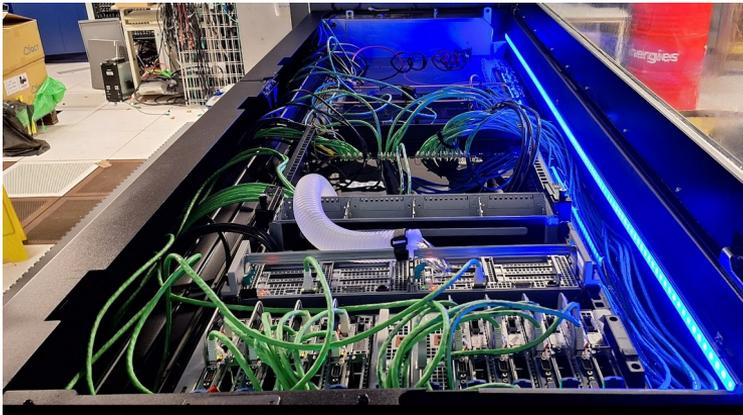


## “Digital Staging” ou comment offrir de nouveaux services avec du vieux matériel ?



Emmanuel Quémener



# Contexte : nouvelles « exigences » ... mais des budgets en berne...

- Un fonctionnement et son coût « compliqués » depuis 2022 :
  - Augmentation drastique du coût de l'énergie (électricité en tête x10)
  - Risques de coupure électrique l'hiver 2022-2023
  - Des budgets « globaux » en déficit (et le ruissellement associé réduit...)
- De nouveaux « besoins » dans un contexte plus contraint :
  - De « *Machine Learning* » à « IA » : de la « recherche » à un usage courant
  - Accueil d'équipes pas vraiment anticipé (avec tout l'environnement associé)
  - Charte de DDRS en signature, injonction de sobriété énergétique, etc...
  - Facture électrique : chauffage d'appoint interdit, Damoclès sur Data Center...
- Comment aborder tout cela ?

# « Faire face », mais comment ? Par une approche « comptable » !

- Analyse « comptable », « 3 coûts » pour tout « service »
  - **Coût d'entrée** : appropriation, développement, intégration, ...
  - **Coût d'exploitation** : MCO, évolutions réglementaires, sanitaires, ...
  - **Coût de sortie** : remplacement, abandon, délégation, ...
- Et donc seulement du matériel (et son usage) : même combat !
  - **Avant** : sa fabrication (et son transport)
  - **Pendant** : son exploitation (et sa maintenance)
  - **Après** : son recyclage (et son transport, stockage)
- Pendant : consommation électrique (et chaleur fatale)...

# Mieux servir, mais avec « sobriété »

## Avant l'Action, Appréhension & Analyse

- Nécessité de placer des « nombres » sur des « faits »
- Indicateurs de « consommation » :
  - Croissance (infinie dans un environnement fini :-/)
  - **ADP** : potentiel d'épuisement des ressources abiotiques :
    - Abiotic Depletion Potential (unité kgSbeq)
  - **PRG** : Potentiel de Réchauffement Global ou « empreinte carbone »
    - GWP : Global Warming Potential (unité kgCO<sub>2</sub>eq)
  - **PE** : Consommation de ressources énergétiques
    - Primary Energy (unité MJ)

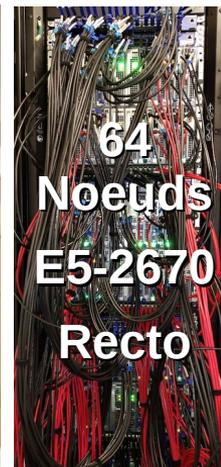
# Quelle empreinte carbone ?

## Interrogations sur la « littérature »

- Petite expérience : établir un devis sur Matinfo5
  - Empreintes carbone identiques quel que soit : le modèle CPU, la RAM
- Littérature plus « pertinente, cohérente et consistante » :
  - <https://boavizta.org/blog/empreinte-de-la-fabrication-d-un-serveur>
  - **Approche 2 : « facteurs d'émission arbitraires par composant »**
    - $\text{servergwp}(\text{kgCO}_2\text{eq}) = 900(\text{kgCO}_2\text{eq}) + \text{cpuunits}(\text{unit}) \times 100(\text{kgCO}_2\text{eq}/\text{unit}) + \text{ramsize}(\text{GB}) \times 150/128(\text{kgCO}_2\text{eq}/\text{GB}) + \text{ssdunits}(\text{unit}) \times 100(\text{kgCO}_2\text{eq}) + \text{hddunits}(\text{unit}) \times 50(\text{kgCO}_2\text{eq}) + \text{gpuunits}(\text{unit}) \times 150(\text{kgCO}_2\text{eq}/\text{unit})$
  - **Approche 3 : « vers une formule de calcul d'impact multicritère » basé sur les semiconducteurs**
    - $\text{server} = \text{cpu} + \text{ram} + \text{ssd} + \text{hdd} + \text{motherboard} + \text{psu} + \text{enclosure} + \text{assembly}$
    - $\text{cpu} = \text{cpuunits} \times ( (\text{cpucoreunits} \times \text{cpudiesize} + 0,491) \times \text{cpu\_die} + \text{cpu\_base} )$
    - $\text{ram} = \text{ramunits} \times ( (\text{ramsize} / \text{ramdensity}) \times \text{ram\_die} + \text{ram\_base} )$
    - $\text{ssd} = \text{ssdunits} \times ( (\text{ssdsize} / \text{ssddensity}) \times \text{ssd\_die} + \text{ssd\_base} )$
    - $\text{hdd} = \text{hddunits} \times \text{hdd\_unit}$
    - $\text{psu} = \text{psuunits} \times \text{psuunitweight} \times \text{psu\_weight}$
    - $\text{enclosure} = \text{rack ou enclosure} = \text{blade} \times \text{bladeenclosure}/16$



# La « meute » de machines du CBP



# Paradigme simple : système unifié, « un cas d'usage, une machine »

- **Quoi ?** Un accès type « station de travail », « ~seul » avec des ressources
- **Pourquoi ?** « Parce qu'on va plus vite seul dans sa 2CV qu'à 15 dans la Ferrari »
  - limiter les Entrées/Sorties essentiellement,
- **Quand ?** Tout le temps, H24 7j/7 (sauf dans les salles au cycle circadien)
- **Qui ?** 400 personnes/mois, étudiantes, chercheuses, enseignantes, ingénieures
- **Comment ?** En local, ou essentiellement à distance
  - Via un KVM, un terminal SSH, une session x2go ... ou cette catastrophe de Visual Studio Code
- **Combien ?** Entre 160 et 200 machines accessibles avec le même système unifié
- **Où ?** De partout : même avec x2go un partage WiFi/5G suffit avec son laptop

# Le Centre Blaise Pascal : c'est donc ... près de 330 machines actives

The image displays three screenshots of monitoring dashboards for the Centre Blaise Pascal (CBP) resources. Each dashboard shows the current status of resources and provides a list of machines with their technical characteristics.

- Cloud@CBP : État des ressources**
  - Statut: 131 machines chargées à 51.2% et utilisées par 72 utilisateurs
  - À cet instant: CPU 290 sockets avec 2888 cœurs et 54 moindres différents
  - GPU 38 cartes dans 72 moindres différents
- Servers@CBP : État des ressources**
  - Statut: 28 machines chargées à 22.8% et utilisées par 6 utilisateurs
  - À cet instant: CPU 54 sockets avec 372 cœurs et 17 moindres différents
  - GPU 38 cartes dans 8 moindres différents
  - Stockage: 188 disques dans 32 ports et 488 disques ZFS
- Cluster@CBP : État des ressources**
  - Statut: 196 machines chargées à 24.3% et utilisées par 1 utilisateur
  - À cet instant: CPU 132 sockets avec 248 cœurs et 9 moindres différents
  - GPU 5 cartes dans 3 moindres différents

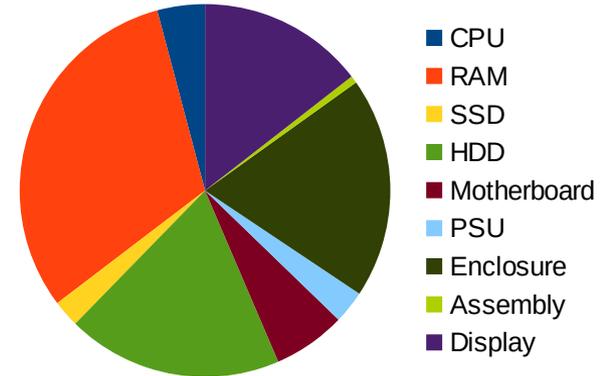
Each dashboard includes a table listing machine names, IDs, and various technical specifications such as CPU, GPU, and storage details.

- Près de 7000 coeurs, 66 TiB RAM, 1300 HDD, 85 SSD,
- 70 % d'équipements de main  $\geq 2$ , 90 % hors garantie
- Disponibilité supérieure à 99.8 % ... et 1 BOFH...

# Analyse : CBP comme « pollueur »

## Fabrication & Exploitation

- **Fabrication** : 330 machines (2025Q1)
  - 10 % sous garantie, 1/3 achetées neuves
  - 6972 coeursCPU, 10121 coeursGPU,
  - 66 TiB RAM, 5.6 PB, 1295 HDD, 85 SSD
  - 292 tonnes CO<sub>2</sub> à la fabrication (approche #3)
- **Exploitation** : 330 avec 150W H24 7j/7
  - 10 tonnes de CO<sub>2</sub> par an soit une française (20 g/Kwh 2024)
- « Amortissement » carbone : ratio de 30 pour 1...



Intérêt à exploiter le **plus longtemps possible**...

# Après « Appréhension & Analyse », quelles « Actions » envisager ?

- D'abord réduire les coûts d'entrée (ou de sortie)
  - En exploitant le maximum les machines déjà fabriquées
- Puis réduire les coûts d'exploitation :
  - En exploitant la chaleur fatale directement
  - En améliorant l'évacuation la chaleur fatale
- Mais comment ?

# « Home Staging » personnel, Mais pas pour vendre...



Requalifier, Réactualiser, Recycler.

# « Work Staging » professionnel Aux JRES 2001 à Lyon

De l'intérêt d'utiliser la même plate-forme système sur un campus  
en général au radical déploiement de GNU/Linux sur l'ENS-  
Cachan en particulier



Emmanuel Quémener, Pascal Soullard, Pascal Varoqui

[<quemener@cri.ens-cachan.fr>](mailto:quemener@cri.ens-cachan.fr), [<soullard@cri.ens-cachan.fr>](mailto:soullard@cri.ens-cachan.fr), [<varoqui@cri.ens-cachan.fr>](mailto:varoqui@cri.ens-cachan.fr)

En ce qui concerne la base matérielle, nous avons remarqué qu'un PC équipé d'un 486DX était suffisant pour router 10 Mb/s. Ayant pris le parti d'équiper nos routeurs génériques d'interfaces FastEthernet et de placer plus de 2 interfaces dans un PC, le choix d'un Pentium de fréquence supérieure à 133 MHz semblait opportun. De plus, les cartes devaient être interchangeables à volonté sans configuration dans le BIOS de chacune d'elles : l'interface PCI offrait cette fonctionnalité. Nous avons ainsi fixé notre choix sur une carte 3Com 3c905. Les cartes Pentium ne disposant généralement que de quatre ports PCI, nous nous sommes décidés sur des routeurs Pentium à 4 ports PCI. La chasse aux cartes vidéo ISA fut lancée. De petits disques durs de capacité inférieure à 1 Go feraient largement l'affaire, même devant la nécessité de recompiler un noyau. Ceux-ci seraient situés dans un boîtier amovible permettant l'échange d'un routeur par un autre par le simple échange de disques durs.

Ainsi, le routeur générique était un PC de bureau déclassé, équipé généralement d'une carte mère ASUS T2P4 ou TXP4, d'un processeur Pentium cadencé autour de 200 MHz, de 32 à 64 Mo de mémoire vive, d'un disque dur dans un boîtier amovible de capacité 1 Go, d'un câblage à distance afin de connecter les clients dans un LAN, d'une carte vidéo ISA et enfin de 4 cartes réseaux 3Com 3c905. L'investissement se limitait donc, la machine étant déclassée pour une utilisation professionnelle, à l'acquisition de quelques cartes réseau et de quelques logiciels. Les migrations se réalisèrent également progressivement, au gré des migrations. Elles se basaient sur une distribution Debian 2.2 et des versions de noyau 2.2.x avant que le noyau 2.4 ne se stabilise.

**Détournement d'un vieux poste de travail  
En un firewall à routage dynamique**

« de-\* » & « re-\* »

# Entre idéologie & pragmatisme

- Déqualifier
  - Détoxifier
  - Déspécialiser
  - Décortiquer
  - Détourner
  - Requalifier
  - Redéployer
  - Réaménager
  - Réassigner
  - Réfugier
- Une recherche du ratio CO<sub>2</sub> fabrication/usage faible
  - Une volonté d'exploiter le + et le + longtemps possible...
  - Une approche « écologique » à cycle court !
  - Une focalisation : penser « **fonction** » avant « **outil** » !

# Sur une machine, la qualification : Fiabiliser, consolider, pérenniser..

Derrière le modèle de Von Neumann :

- Le **processeur** : des générations plus récentes : Nehalem vers Westmere
- La **mémoire** : remplir les bancs (et améliorer les traitements)
- Les **périphériques de stockage** : les disques durs, les baies, les cartes
  - Cartes SAS HBA supportant les derniers disques (mais pas les RAID...)
  - Baies SAS de 2009 supportant des disques de 20 TB !
  - Disques durs encore exploitables
- Les **périphériques de communications** :
  - De l'infiniband pour du « SAN-like » : une manière de séparer les flux
  - Des cartes Infiniband pour du 10G : « juste » un adaptateur à acheter...

# Action #1 « Avant & Après » : privilégier les « cycles courts »

« Les déchets des uns sont les ressources des autres. »

- Constats (implacables) :
  - Pas de fabrication « locale »
  - Ressources inexploitées à proximité
- Quelles actions « Avant » :
  - récupération, requalification,
  - démontage, détournement,
  - achat d'occasion chez broker
- Quelles actions « Après » :
  - Cession des machines inexploitées



# Action #1 : les « cycles courts » généralisables ?

**Oui, une question de volonté mais il faut :**

- Disposer de systèmes « résilients » (solutions propriétaires exclues)
- Avoir de quoi tester rapidement les arrivées de matériel
- Stocker le matériel de secours dans des endroits « sûrs »
- Connaître les usages pour adapter le matériel
- Privilégier les systèmes d'exploitation libres

# Action #2 : recyclage/requalifier

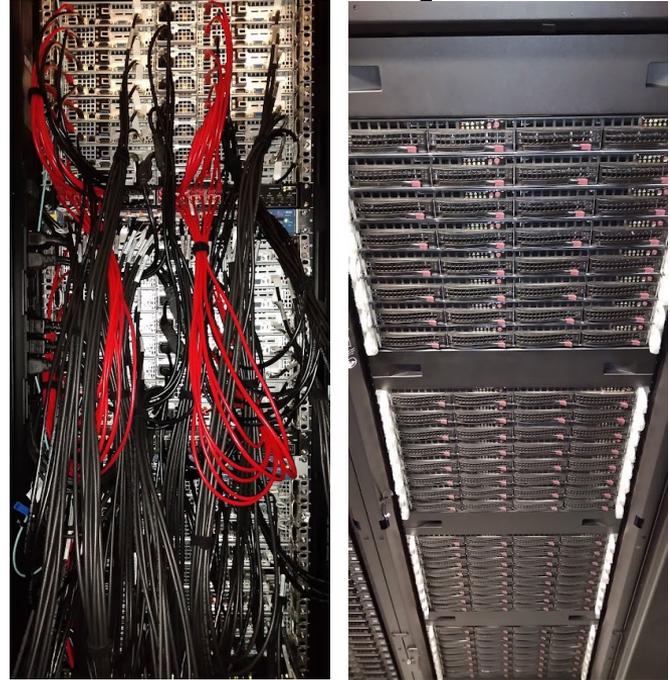
## Re-\* des vieilles machines

- Requalifier des machines pour :
  - Une salle de formation
  - Des clusters de formation
- Exploiter des machines comme « hôte GPU »
  - Anciennes stations de travail : MacPro, câbles & contrôleurs...
  - Anciens nœuds de cluster : Supermicro, câbles & « rehausseurs »...



# Requalifier & Redéployer Retex sur Cluster « classique »

- Supermicro R422 : 112 nœuds
  - Seuls 98 rescapés, 10 spares à ce jour
- Requalification :
  - InfiniBand : `ibv_srq_ping_pong`
  - IPMI : module & réseau
  - Mémoire & CPU : mbw parallélisé par xargs
  - Alimentation
- Réexploitation :
  - 64 nœuds dans 42 U, 3x32A
- Souci : version FW QDR



Exigences : *spares parts*, toutes versions FW

# « Développement Durable & Responsabilité Sociétale »



- Stage professionnel de découverte de seconde « utile » :
- Requalification de 10 Postes de travail et leurs moniteurs

# Action #3 : Déqualifier & Détourner Ateliers 3IP & Fête de la Science



- Postes de travail Optiplex
  - Salles de formation, ...
- Dépeçage complet :
  - Il ne reste que la carcasse...
- Réassemblage pour atelier
  - Découverte de l'ordinateur
  - Machines exploratoires...

Une exigence : des espaces de stockage pour pièces !

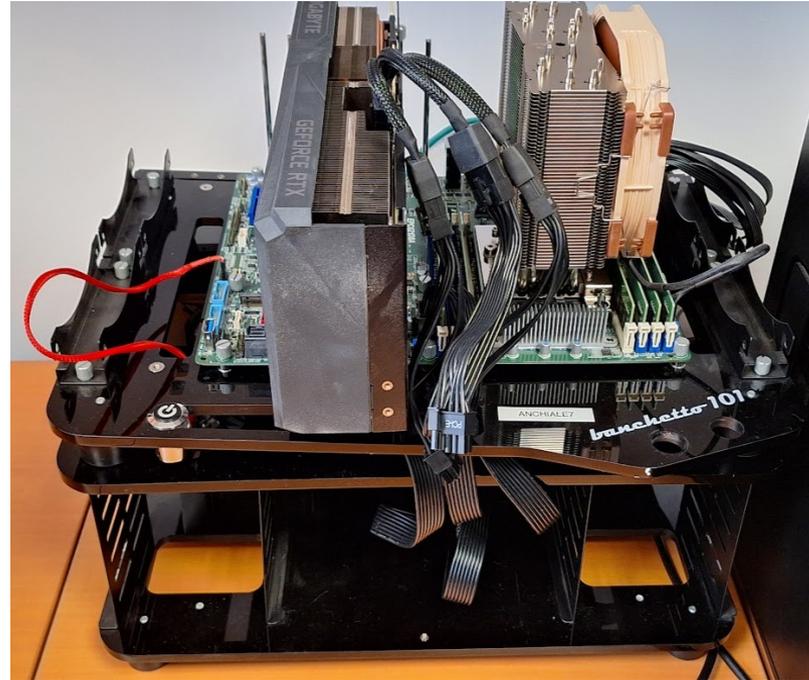
# Actions #4 : relocaliser le matériel déployer des « AnchiAles »

Truisme : chauffer les bureaux en récupérant la « chaleur fatale »

- Pas nouveau (ancien chauffage de véhicules « thermiques »)
- Contexte favorable : interdiction des chauffages d'appoint...
- Passage de 6 machines à 30 machines entre 2022Q4 et 2025Q1



# Accueillir la déferlante IA : de la station existante à l'anchIAle



- Accueillir 480W de GPU (et chauffer un bureau)

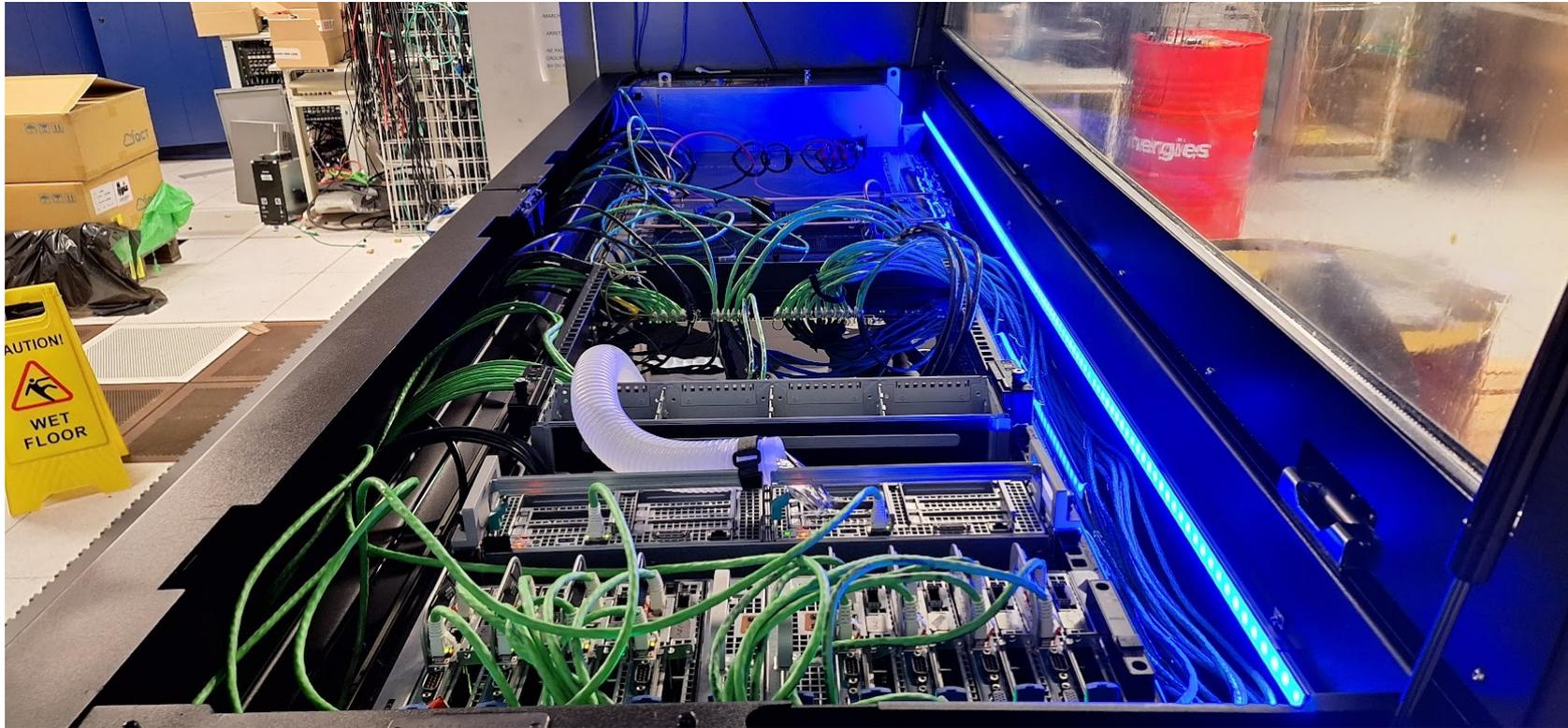
# Action #4 : déploiement AnchiAles

## Quel bilan ? Généralisation ?

- Plus de demandes que d'offres en 2023 :
  - Plus de demandes que d'offres possibles !
- La chaleur « ventilée » offre un confort meilleur
  - Une machine « à vide » (de 100W) offre un confort de radiateur de 1kW
- La généralisation exige une « modification » d'approche
  - Des équipements « plus » génériques (salle machine, bureau, ...)
  - Une gestion de la transhumence entre les saisons
  - Un placement estival dans des zones « hors d'eau »
  - Des bacs d'immersion « individuels » à diffuser dans les locaux...

# Action #5 : immerger les machines

## Limiter la PUE à $\sim 1$ voire $< 1$



# Action #5 : immerger les machines

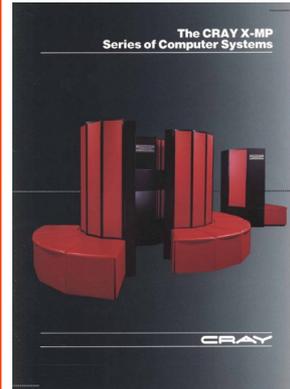
## Pas « spécialement » neuf...

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

- 1984 : The Last Starfighter
  - 27 minutes d'images synthétiques
  - ~  $30 \cdot 10^9$  opérations par image
  - Utilisation d'un Cray X-MP (130 kW)
  - 68 jours (en fait, 1 année nécessaire)



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



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.

Emmanuel QUÉMENER CC BY-NC-SA  
December 6, 2021

CBP

11/127



## Pourquoi plus rien (ou presque) en 40 ans ?

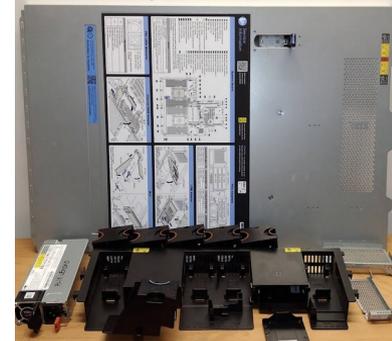
# Immerger les machines : Périmètre d'action digne de l'école

- Pour couvrir tous les aspects de cette « transition » air vers huile:
  - **Volet scientifique** : efficacité de l'immersion, recyclage de la chaleur, ..
  - **Volet technique** : adaptation, transformation des équipements, évolution composants
  - **Volet opérationnel** : exploitation quotidien, sécurité associée
- Et pourquoi l'ENS de Lyon alors ?
  - Pour la partie scientifique : 2021-2022, intégration de l'étude au LIP, équipe Avalon
  - Pour la partie HPC ou Cloud : tout est internalisé
  - Pour le CBP : ressources « RADIS »
- Pour les 3 volets, depuis octobre 2022, uniquement Cloud@CBP

# Immersion de machines génériques

## Une évolution dans la préparation

- 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
  - Fixer les nœuds verticalement : renforcer des crochets de retenue « inadaptés »
  - Modifier les cartes de supervision : « faire accepter » des ventilateurs absents
  - Modifier les consignes de fonctionnement : « forcer » le fonctionnement...



Mais problème récurrent : la profondeur limitée du bac...

# Immersion à l'ES Lyon

## 17 accessibles comme les autres

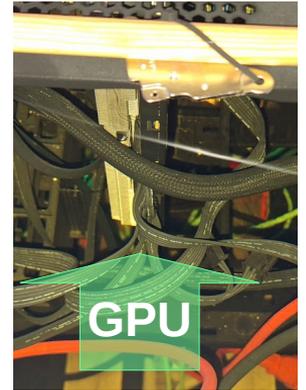
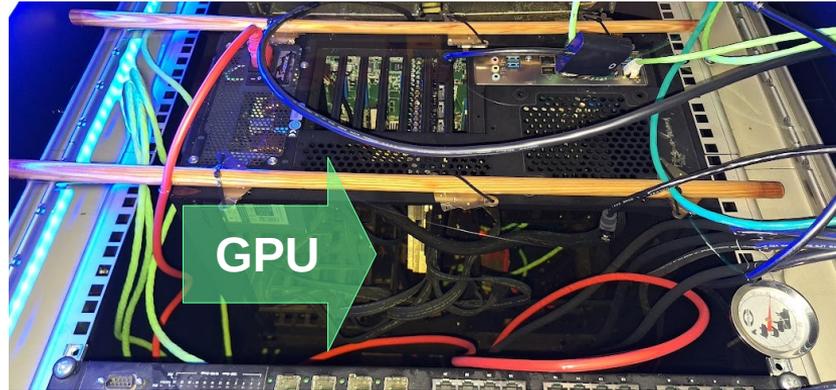
Hostname	SIDUS	AvgLoad	Users	Cores	Memory	Frequency	FreeLocal	Model	GPUModel1
platinum4oil1	bookworm64nfs	0.14	0	96	376	2300	875	Intel Xeon Platinum 9242	None
platinum4oil2	bookworm64nfs	0.03	0	96	376	2300	877	Intel Xeon Platinum 9242	None
gold4oil	bookworm64nfs	0.18	0	16	124	2800	848	Intel Xeon Gold 6242	GA102 [RTX 3090]
nvidia4oil	bookworm64nfs	0.13	0	16	377	2600	0	Intel Xeon E5-2670 0	GA100GL [A30 PCIe]
c8220oil8	bookworm64nfs	0.04	0	16	125	3300	0	Intel Xeon E5-2667 v2	None
c8220oil6	bookworm64nfs	0.12	0	16	125	3300	0	Intel Xeon E5-2667 v2	None
c8220oil4	bookworm64nfs	0.11	0	16	251	3300	0	Intel Xeon E5-2667 v2	None
c8220oil5	bookworm64nfs	0.22	0	16	125	3300	0	Intel Xeon E5-2667 v2	None
c8220oil2	bookworm64nfs	0.02	0	16	251	3300	0	Intel Xeon E5-2667 v2	None
c8220oil3	bookworm64nfs	0.02	0	16	251	3300	0	Intel Xeon E5-2667 v2	None
c8220oil1	bookworm64nfs	0.03	0	16	251	3300	0	Intel Xeon E5-2667 v2	None
c8220oil7	bookworm64nfs	0.19	0	16	125	3300	0	Intel Xeon E5-2667 v2	None
apollo4oil4	bookworm64nfs	0.04	0	32	188	2300	0	Intel Xeon Gold 5218	None
apollo4oil3	bookworm64nfs	0.1	0	32	157	2300	0	Intel Xeon Gold 5218	None
r6625oil	bookworm64nfs	128.26	1	128	1511	2400	876	AMD EPYC 9534	None
apollo4oil1	bookworm64nfs	0.37	1	32	188	2300	0	Intel Xeon Gold 5218	None
apollo4oil2	bookworm64nfs	0.05	1	32	188	2300	0	Intel Xeon Gold 5218	None



**5 types de machines** : 3 « clusters », 2 GPU, 1 monstre  
 + de 600 coeurs, + de 6TiB de RAM, mais très peu de stockage ;-)

# L'immersion pour reexploiter... ... l'irrécupérable !

- De la GPU qui « pleure » à la GPU qui « barbote »...
  - Un problème récurrent de perte d'huile dans les « heat pipes »...



Pleinement fonctionnelle après immersion !

# Action #5 : avantage de l'immersion

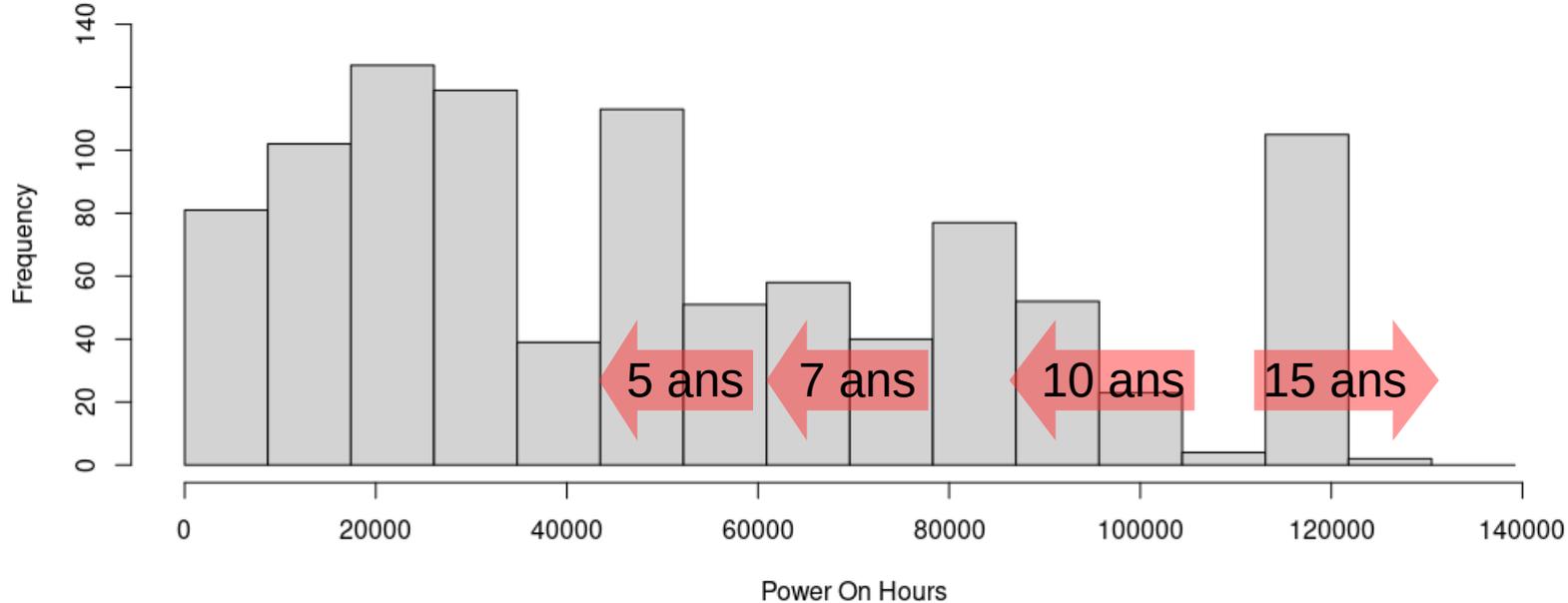
## Des avantages aux inconvénients...

- Constats d'exploitation après (presque) 3 ans :
  - Réduction de consommation « directe » de 10 % à 20 %
  - Température de l'huile jusqu'à 55°C sans pertes de performance
  - Bonne tenue des équipements (un taux de panne comparable)
- Avantages :
  - Refroidissement de tous les composants sans distinction de nature (barrettes de RAM)
  - Adaptation possible de l'existant ou exploitation de « matériel générique »
  - Exploitation de la chaleur fatale plus facile (eau à 50°C)
  - Exploitation d'huile « bio-sourcée » (huile de friture désoxygénée)
- Inconvénients :
  - En plus des « risques » électriques, des « risques » chimiques
  - Frilosité des intégrateurs depuis quelques années & « marchands du temple » se goinfrant !

# Un traitement particulier : le HDD ce « pollueur insoupçonné »

- Un disque dur :
  - À la production : autour de 50 kg de CO<sub>2</sub>
  - À l'exploitation (en France) : 10W, 2 kg de CO<sub>2</sub>/an (2024)
  - « Amortissement » carbone : 25 ans d'exploitation...
- Déjà au Centre Blaise Pascal, depuis 9 ans :
  - Sauvegarde principale sur x4500 (disques changés de 1TB en 2012)
  - Récupération de près de 200 disques sur 2021
- Comment estimer leur fiabilité ?
- Comment les réexploiter ?

# Et les disques durs (50kgCO<sub>2</sub>/HD) Réaffectation plutôt que recyclage...



- Des disques plus « résistants » que la garantie,
  - Donc la garantie n'est pas une DLC (Date Limite de Consommation)
  - Une garantie n'est pas une garantie de fonctionnement (loin de là !)

# Réexploiter les HDD ?

## Oui, mais pas n'importe comment...

- Tout d'abord, s'assurer de leur « santé »
  - TemperatureMax & StartStopCount plus pertinent que PowerOnHours
- Puis, prendre soin de leur fonctionnement :
  - Toujours préserver leur exploitation à une température « raisonnable »
- Ensuite, dans les grappes, bien bétonner le « RAID »
  - Exclure le RAID matériel pour faciliter les changements ( → ZFS :- ) )
- Enfin, éloigner physiquement CPU et HDD :
  - Normalement, HDD devant CPU, mais seulement dans les serveurs
- Ou alors, exploiter les HDD en relocalisant le stockage

# Action #6 : requalification serveur de stockage

- Lors de requalification de serveur de stockage :
  - Extension de la RAM au maximum (384GB pour les R620 ou R720)
    - Un ZFS plus efficace, des disques moins sollicités
  - Intégration de carte Mellanox « dual port » : 1 IB et 1 10Gb/s
  - Changement des disques (typiquement 4TB vers 20TB)
- Que faire de « disques » requalifiés ? Exemple : 4TB SAS
  - « Petits » serveurs de VM (R730 ou R740) : 24 TB nets en RAID6
  - Serveurs de sauvegarde (dans des MD3060) en RAID5 sur 120 HDD
  - Baies d'extension sur machine de calcul : GH200, serveur 8TB/RAM, etc...

# Accueil d'une équipe de l'IBCP

## Un nouveau serveur dédié...

- En achetant du neuf (comparable à l'existant) :
  - Revendeur : PowerEdge R760, 384 GB, 12 HDD 20TB : 200 TB nets
    - 11910 €/HT et 1640 kgCO<sub>2</sub> soit : 60€/TB et 8kgCO<sub>2</sub>/TB
- En « requalifiant, recyclant » un vieux serveur existant :
  - En stock : PowerEdge R720xd, 384 GB, 12 HDD 20 TB : 200 TB nets
    - 5600 €/HT, 700 kgCO<sub>2</sub>, soit : 24€/TB et 3.5kgCO<sub>2</sub>/TB (avec du spare !)
- Economie financière : 6310€
- Economie Carbone : 900kgCO<sub>2</sub>

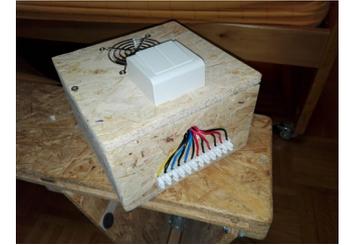
# Sauvegarde du serveur & WS

## Extension de l'existant..

- En achetant du neuf :
  - En ligne : 2x PowerVault MD5012, 2x12 HDD 20TB : 400 TB nets
    - Pas de données en ligne pour MD5012 (« savings CO<sub>2</sub> » d'un MD1400 d'occasion)
    - 35200 €/HT, 2x421+24x50 kgCO<sub>2</sub>, soit : 88€/TB et 8kgCO<sub>2</sub>/TB
- En recyclant deux baies MD1200 :
  - En stock : 2x MD1200 sur PE 620, 24 HDD 20 TB : 400 TB nets
    - 10400 €/HT, 1300 kgCO<sub>2</sub> , soit : 26€/TB et 3kgCO<sub>2</sub>/TB
- Economie financière : 24800€
- Economie Carbone : 700kgCO<sub>2</sub>

# « Rien ne se perd, rien ne se crée. Tout se transforme ! » Lavoisier

- Au delà des composants IT :
  - Des composants électriques : une vraie mine !
    - Alimentations : du 12V, du 5V, du 3.3V
    - Des ventilateurs : du 4 cm au 12 cm
  - Des boîtiers : capot pour support de carte mère
  - Des portes de baie, des aimants de HDD
  - Des palettes de transport, des planches de protection



# En conclusion, que faut-il ?

- Matériel informatique : matière (presque) première
- Atouts : composants génériques, adaptation aux besoins
- Objectifs :
  - réassignement de missions,
  - utilisation le + longtemps possible
- Exigences : une gouvernance attentive procurant...
  - Du stockage pour entreposer les équipements
  - Du budget (et des procédures simplifiées) pour des pièces détachées
  - Du temps et des actions valorisées
  - Une volonté certaine...