

Hébergement haute-densité dans un conteneur en *free cooling* à air direct

Stéphane Aicardi, Emmanuel Halbwachs, Albert Shih

Division Informatique
Observatoire de Paris

SUCCES
14 novembre 2013



Le conteneur SGI Ice Cube Air



Le conteneur SGI Ice Cube Air

Quelques caractéristiques techniques :

- ▶ Surface : 55 m²
- ▶ Volume utile : 16 baies 51 U = 816 U
- ▶ Charge répartie au sol max : 1,5 t/m²
- ▶ Puissance électrique : 560 kW
- ▶ Pas d'onduleur (choix délibéré)
- ▶ Une seule arrivée électrique
- ▶ Extinction incendie par gaz NOVEC 1230
- ▶ Refroidissement avec l'air extérieur ou par évaporation adiabatique
- ▶ **PUE annoncé 1,06**



Refroidissement adiabatique

- ▶ Prosaïquement : technique du drap mouillé à la fenêtre
- ▶ Air chaud passe au travers d'un échangeur humide
- ▶ Évaporation de l'eau consomme de l'énergie et refroidit l'air

PUE : *Power Usage Effectiveness*

- ▶ Indicateur d'efficacité énergétique dans le domaine des datacentres

$$PUE = \frac{E_{\text{totale}}}{E_{\text{utile informatique}}} = \frac{E_{\text{entrée}}}{E_{\text{sortie}}}$$

- ▶ Malheureusement : inverse de l'efficacité énergétique en physique...

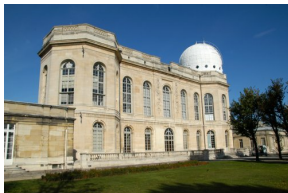
$$\text{Efficacité} = \frac{E_{\text{sortie}}}{E_{\text{entrée}}}$$

- ▶ $\text{Efficacité} \in [0, 1]$, $PUE \in [1, +\infty[$

PUE	Qualitativement	Typiquement
1,0	parfait	serveur sans clim ni onduleur
1,1	très bon	<i>free cooling</i> direct
1,5	bon	salle moderne, clim classique, compartimentée
2,0	mauvais	salle ancienne
3,0	très mauvais	salle ancienne énergivore
$+\infty$	désastreux	salle sans serveur ☺

Contexte : Observatoire de Paris

- ▶ Fondé en 1667, l'Observatoire de Paris est le plus grand pôle national de recherche en astronomie
- ▶ 30 % des astronomes français
- ▶ 3 sites géographiques : Paris 14^e, Meudon et Nançay
- ▶ 6 unités mixtes de recherches
- ▶ Membre fondateur de l'Idex PSL



Genèse du projet : La situation vers 2006

- ▶ 3 salles machines pour la DIO
- ▶ ≈ 15 salles machines pour les laboratoires
- ▶ Climatisations mal dimensionnées
- ▶ Salles pas adaptées à l'explosion du calcul numérique.



Genèse du projet : Salle de Paris

À partir de 2008, association de trois laboratoires et de la DIO pour faire une salle mutualisée.

- ▶ 25 m² (baies) + 10 m² (production froid)
- ▶ 9 baies 42 U = 378 U
- ▶ Cloisonnement allée chaude/allée froide
- ▶ 4 InRow (N+1)
- ▶ 2 groupes froids de 20 kW chacuns
- ▶ 40 kW max
- ▶ Onduleur de 40 kVA
- ▶ 2 PDU de 32 A par baie
- ▶ **PUE $\approx$ 1,4**



Genèse du projet : Salle de Paris

Contraintes

Localisation imposée :

- ▶ Salle au premier étage d'un bâtiment de 8 étages
- ▶ Groupes froids dans une pièce attenante et pas à l'extérieur
- ▶ Contraintes sur la charge au sol ($\approx 400 \text{ kg/m}^2$)
- ▶ Un appartement privé sous la salle, une salle de cours en face

Genèse du projet : Salle de Paris

Organisation technique et humaine

- ▶ Site web et liste de diffusion
- ▶ Affichage clair (papier !) des contacts d'urgence, contraintes physiques et machines critiques
- ▶ Ménage et contrôle tous les quinze jours (tour de rôle)
- ▶ Réunions trimestrielles des copropriétaires
- ▶ Supervision et métrologie des données clés :
 - ▶ Température
 - ▶ Puissance électrique et PUE
 - ▶ Climatisation
 - ▶ Onduleur
 - ▶ Remontées d'alarme vers les copropriétaires
 - ▶ Remontées d'alarme vers le poste de garde en cas de défaut majeur

Genèse du projet : Salle de Paris

Difficultés rencontrées et erreurs de conception

- ▶ Réalisation en plusieurs étapes :
 - ▶ 2 tranches climatisation,
 - ▶ nouvelle tranche électricité (mauvais dimensionnement initial).
 - ▶ 3 ans de travaux avant stabilisation.
- ▶ Investissement total très sous-estimé (d'un facteur 4)
- ▶ 0,5 ETP sur 5 ans
- ▶ Problèmes récurrents avec la climatisation :
 - ▶ 5 fuites de gaz réfrigérant
 - ▶ Nombreuses réparations sur les InRows
 - ▶ Problème de calorifugeage des groupes froids
 - ▶ Grilles d'entrée et de sortie d'air mal orientées
- ▶ Contrat de maintenance préventive et non pas curative.
- ▶ Un électricien d'un prestataire a commis une imprudence qui lui a été fatale.

Genèse du projet : Salle de Meudon

Expérimentation de *free cooling* en sous-sol

- ▶ 2011 : salle de Meudon saturée
- ▶ Installation dans une cave de deux baies munies de portes à extracteur d'air
- ▶ **PUE $\approx 1,1$**



Genèse du projet : Explosion des besoins

- ▶ Augmentation de la pression sur les salles machines :
 - ▶ fin 2008 : projet de mésocentre financé par la région Île-de-France
 - ▶ 2010 : nœud de la grille EGI
- ▶ Étude de deux scénarios : salle en dur et conteneur
- ▶ Préférence initiale pour la salle en dur (plus durable, plus polyvalente). AMOA pour en étudier la réalisation et remplacement du transformateur électrique pour préparer l'évolution.



Genèse du projet : Explosion des besoins

Projet de mésocentre, projet européen

- ▶ Augmentation de la pression sur les salles machines :
 - ▶ Début 2011 : projet européen à héberger
 - ▶ 2011 : le projet de mésocentre est mutualisé avec PSL et sélectionné par Equip@Meso
- ▶ Tout doit être prêt en un an :
 - ▶ Choix d'un conteneur pour héberger le calcul scientifique à Meudon
 - ▶ Permettra de fermer des petites salles machines
 - ▶ Mais report de la rénovation de la salle machine principale à plus tard



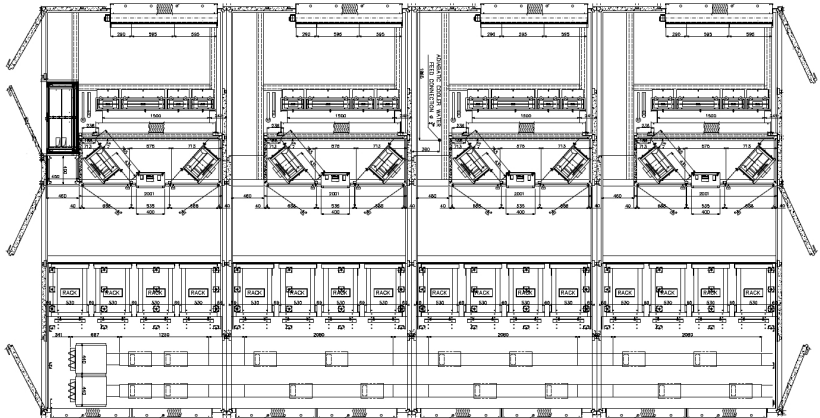
Bilan de l'expérience accumulée

- ▶ Voir grand tout de suite pour ne pas refaire des travaux tous les ans
- ▶ Le *free cooling* fonctionne
- ▶ Les kW vont s'accumuler, le kWh va augmenter
⇒ PUE le plus faible possible
- ▶ Les pannes proviennent surtout de la climatisation « classique »

Conteneur : Appel d'offres

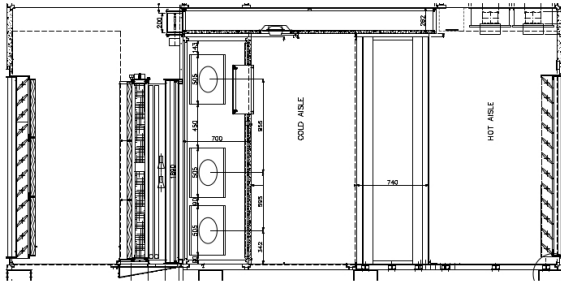
- ▶ Presque 6 mois de rédaction du CCTP, avec les contraintes suivantes :
 - ▶ Une seule source électrique
 - ▶ Pas d'onduleur général (salle dédiée au calcul scientifique)
 - ▶ Besoin de 200 kW froid tout de suite et de 400 kW froid à terme
 - ▶ Maintenance sur 8 ans
 - ▶ Accent mis sur le PUE
 - ▶ Les lots BTP et électricité sont exclus de l'appel d'offre
- ▶ 6 réponses avec 5 technologies différentes
- ▶ Choix très difficile : opposition entre scientifiques qui préfèrent une solution éprouvée et ingénieurs qui préfèrent une solution sans circuit d'eau glacée
- ▶ L'Observatoire de Paris choisit finalement l'Ice Cube Air de SGI

Plan de principe (dessus)



Conteneur : Le fonctionnement en détail

Plan de principe (côté)



Conteneur : Chantier

Hiver 2012 : Préparation

- ▶ Décembre 2011 :
Notification de l'appel
d'offres. réunion
préparatoire
- ▶ Janvier 2012 :
préparation du terrain
(arrachage de deux
arbres)
- ▶ Février 2012 :
préparation des
commandes
(électricité, béton,
canalisation, réseau)



Conteneur : Chantier

Mars 2012 : BTP



Conteneur : Chantier

Mars 2012 : BTP



Conteneur : Chantier

Avril 2012 : Livraison du conteneur



Conteneur : Chantier

Avril 2012 : Livraison du conteneur



Conteneur : Chantier

Avril 2012 : Livraison du conteneur



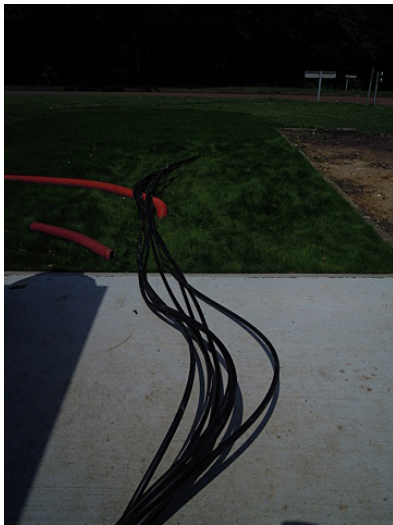
Conteneur : Chantier

Mai 2012 : Électricité



Conteneur : Chantier

Mai 2012 : Électricité (la catastrophe)



Conteneur : Chantier

Mai 2012 : On connecte le conteneur avec 1/3 des câbles



Conteneur : Chantier

Juin 2012 : Électricité suite



Conteneur : Chantier

29 Juin 2012 : Recette

- ▶ Les travaux sont finis et la totalité des câbles est connectée
- ▶ La recette est validée à trois détails près
- ▶ Nous prenons possession du conteneur
- ▶ Champagne !

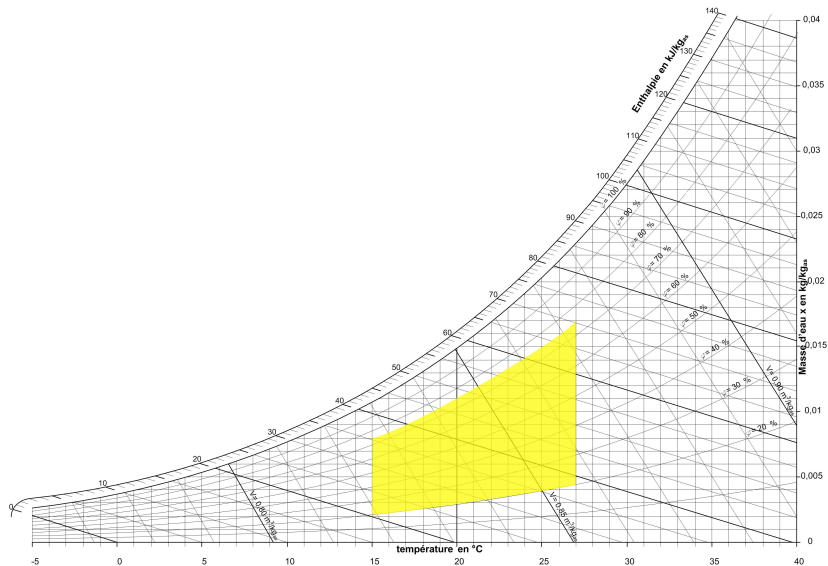
Conteneur : Le fonctionnement en détail

Filtres



Conteneur : Le fonctionnement en détail

Refroidissement adiabatique



Conteneur : Le fonctionnement en détail

Électricité



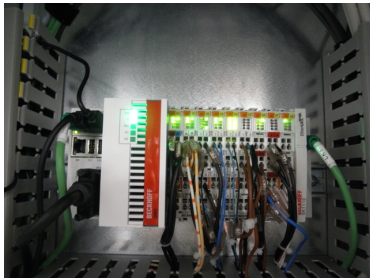
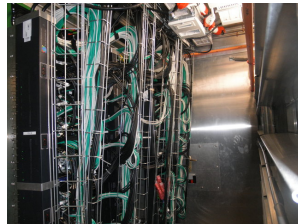
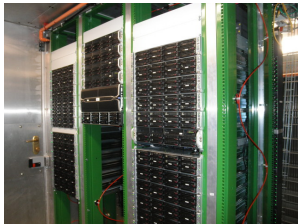
Conteneur : Le fonctionnement en détail

Protection anti-incendie



Conteneur : Le fonctionnement en détail

Baies, Volets et Contrôles



Conteneur : Le fonctionnement en détail

Interface d'administration



Conteneur : Bilan de l'installation

Erreurs

- ▶ Dans l'appel d'offres
 - ▶ Transformateur remplacé il y a 3 ans, déjà sous-dimensionné par rapport au conteneur
 - ▶ Lots BTP et électricité auraient dû être intégrés
 - ▶ Oubli de demander la participation de l'ingénieur sécurité
- ▶ Dans la réalisation
 - ▶ Pas assez d'espace autour de la dalle béton pour la manutention des modules
 - ▶ Fourreaux inadaptés au passage des câbles
 - ▶ Problèmes de compréhension mutuelle entre service informatique et logistique

Conteneur : Bilan de l'installation

Finances

- ▶ Montage financier compliqué : 4 sources avec des contraintes différentes
- ▶ Budget des aménagements complémentaires nettement sous-estimé
- ▶ Refacturation interne à finaliser
- ▶ Solution prévue pour 8 ans : les besoins ont été (pour l'instant !) très sur-estimés
- ▶ Opposition entre scientifiques et ingénieurs sur l'hébergement de projets extérieurs

Conteneur : Bilan de l'installation

Problèmes

- ▶ Pannes à répétition sur les PDU
⇒ intervention générale
- ▶ Un capteur de température donnait des résultats aberrants
⇒ remplacement
- ▶ On entend nettement le bruit des machines à l'extérieur du conteneur
⇒ solution à l'étude
- ▶ Intégration à notre plate-forme de supervision : remontées par Modbus et pas SNMP
⇒ on attend la nouvelle version du logiciel

Conteneur : Bilan de l'installation

Aménagements complémentaires

- ▶ Étiquetage général
- ▶ Pose de disjoncteurs différentiels sur les lumières et les moteurs
- ▶ Pose de logos
- ▶ Ajout du contrôle d'accès
- ▶ Pose de guide-câbles en allée chaude
- ▶ L'organisation humaine et technique d'exploitation se met en place

Conteneur : Retour d'expérience

Les machines hébergées :

- ▶ MesoPSL (équipex Equip@Meso)
- ▶ Momentum (projet européen)
- ▶ Grappe de calcul DIO
- ▶ Nœud de la grille EGI
- ▶ Grappes de calcul des laboratoires

Environ 75 kW installés aujourd'hui, avec un **PUE mesuré de 1,02**

Très satisfaits pour l'instant !

A-t-on assez de recul ?

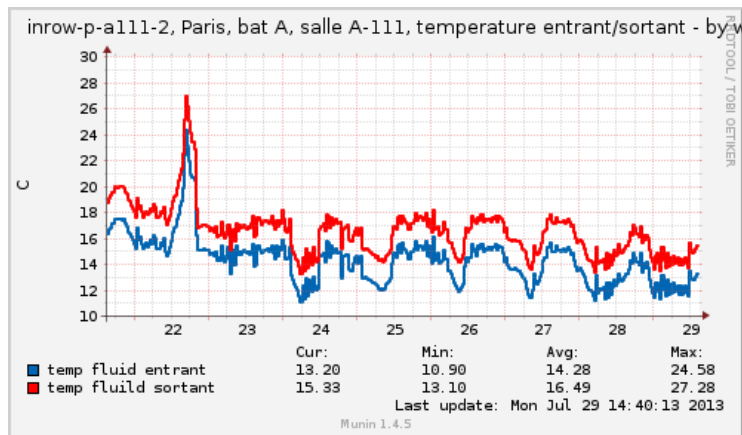
- ▶ Seule salle machine qui a passé l'été 2013 sans incident
- ▶ Trop tôt pour juger de l'impact sur les machines

Conteneur : Retour d'expérience Été 2013



Conteneur : Retour d'expérience

En même temps, dans la salle compartimentée...



Merci pour votre attention