB
- Ca fait 41 sockets, 756 coeurs, 3712 GB RAM, 2 GPGPU Nvidia, 2 GPU Nvidia, 4 TB de stockage

Dons ESR

MàD Industrie

MàD PSMN

Une année (enfin les 9 derniers mois) très riche en opérations diverses...

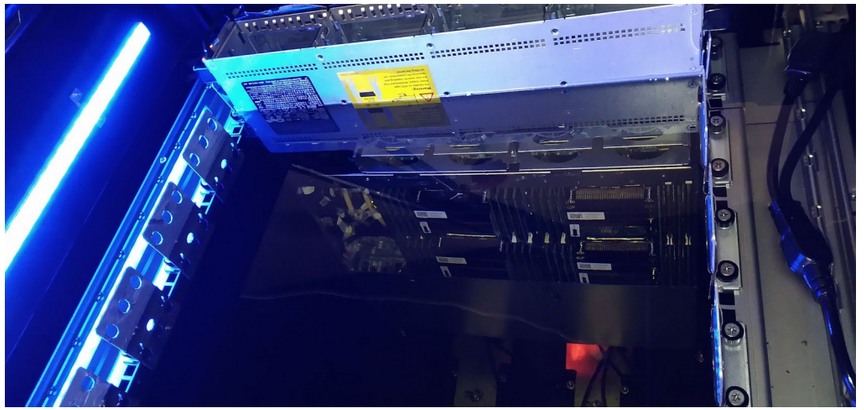
- Déclassement du bac « Voldemort » avec son huile : mai 2022
  - Fuite sur échangeur eau-huile, et ses effets délétères sur le matériel...
- Mise-en-œuvre bac Submer SmartpodXL : de juin à décembre 2022
  - Déballage, préparation plancher, adduction eau : de juin à fin septembre 2022
  - Installation, remplissage, « mise-à-niveau », adaptations 19” : d’octobre à décembre 2022
  - Exploitation avec portique, mise en œuvre EPI, sécurité : de décembre 2022 à aujourd’hui
- Expérimentations : suivant les 3 volets, mais cadre « science & références »
  - Préparation avant immersion des machines : plus compliqué…
  - Adaptation du bac pour immersion : pas assez profond...

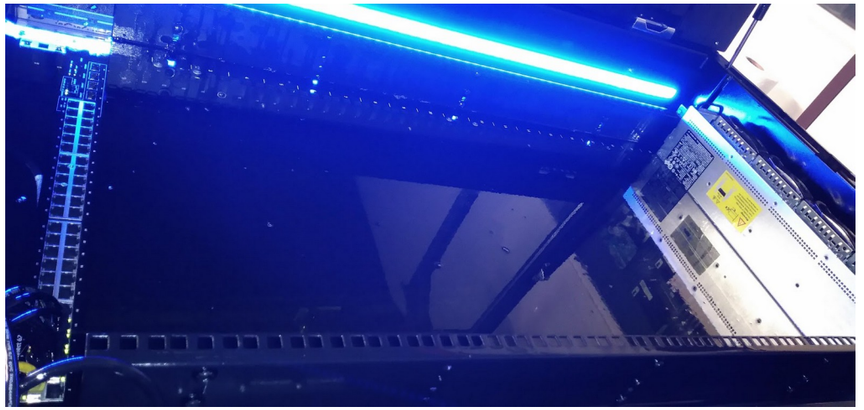
Préparation des machines : la « dépose » ne suffit plus...

- L'an dernier : « supprimer » comme seules « actions »
  - Supprimer la pâte thermique : processeur et radiateur en contact direct
  - Supprimer les ventilateurs (là en le conservant dans l'alimentation)
  - Supprimer les « guides » plastiques
- Maintenant : « adapter » comme « exigence cardinale »
  - Retourner les ventilateurs : mauvaise orientation du flux
  - Modifier les cartes de supervision : « faire accepter » des ventilateurs absents
  - Fixer les nœuds verticalement : renforcer des crochets de retenue « inadaptés »
- Mais un problème récurrent : la profondeur limitée du SmartpodXL

Adaptation du bac SmartpodXL augmenter la profondeur admissible...

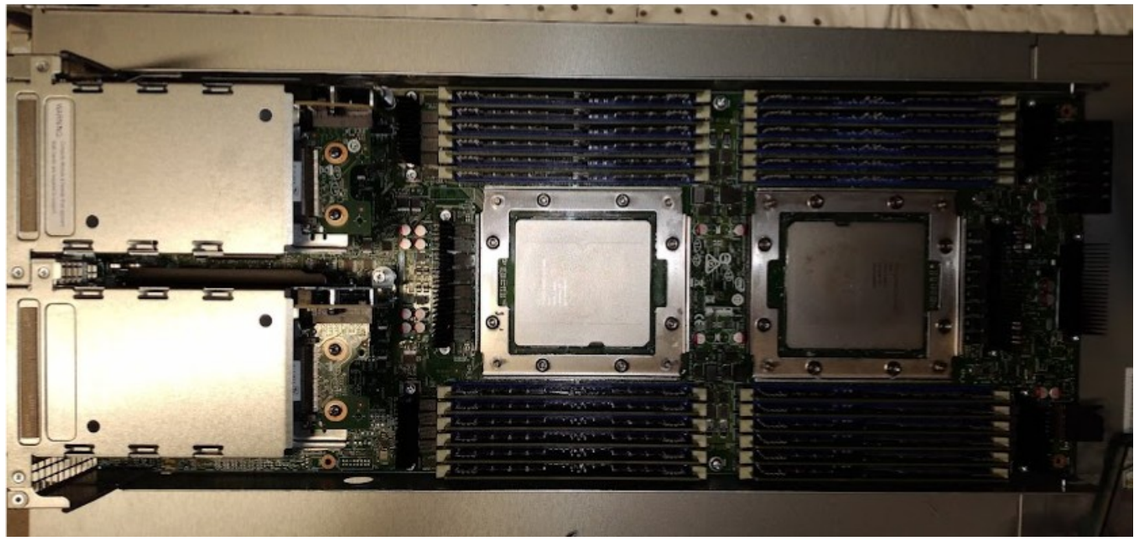
- De base, pas plus de 70 cm : seulement les Dell PowerEdge
- Exploitation de cales de 7 cm :
  - HPE XL170R : insertion OK, refroidissement OK
  - Dell C6220, Intel S9200, Dell C8000 : KO !
- Exploitation de cales de 12 cm :
  - Intel S9200 : insertion OK, refroidissement OK
  - Dell C6220 : insertion OK, refroidissement OK
  - Dell C8000 : insertion OK, refroidissement KO
- Développement nécessaire de « stratégie d'adaptation »...

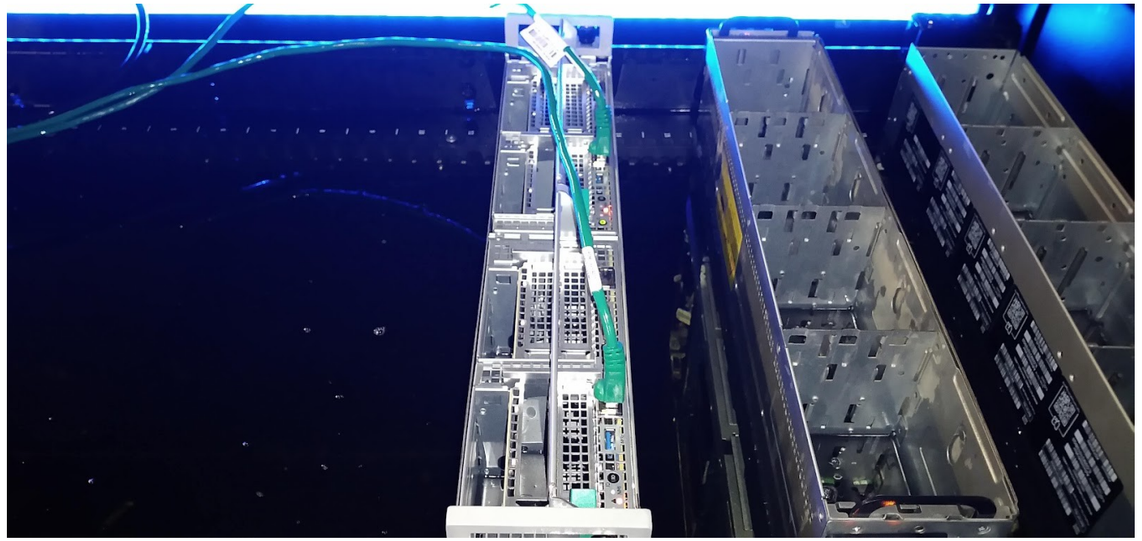




Au chapitre des « bons clients » du futur… Les serveurs Intel S9200 à Platinum 9242

- Dans 2U, 4 sockets Platinum 9242 à la TDP de 350W (et 384 GB de RAM)

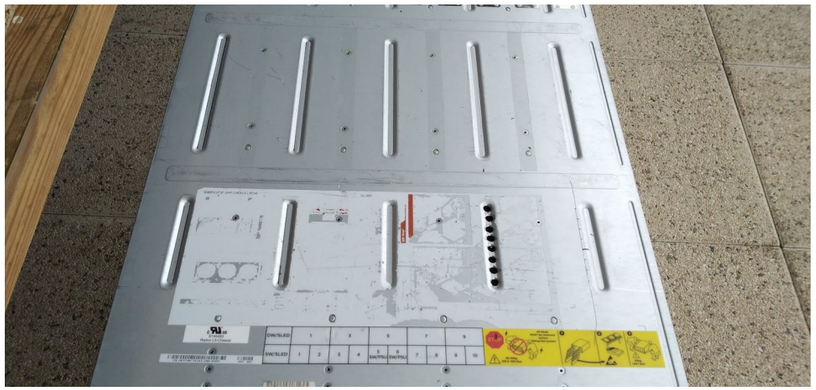




- Un cas « typique » des « futures » machines HPC :
  - Des processeurs très dissipatifs
  - Des barrettes mémoire nombreuses

« Customisation » des chassis : au chapitre des mauvaises « bonnes idées »

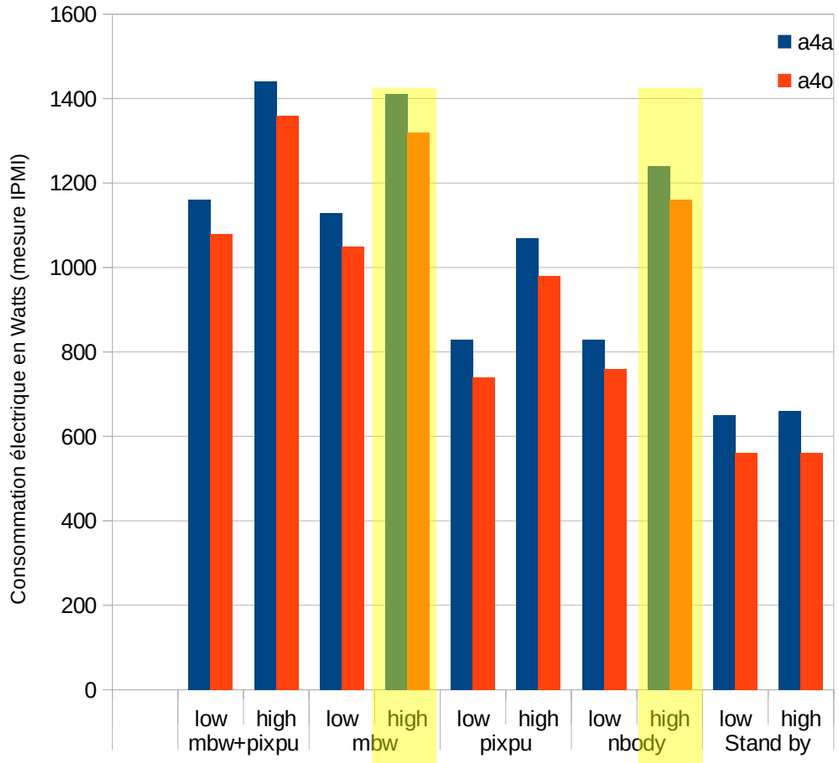
- Où on en est ? L'huile chauffe mais reste « confinée » dans le chassis..
- Où va-t-on ? Solution 1 : évacuation de l'huile chauffée.
- Comment ? Des petits trous ou des fentes…
  - Trous à la perceuse (mais des copeaux même avec les protections)...
  - Fentes à la découpeuse à plasma (mais avec des résidus de combustion)…



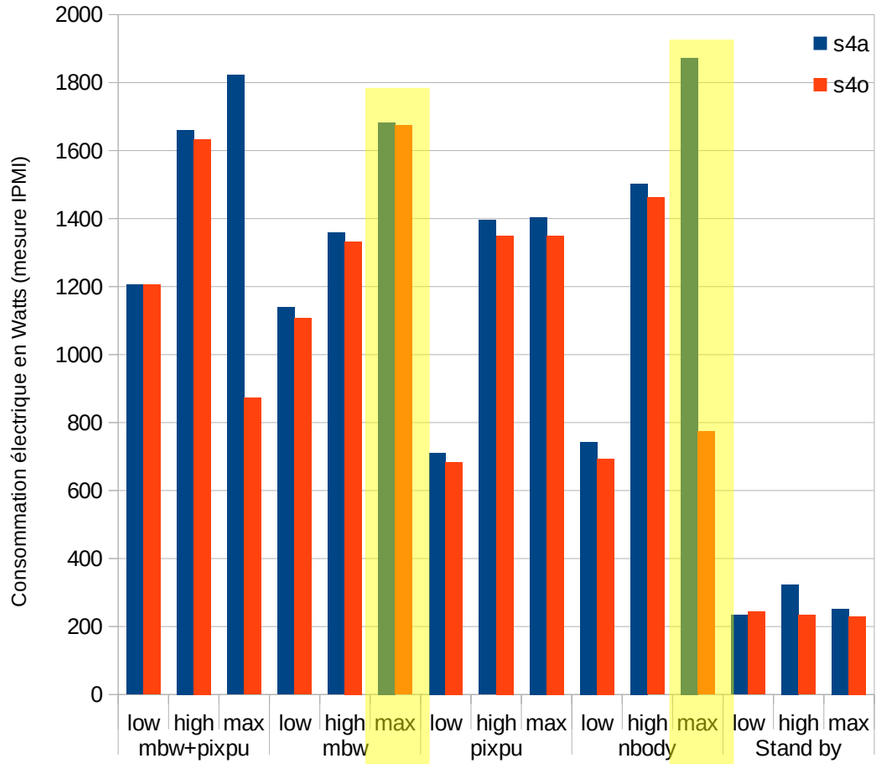
- En conclusion… Solution 1 : KO. Solution 2 = WIP

Comparaison des machines air & oil
Banc d’essai & comportement à la charge

- Hardware : Apollo XL170R avec Gold 5218, Intel S9200 avec Platinum 9242
- OS : SIDUS Debian Bullseye
- Tests :
  - Au repos : stand by
  - Pure calcul flottant : nbody
  - Calcul Entier & flottant : pixpu
  - Charge mémoire multithreadée : mbw
- Fréquences :
  - Low, High, (Max)
- Relève de consommation :
  - Sensors, IPMI, Wattmètre
- L’immersion permet « toujours » de moins consommer...



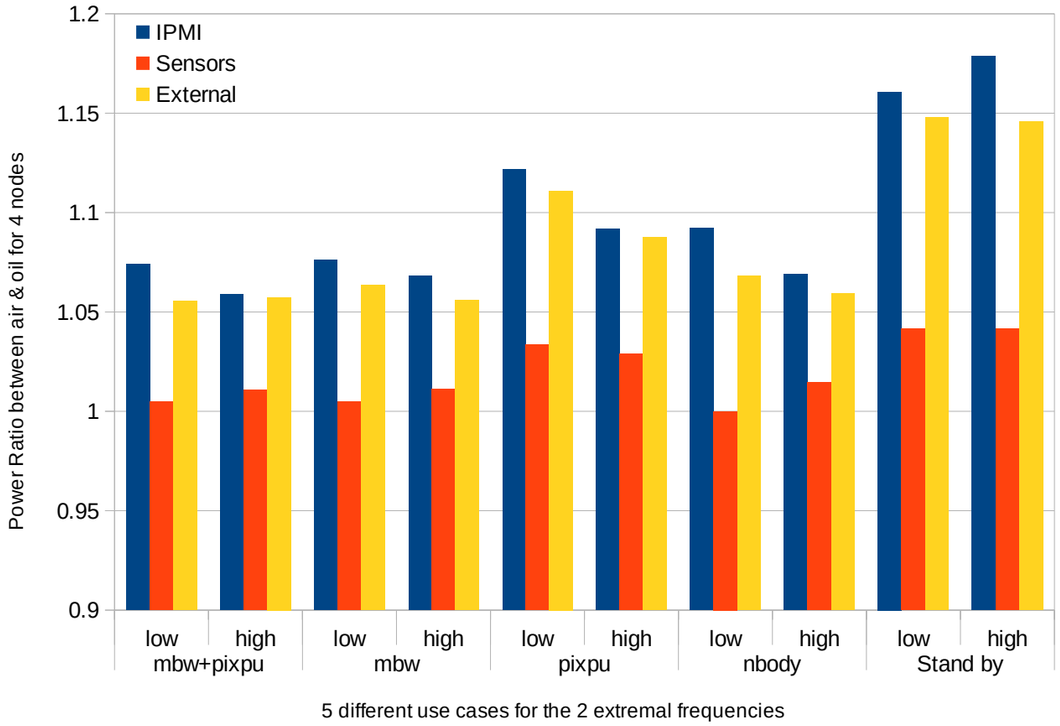
Cas d'usage pour 4 Apollo 2000 dans l'air (a4a) ou dans l'huile (a4o)



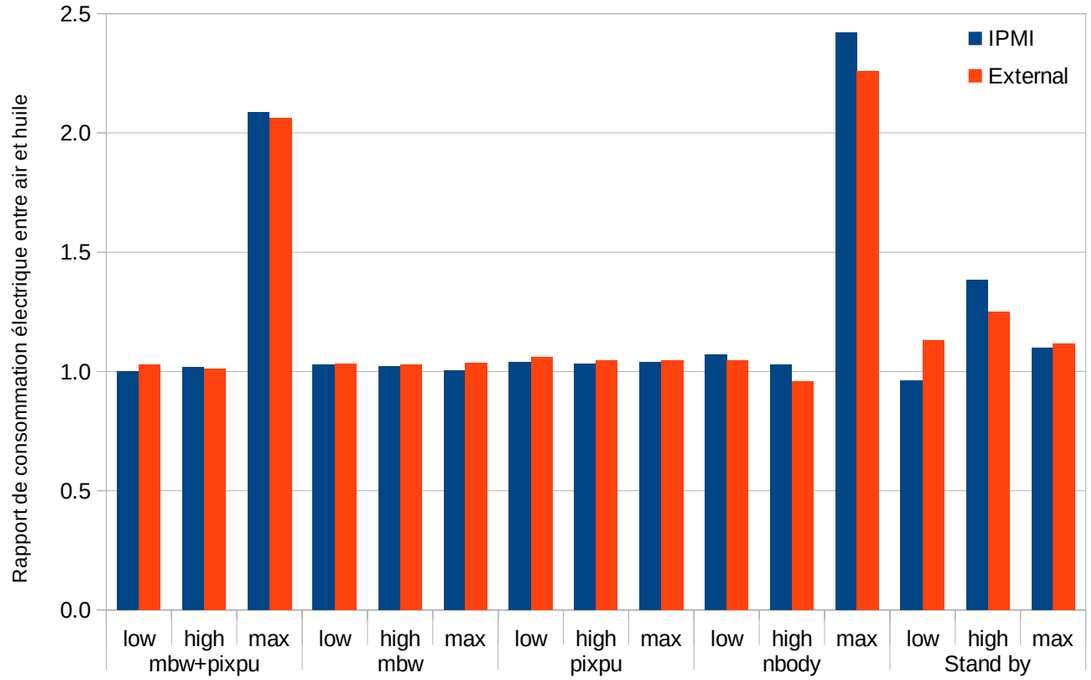
Cas d'usage pour 2 Intel S9200 dans l'air (s4a) ou dans l'huile (s4o)

Comparaison air & oil
Consommer moins, mais combien ?

- Des ratio de consommation sont sensiblement différents en fonction de leur mesure, de l'ordre de 10 %...
- Dans les mesures de consommations, les mesures IPMI ou externes sont préférables



5 different use cases for the 2 extremal frequencies



Cas d'usage pour 2 Intel S9200 dans l'air ou dans l'huile pour 3 fréquences de processeurs forcées

Retour sur le programme d'octobre 2022

- Evaluer plus précisément les consommations électriques :
  - Les pinces ampèremétriques disponibles apportent leur lot d'interrogations également...
  - Les wattmètres « simples » à déployer difficiles à interfacer (en masse)
- Evaluer des configurations avec des processeurs à beaucoup de coeurs
  - Seulement des systèmes à seulement 2x16 coeurs
- Evaluer plus de GPU
  - Des GPGPU : une montée en fréquence est-elle possible ?
  - Des GPU : une meilleure intégration (plus compacte) des séries 3000 et supérieures, ou AMD
- Appel à collaboration mais dans une approche scientifique (2 machines)

Et la suite ?

- Evaluation des performances d'un autre caloporteur diélectrique
  - Inertie thermique associée au refroidissement liquide sur CPU, GPU, RAM.
- Expérimentations sur les chassis à haute densité :
  - Trous ou fentes dans le chassis inadaptés. D'autres stratégies prometteuses en cours d'étude...
- Ecriture d'un cahier des charges pour le déplacement d'installations
  - Local inadapté pour ce genre de déploiement à échelle « industrielle ».
- Consolidation du volet « exploitation opérationnelle »
  - Écriture d'un livre blanc de « bonnes pratiques » sur l'expérimentation sur l'immersion..