

Complexe de calcul du CEA

Optimisation et suivi énergétique

Jean-Marc DUCOS (*jean-marc.ducos@cea.fr*)

- **Présentation du complexe de calcul du CEA**
- **Infrastructures techniques du TGCC**
- **Optimisation de l'efficacité énergétique**
- **Mise en place d'un système de suivi énergétique**
- **Synthèse sur la démarche d'optimisation énergétique**

Complexe de calcul du CEA

CEA/DIF (Bruyères-Le-Châtel)



Evolution des puissances des centres de calcul du CEA



TERA

Capacité électrique du bâtiment : **10 MW**

Capacité de refroidissement du bâtiment : **7.5 MW**

2005 : TERA10

Computing power : 60 Tflops – 2 MW (IT)

Air cooling : 5 to 8 kW / rack

2010 : TERA100

Computing power : 1.25 Pflops – 4 MW (IT)

Water cooling : 30 kW / rack



Très Grand Centre de Calcul – TGCC

Capacité électrique du bâtiment : **15 MW**

Capacité de refroidissement du bâtiment : **10 MW**

TIER0 - PRACE

2011 : Curie computer

Computing power : 2 Pflops – 2 MW (IT)

Water cooling : 30 to 40 kW / rack

CCRT

2009 : CCRTB Upgrade

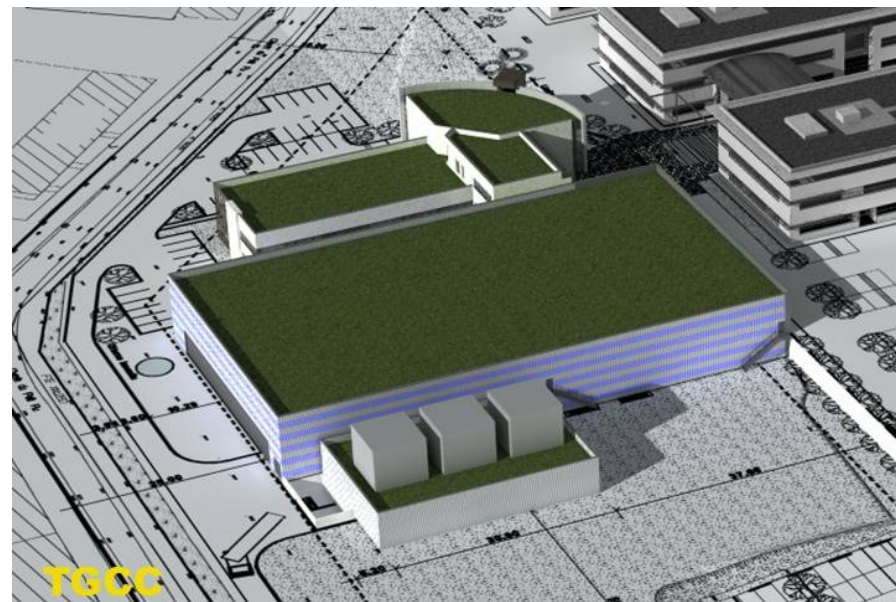
Computing power : 350 Tflops – 1.5 MW (IT)

Water cooling : 30 kW / rack

2012 : CCRTC (200 Tflops)

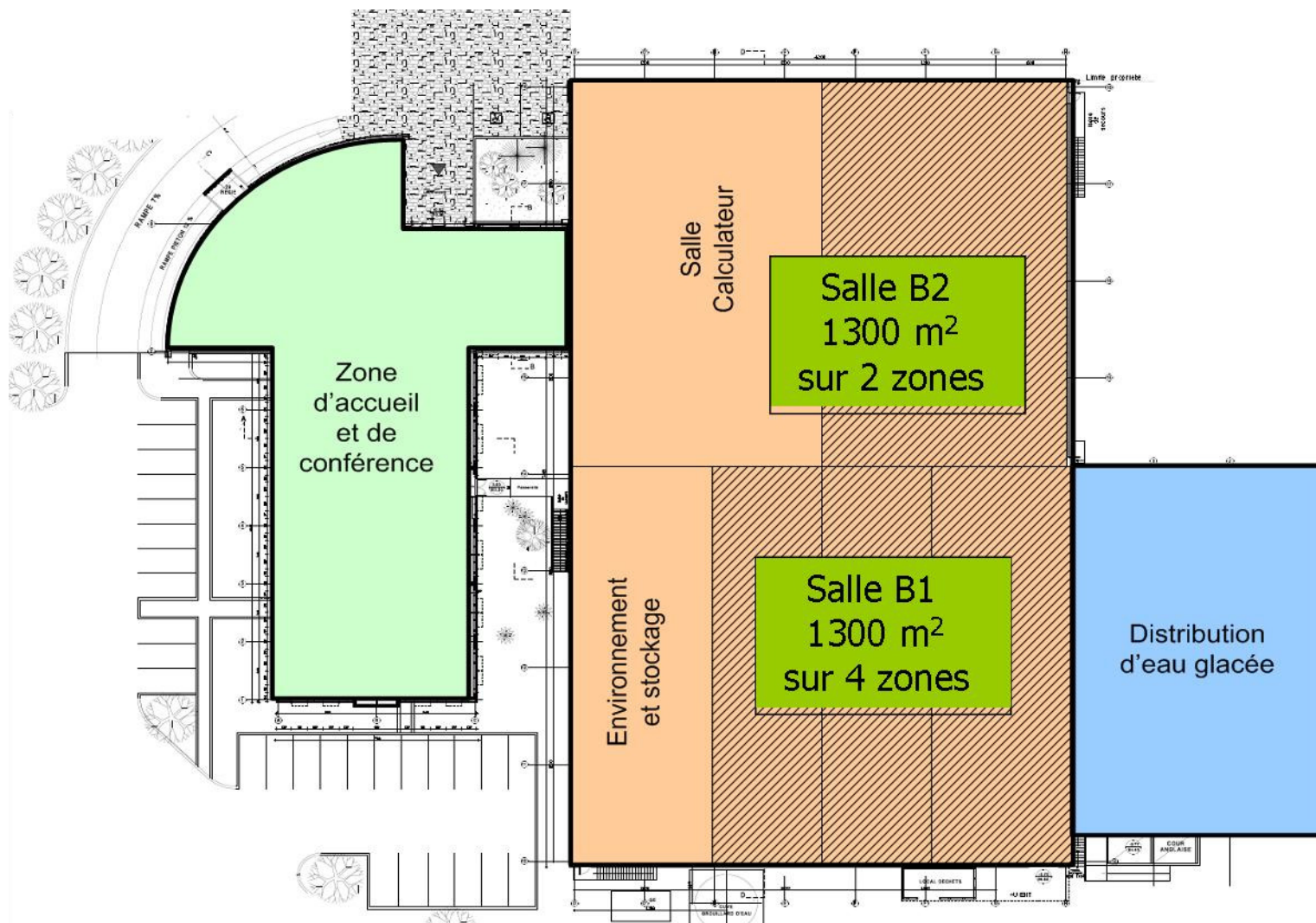
- **Présentation du complexe de calcul du CEA**
- **Infrastructures techniques du TGCC**
- **Optimisation de l'efficacité énergétique**
- **Mise en place d'un système de suivi énergétique**
- **Synthèse sur la démarche d'optimisation énergétique**

- Ligne électrique HTB : 60 MW (enterrée)
- Refroidissement par air ou eau
- Refroidissement et puissance électrique conçus pour
 - 7.5 MW d'équipements informatiques en phase 1 (2010/11)
 - 12 MW en phase 2 (2014)
- 2 salles informatiques de 1300 m²
- Locaux techniques : 3000 m²



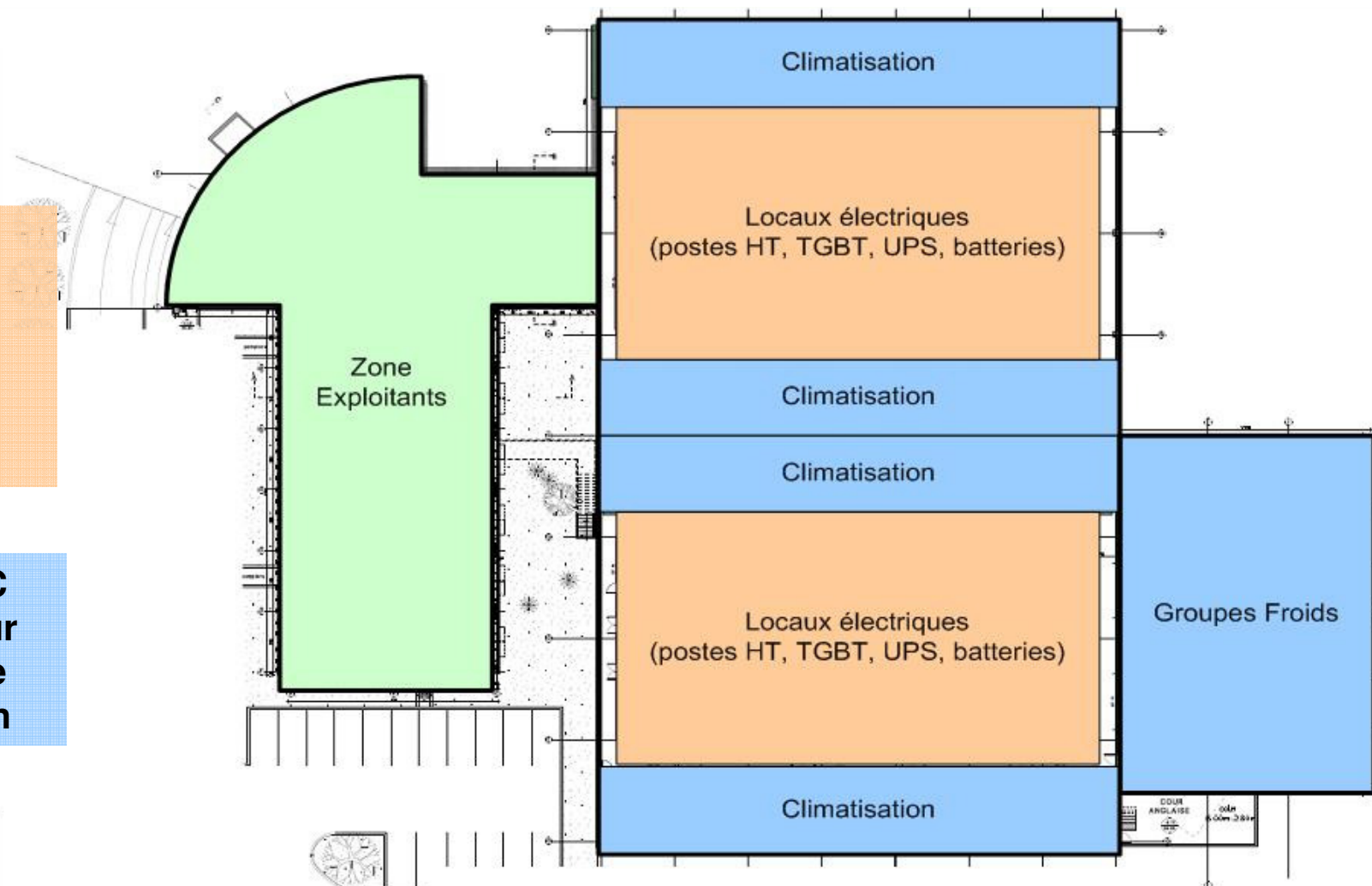
- Zone de conférence de 200 places
- Espace de 2100 m² pour les échanges scientifiques

Rez-de-Chaussée du TGCC



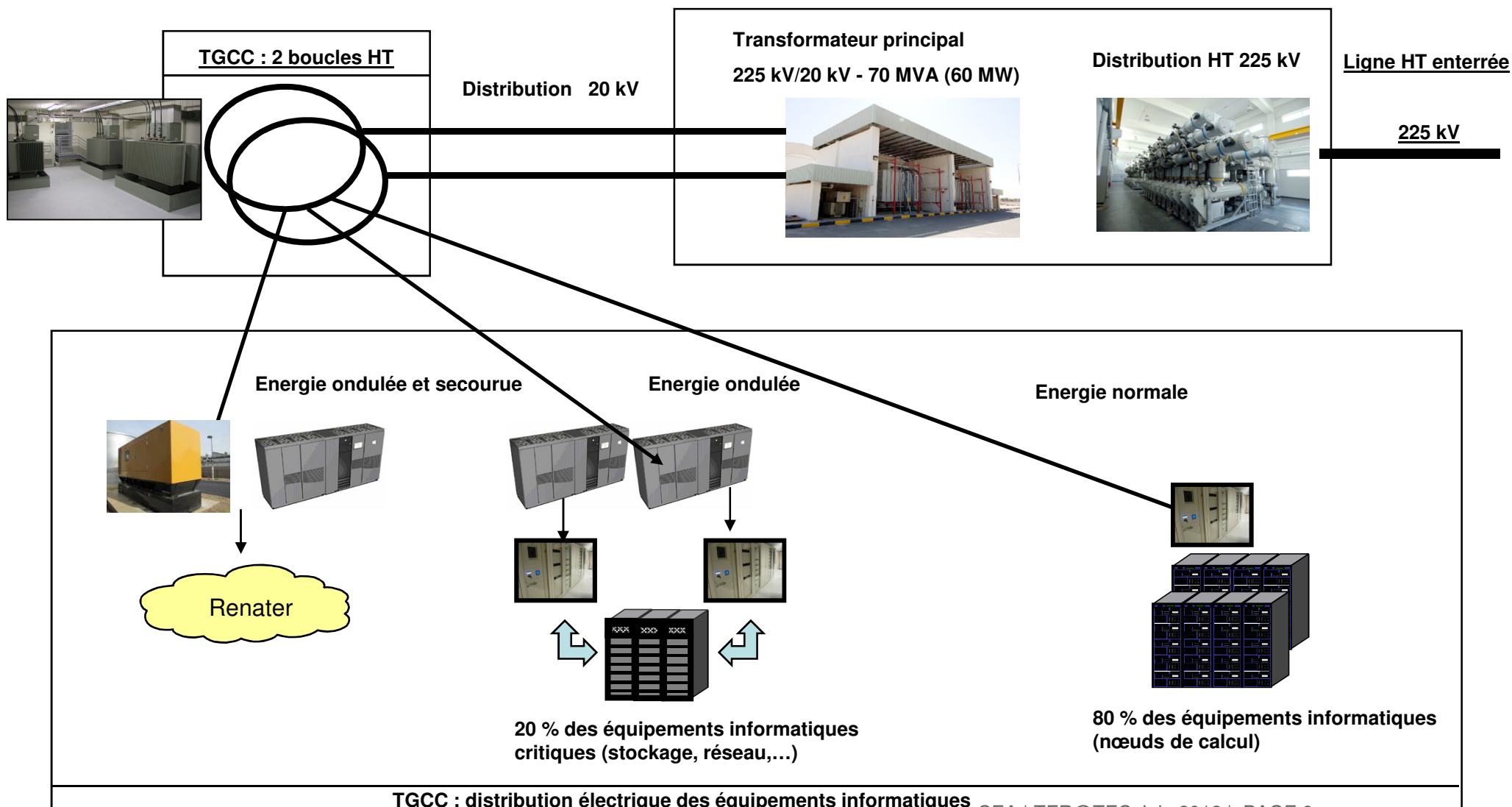
Locaux CFO
870 m²
5 postes
HTB/TGBT
4 Salles
onduleurs

Locaux CVC
990 m², pour
centrales de
climatisation

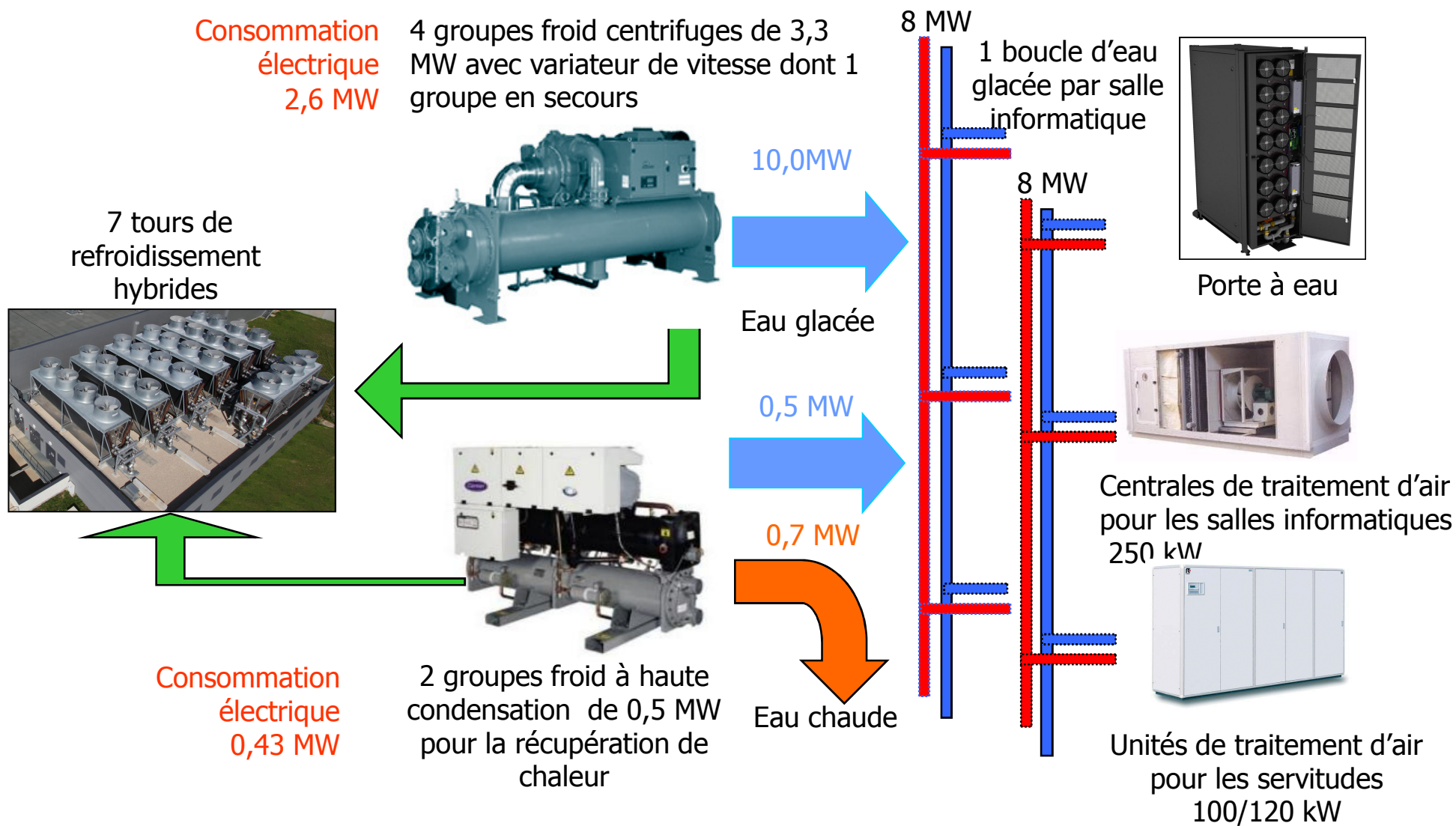


TGCC : Alimentation électrique

Poste petit Bois - Poste électrique blindé



TGCC : Refroidissement



TGCC : Principe de la récupération de chaleur

Groupe froid à haute condensation

Production eau froide : 500 KW

Production eau chaude : 700 KW



T. aller 9°
T. retour 15°



Calculateurs

T. aller 55°
T. retour 47°



Tour de refroidissement
hybride (air/eau)



Echangeurs

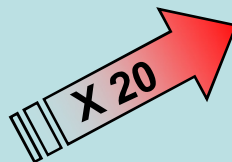
T. aller 50°
T. retour 42°



Bureaux du
TGCC

PROJET :
Eco-quartier
Bruyères-le-Châtel

- **Présentation du complexe de calcul du CEA**
- **Infrastructures techniques du TGCC**
- **Optimisation de l'efficacité énergétique**
- **Mise en place d'un système de suivi énergétique**
- **Synthèse sur la démarche d'optimisation énergétique**

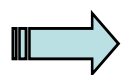


TERA10 : 60 Tflops

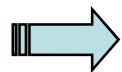
Puissance machines : ± 2 MW
Dissipation par rack : 5 à 8 kW par rack
Dissipation au m^2 : env. 2 kW / m^2

TERA100 : 1250 Tflops

Puissance machines : ± 4 MW
Dissipation par rack : env. 30 kW par rack
Dissipation au m^2 : env. 8 kW / m^2



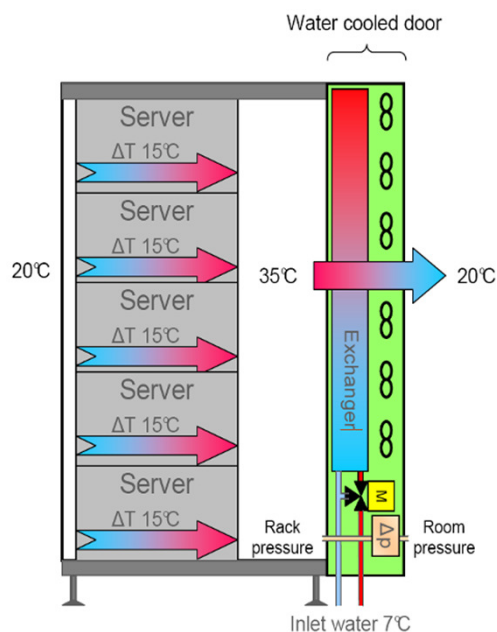
Puissance de calcul multipliée par 20



Consommation électrique des équipements informatiques multipliée par 2

1 Tflops TERA100 consomme de l'ordre de 10 fois moins que 1 Tflops TERA10

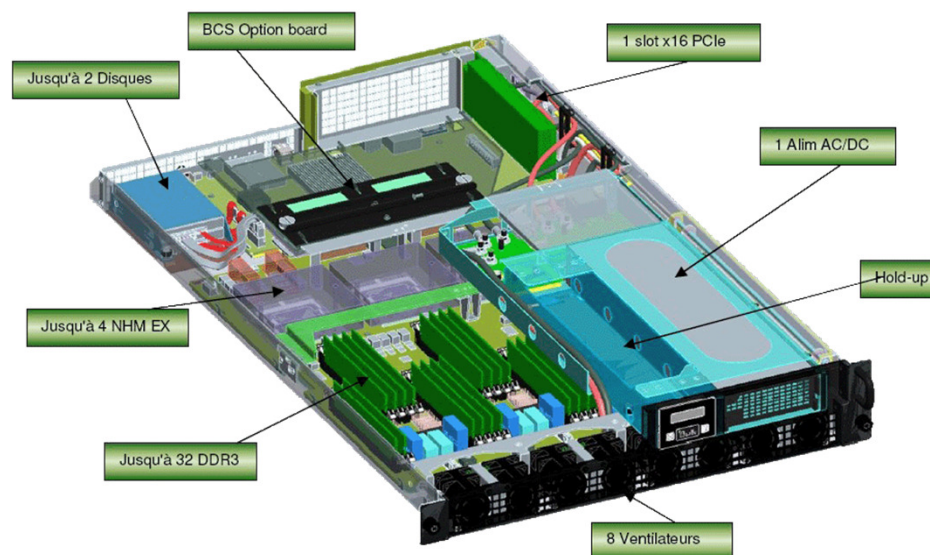
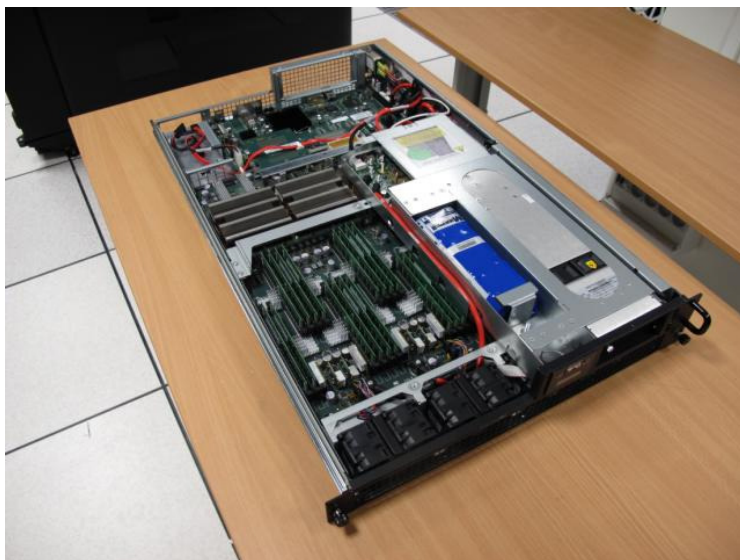
● Système de refroidissement par eau avec un échangeur intégré au rack



● Fonctionnement de la porte à eau BULL

- Transparente pour la salle : contrôle de température de sortie d'air (20°C par exemple) par régulation du débit d'eau froide dans l'échangeur (vanne 3 voies ou vannes 2 voies)
- Transparente pour les serveurs : Le débit des ventilateurs de la porte est régulé pour être équivalent à celui des matériels du rack (capteur de pression)

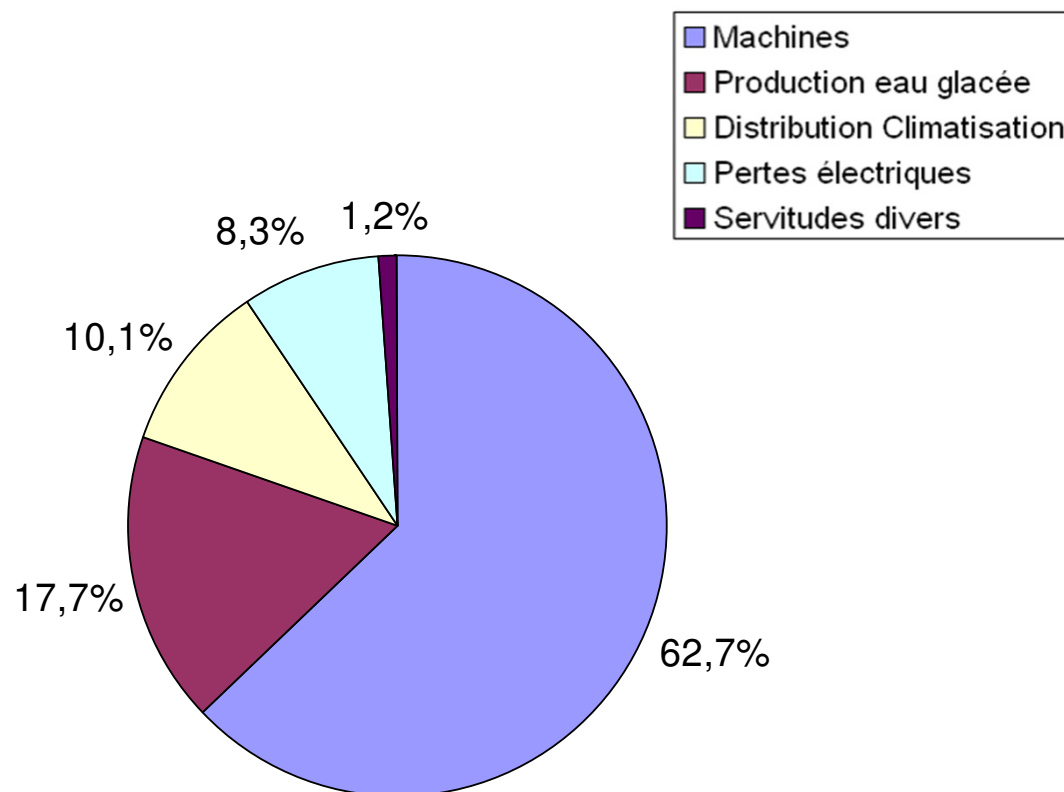
- Utilisation d'onduleurs statiques uniquement pour les équipements critiques (disques, réseaux, serveurs d'administration)
- Utilisation d'ultra-capacités dans les nœuds de calcul pour palier aux microcoupures inférieures à 300 ms (80 à 90% de la consommation électrique des équipements IT)
- Rendement global des ultra-capacités (>99,8 %) bien supérieur à celui d'un UPS statique (de l'ordre de 90%)



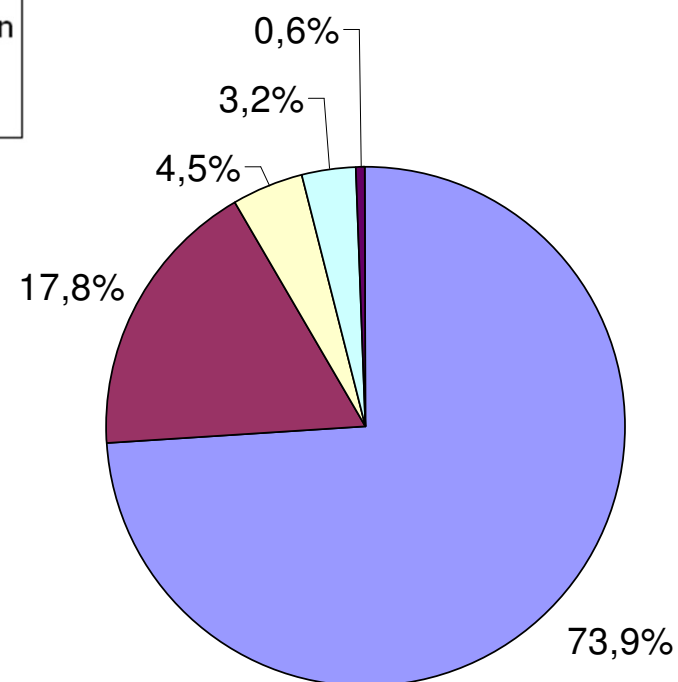
Evolution du PUE : Exemple TERA10 vs TERA100

$$PUE = \frac{P_{Total}}{P_{IT}}$$

PUE TERA10 = 1.6



PUE TERA100 = 1.35

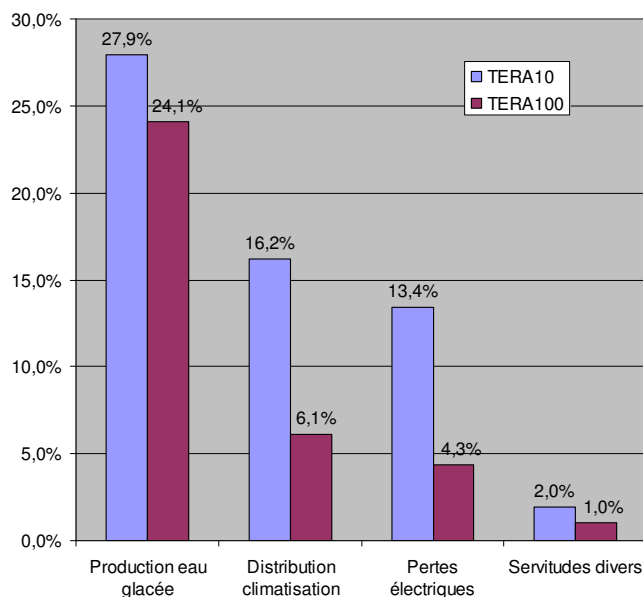


Gains estimés par poste

Extrapolation des gains* réalisés sur T100 avec un PUE de 1,6 au lieu de 1,35

	TERA10 PUE 1.6 (Réal)		TERA100 PUE 1.6 (Virtuel)		TERA100 PUE 1.35 (Réal)		Gain
Equip. Informatiques	1 790 kW	100,0%	3 450 kW	100,0%	3 450 kW	100,0%	
Production eau glacée	500 kW	27,9%	965 kW	27,9%	830 kW	24,1%	14%
Distribution climatisation	290 kW	16,2%	560 kW	16,2%	210 kW	6,1%	62%
Pertes électriques	240 kW	13,4%	465 kW	13,4%	150 kW	4,3%	68%
Servitudes divers	35 kW	2,0%	65 kW	2,0%	35 kW	1,0%	48%

(* Puissance moyennée sur la période de calcul du PUE)



**Distribution de la consommation des équipements
TERA10 vs TERA100**

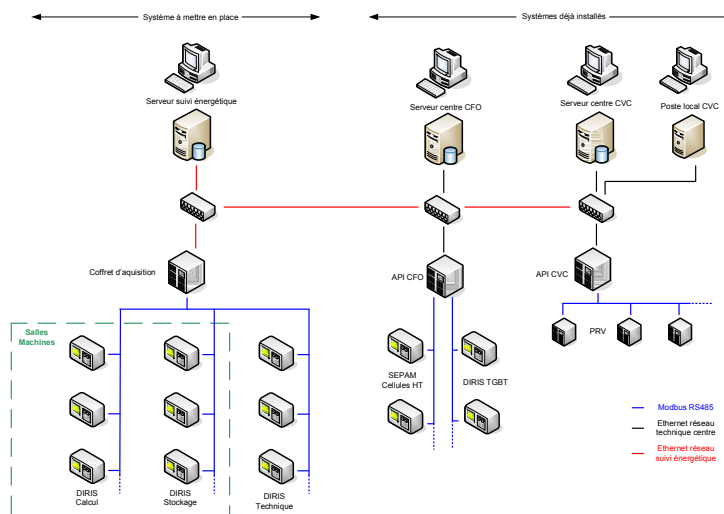
- Production eau glacée (14%) = 135 kW
- Distribution climatisation (62%) = 350 kW
- Pertes électriques (68%) = 315 kW
- Servitudes divers (48%) = 30 kW
- Gain sur un an pour TERA100 ± 500 000 €

- **Optimisation des installations en service**
 - Etude fine de la variation du PUE en fonction de différents paramètres
 - ✉ Configuration des servitudes
 - ✉ Charge des machines informatiques
 - ✉ Conditions météorologiques
 - Modification des contraintes environnementales dans les salles informatiques et les locaux servitudes (Température, Hygrométrie)
 - Optimisation de la production d'eau glacée (Température, Delta T°, Débit)
 - Optimisation de la distribution de l'air (confinement des allées froides)
- **Axes d'optimisations à venir**
 - Augmentation de la densité de calcul (80kW/baie)
 - Refroidissement à l'eau tiède (suppression des groupes froids)
 - ➔ $PUE < 1.2$
- **Pour pouvoir maîtriser les optimisations énergétiques il devient indispensable de mettre en place un outil de monitoring.**

- **Présentation du complexe de calcul du CEA**
- **Infrastructures techniques du TGCC**
- **Optimisation de l'efficacité énergétique**
- **Mise en place d'un système de suivi énergétique**
- **Synthèse sur la démarche d'optimisation énergétique**

Présentation du système de suivi énergétique

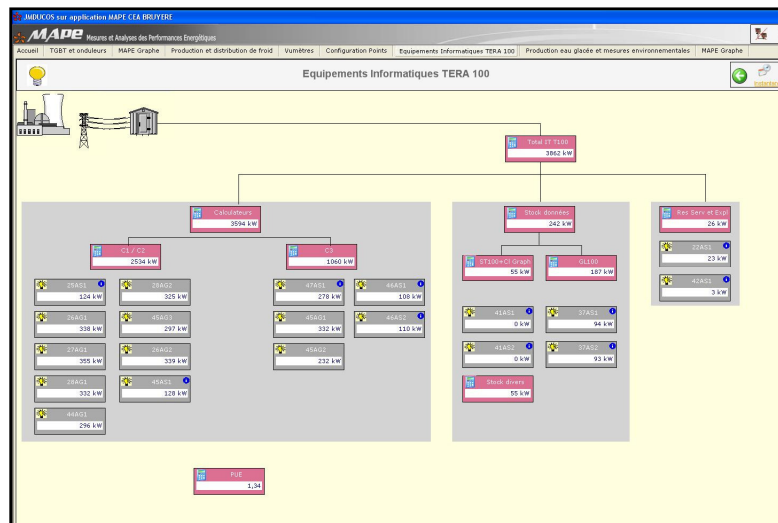
- **But**
Suivre et analyser l'ensemble des consommations d'énergie pour mettre en place une démarche d'optimisation réaliste et porteuse de résultats.
- **Solution retenue**
Mise en œuvre de l'offre « Optimisation Energie et Fluide » d'EDF avec l'outil MAPE



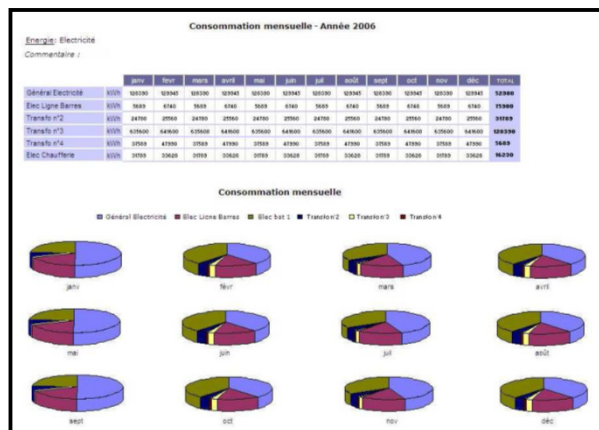
Informations collectées :

- Mesures de la consommation électrique en provenance des équipements informatiques et des servitudes (53 centrales de mesures DIRIS sur les armoires électriques)
- 30 mesures en provenance de la GTC CVC
 - Mesures d'ambiance dans les salles (Température, hygrométrie)
 - Paramètres de la production d'eau glacée (Température, débit)

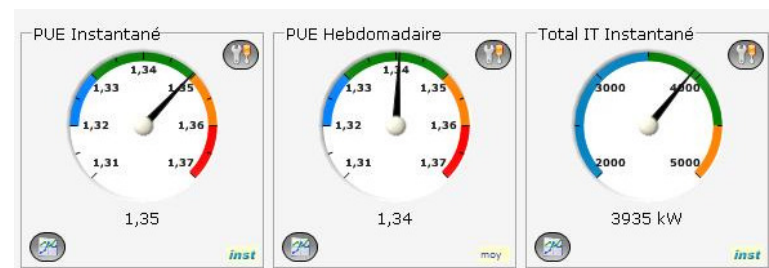
Synoptiques



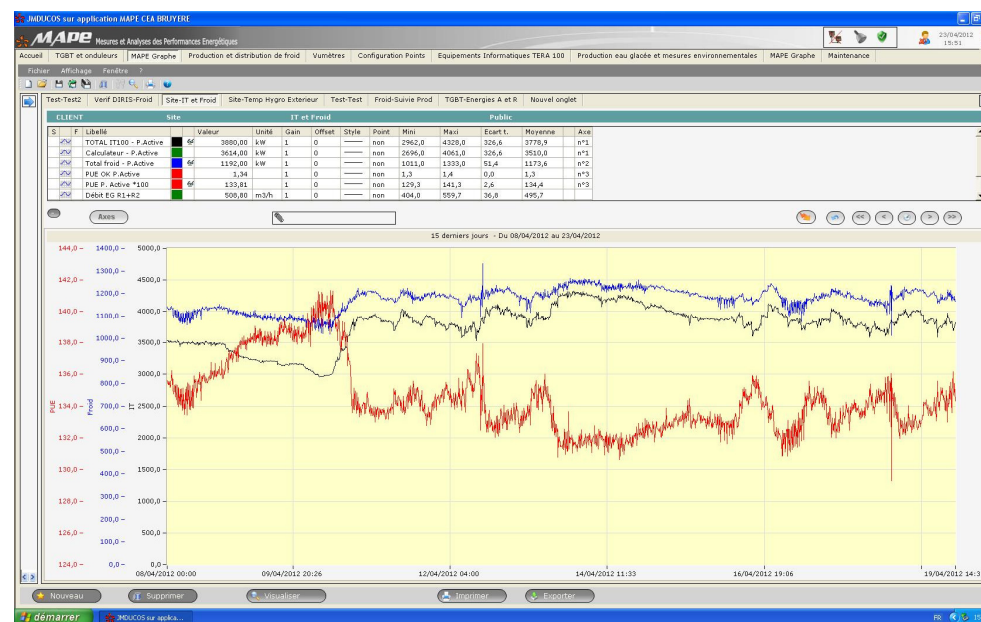
Rapports



Vumètres



Analyses détaillées



- **Présentation du complexe de calcul du CEA**
- **Infrastructures techniques du TGCC**
- **Optimisation de l'efficacité énergétique**
- **Mise en place d'un système de suivi énergétique**
- **Synthèse sur la démarche d'optimisation énergétique**

- **2010-2011 : une période de transition**
 - Mise en œuvre des différentes solutions d'optimisation énergétique
 - Mise en place d'un outil de suivi énergétique
- **2012 : une année d'optimisation des installations existantes**
 - Maîtrise des mesures et amélioration du PUE
 - Finalisation du dossier de soumission au [Code de Conduite Européen](#) (Certification en cours)
- **2013-2014 : une période de recherche et développement**
 - Etudes d'optimisations pour les nouvelles générations de calculateurs
 - ✉ Augmentation de la densité
 - ✉ Refroidissement des serveurs à l'eau chaude

Objectif : PUE < 1.2

- **Merci pour votre attention**
- **Avez-vous des questions ?**

- **Lancé en novembre 2008 par l'Europe**
- **Centré sur l'amélioration de l'efficacité énergétique de l'infrastructure du data center et de ses équipements informatiques**
- **Programme d'envergure mondiale reposant sur les contributions de fournisseurs, d'experts industriels, de chercheurs et d'opérateurs de Data Centers. *(Créé par l'UE mais adopté par un large éventail : Microsoft, Green Grid, Intel, IBM, BT, ... Actuellement 50 participants et 150 Endorsers)***
- **Démarche volontaire mais pour combien de temps ?
Normes en cours d'élaboration pour les TIC (Équipement informatique + télécoms + électronique grand public)**

- **Elaborer le dossier de soumission à la commission européenne (finalisation pour début 2012)**
- **S'engager à adopter et mettre en œuvre certaines des recommandations du code de conduite.**
- **Rendre compte, annuellement et à titre confidentiel, de sa position vis-à-vis de l'ensemble des bonnes pratiques.**
- **Calculer de manière régulière la performance énergétique, sous la forme de l'indicateur PUE et communiquer cette information annuellement à la commission européenne.**
- **Mettre en place un plan d'action pour améliorer en continu l'efficacité énergétique.**