

Audit type de datacenter **réalisé par la société EduWatt**

1. Instrumentation mise en œuvre :

Analyseur de réseau : Chauvin Arnoux 8334, 8230
Pincés ampèremétriques : C.A. MN 93, Ampflex
Oscilloscope : Fluke 199C

2. Objet de l'étude

Afin de qualifier la qualité de l'énergie sur l'ensemble de la chaîne d'alimentation électrique du datacenter, et d'en identifier les éventuels nœuds de fiabilité, nous avons procédé à :

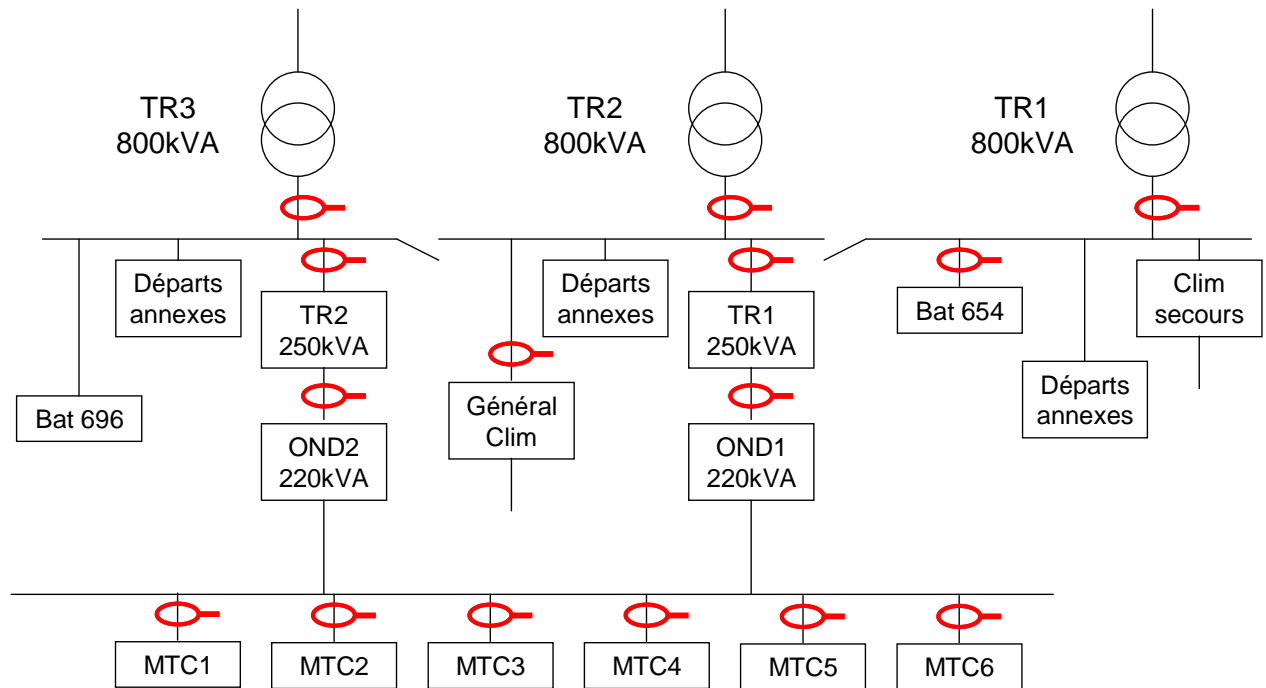
- la réalisation d'un bilan de puissance sur l'ensemble de la chaîne d'alimentation afin :
 - o de connaître de façon précise les puissances mises en jeu en aval des transformateurs et en aval des ASI (onduleur) ;
 - o de déterminer la robustesse de la chaîne d'alimentation (présence éventuelle de nœuds de fiabilité dans tous les modes de fonctionnement : fonctionnement normal et tous modes de fonctionnement dégradés (GE...)) ;
 - o de déterminer la puissance restant disponible tout en conservant la redondance 1+1 en aval des onduleurs (en vue d'une éventuelle augmentation de charge) ;
 - o de confirmer la faisabilité d'installation de nouvelles armoires divisionnaires pour mettre à disposition une deuxième alimentation aux serveurs offrant la possibilité de se connecter en double alimentation alors que le fonctionnement, à ce jour, se fait sous alimentation simple.

- l'analyse de faisabilité pour la mise en place d'un système de surveillance des grandeurs électriques pertinentes en aval de chacune des armoires terminales d'alimentation des serveurs, et définition d'un tableau de bord ;

- un audit de vos salles serveurs afin d'anticiper les modifications à venir et de faire face à l'évolution rapide des caractéristiques serveurs, notamment en terme de consommation énergétique. Définition pour chacune des salles :
 - o du % d'occupation au sol ;
 - o de la puissance consommée au m² ;
 - o de la disponibilité en alimentation électrique (identification des sources d'alimentation critiques) ;
 - o de la disponibilité en climatisation ;
 - o du rendement énergétique (alimentation et climatisation).

3. Présentation schématique de la distribution électrique et de l'implantation des salles serveurs du datacenter

3.1. Schéma de principe de la distribution électrique



*Schéma de principe de la distribution électrique
Les pincettes en rouge représentent les différents points de mesure*

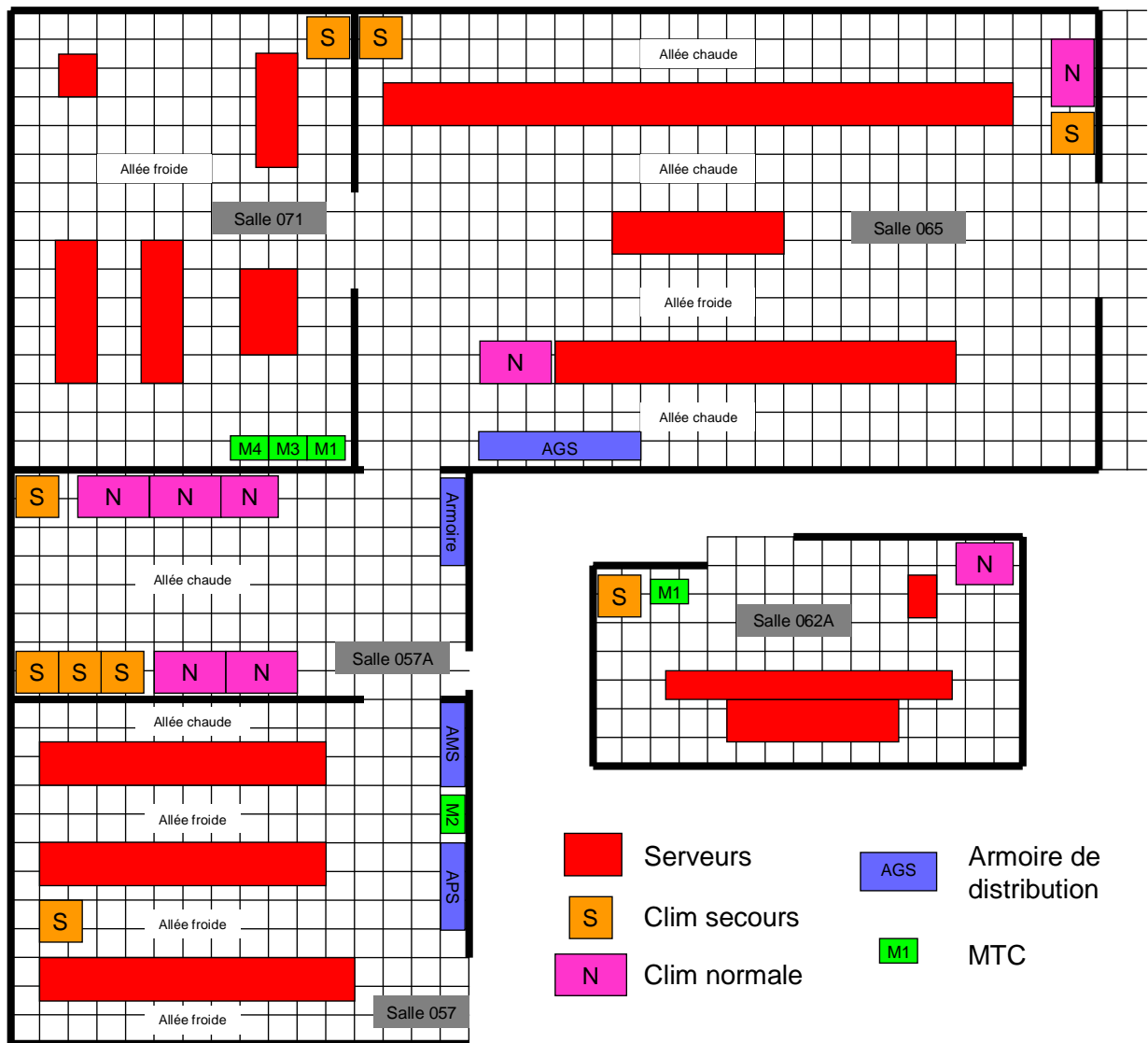


Schéma d'implantation des serveurs et des blocs de climatisation dans les différentes salles serveurs

4. Analyse de la qualité de l'énergie sur l'ensemble de la chaîne d'alimentation

4.1. Aval des transformateurs HT/BT 800kVA

Aval TR1

Tensions Simples	Urms (V)	Irms (A)	S (kVA)	P (kW)	Q(kVAr)	D (kVAd)	DPF	PF	ThdU (%)	ThdI (%)	I 50Hz (A)	Dec	Tensions Composées	Urms (V)	ThdU (%)
Phase 1	235,25	81,07	19,07	17,81	5,22	4,38	0,96	0,93	2,24	22,99	78,88	1,078	U12	406,76	2,17
Phase 2	234,67	72,55	17,03	16,15	4,29	3,26	0,97	0,95	2,07	18,07	71,18	1,046	U23	406,62	2,04
Phase 3	235,03	85,02	19,98	18,33	6,44	4,67	0,94	0,92	2,18	19,77	82,70	1,072	U31	407,63	2,21
Total			56,08	52,29	15,95	12,32									

Aval TR2

Tensions Simples	Urms (V)	Irms (A)	S (kVA)	P (kW)	Q(kVAr)	D (kVAd)	DPF	PF	ThdU (%)	ThdI (%)	I 50Hz (A)	Dec	Tensions Composées	Urms (V)	ThdU (%)
Phase 1	233,81	247,95	57,97	50,09	28,83	4,59	0,87	0,86	1,62	8,10	247,12	1,018	U12	404,51	1,61
Phase 2	233,26	254,70	59,41	51,54	29,22	4,40	0,87	0,87	1,69	7,75	253,94	1,018	U23	403,90	1,78
Phase 3	233,45	253,83	59,26	50,82	30,04	5,17	0,86	0,86	1,79	8,23	252,79	1,019	U31	404,93	1,71
Total			176,64	152,45	88,09	14,15									

Aval TR3

Tensions Simples	Urms (V)	Irms (A)	S (kVA)	P (kW)	Q(kVAr)	D (kVAd)	DPF	PF	ThdU (%)	ThdI (%)	I 50Hz (A)	Dec	Tensions Composées	Urms (V)	ThdU (%)
Phase 1	234,51	195,42	45,83	40,71	20,92	2,31	0,89	0,89	1,87	4,25	195,22	1,005	U12	405,30	1,88
Phase 2	233,51	203,91	47,61	42,39	21,63	1,53	0,89	0,89	2,00	2,71	203,84	1,004	U23	404,46	2,16
Phase 3	233,84	228,70	53,48	47,88	23,54	3,71	0,90	0,90	2,24	4,77	228,20	1,010	U31	405,89	2,05
Total			146,92	130,98	66,09	7,55									

Les transformateurs HT/BT d'une puissance nominale de 800kVA chacun, sont très largement sur-dimensionnés par rapport à la charge qu'ils alimentent :

- Le transformateur TR1 est chargé à 7% de sa puissance nominale
- Le transformateur TR2 est chargé à 22% de sa puissance nominale
- Le transformateur TR3 est chargé à 18% de sa puissance nominale

Les tensions en aval des 3 transformateurs sont de très bonne qualité avec des taux de distorsion harmonique de l'ordre de 2%.

Les facteurs de déplacement (DPF) en aval des transformateurs 2 et 3 sont inférieurs à la limite imposée par EDF (0,93). Des batteries de condensateurs installées en aval de transformateur permettraient d'éviter le paiement de pénalités de consommation d'énergie réactive de novembre à mars.

4.2. Amont transformateur d'isolement 250kVA

Amont transformateur TR1 250 kVA

Tensions Simples	Urms (V)	Irms (A)	S (kVA)	P (kW)	Q(kVAr)	D (kVAd)	DPF	ThdI (%)	I 50Hz (A)	Dec	Tensions Composées	Urms (V)	ThdU (%)
Phase 1	233,49	145,13	33,89	29,90	15,55	3,51	0,89	3,69	145,01	1,004	U12	403,74	1,67
Phase 2	237,49	138,46	32,88	28,88	15,21	3,99	0,89	3,76	138,35	1,003	U23	404,02	1,77
Phase 3	232,43	144,18	33,51	29,06	16,23	3,87	0,87	3,94	143,69	1,004	U31	403,14	1,81
Total			100,28	87,84	46,99	11,38							

Amont transformateur TR2 250 kVA

Tensions Simples	Urms (V)	Irms (A)	S (kVA)	P (kW)	Q(kVAr)	D (kVAd)	DPF	ThdI (%)	I 50Hz (A)	Dec	Tensions Composées	Urms (V)	ThdU (%)
Phase 1	234,44	132,25	31,01	25,80	17,11	1,78	0,83	5,37	132,02	1,006	U12	405,29	1,98
Phase 2	233,57	137,75	32,17	27,25	17,00	1,81	0,85	5,30	137,52	1,006	U23	404,61	2,26
Phase 3	233,95	141,17	33,03	27,23	18,46	2,92	0,83	5,72	140,59	1,008	U31	405,91	2,17
Total			96,20	80,28	52,57	6,50							

Les transformateurs d'isolement TR1 et TR2 sont utilisés pour changer de schéma de liaison à la terre pour alimenter les onduleurs (IT en amont et TNC en aval).

En fonctionnement normal, les transformateurs sont utilisés à 40% de leurs puissances nominales.

4.3. Aval transformateur d'isolement 250kVA (Amont onduleur)

Aval TR1 250kVA (Amont onduleur 1)

Tensions Simples	Urms (V)	Irms (A)	S (kVA)	P (kW)	Q(kVAr)	D (kVAd)	DPF	PF	ThdU (%)	Thdl (%)	I 50Hz (A)	Dec
Phase 1	235,76	130,91	30,86	28,25	12,37	1,20	0,92	0,92	2,10	2,99	130,82	1,004
Phase 2	235,72	135,57	31,96	29,64	11,92	0,96	0,93	0,93	1,62	2,88	135,52	1,003
Phase 3	234,93	134,68	31,64	29,02	12,33	2,57	0,92	0,92	1,70	3,06	134,23	1,003
Neutre		14,36								8,48	4,17	
Total			94,46	86,91	36,62	4,73						

Aval TR2 250kVA (Amont onduleur 2)

Tensions Simples	Urms (V)	Irms (A)	S (kVA)	P (kW)	Q(kVAr)	D (kVAd)	DPF	PF	ThdU (%)	Thdl (%)	I 50Hz (A)	Dec
Phase 1	236,53	129,67	30,67	27,05	14,39	1,35	0,88	0,88	1,84	4,54	129,53	1,005
Phase 2	236,31	131,40	31,05	27,63	14,10	1,34	0,89	0,89	1,57	4,27	131,27	1,004
Phase 3	235,89	129,64	30,58	26,89	14,33	2,64	0,88	0,88	1,79	4,50	129,13	1,004
Neutre		13,35								8,98	2,96	
Total			92,30	81,57	42,82	5,34						

Les mesures amont/aval transformateurs d'isolement nous permettent de définir le rendement de ces derniers : $\approx 99\%$.

Les onduleurs sont de type PILLER UNIBLOCK-R, de puissance nominale 220kVA chacun. On notera l'excellente qualité de l'énergie en amont des onduleurs. Les formes d'onde de courant sont presque parfaitement sinusoïdales (taux de distorsion harmonique en courant inférieur à 5%), n'entraînant pas de déclassement du transformateur d'alimentation.

4.4. Aval onduleurs PILLER UNIBLOCK-R 220kVA

Aval Onduleur 1 (Q6.1)

Tensions Simples	Urms (V)	Irms (A)	S (kVA)	P (kW)	Q(kVAr)	D (kVAd)	DPF	PF	ThdU (%)	Thdl (%)	I 50Hz (A)	Dec
Phase 1	230,93	119,36	27,56	26,10	-6,23	6,29	0,97	0,95	2,75	23,27	116,03	1,058
Phase 2	231,09	115,99	26,80	25,13	-6,21	6,95	0,97	0,94	2,72	24,88	111,84	1,059
Phase 3	230,86	123,46	28,50	26,97	-6,23	6,80	0,98	0,95	2,93	24,48	119,70	1,067
Neutre		82,64								97,96	6,99	
Total			82,87	78,21	-18,66	20,03						

Aval Onduleur 2 (Q6.1)

Tensions Simples	Urms (V)	Irms (A)	S (kVA)	P (kW)	Q(kVAr)	D (kVAd)	DPF	PF	ThdU (%)	Thdl (%)	I 50Hz (A)	Dec
Phase 1	231,40	118,91	27,52	25,65	-8,08	5,85	0,95	0,93	2,44	22,14	115,95	1,070
Phase 2	231,11	107,89	24,93	23,02	-8,35	4,68	0,94	0,92	2,12	19,68	105,77	1,047
Phase 3	230,98	101,10	23,35	21,82	-5,80	5,97	0,97	0,93	2,20	24,36	97,56	1,051
Neutre		68,75								92,23	23,26	
Total			75,80	70,49	-22,23	16,50						

Les onduleurs sont utilisés à environ 36% de leurs puissances nominales. La charge critique est correctement répartie en aval des deux onduleurs.

Les tensions en aval onduleurs sont de très bonne qualité (taux de distorsion harmonique inférieur à 3%).

Les courants appelés par la charge sont de nature attendue, avec des taux de distorsion harmonique de l'ordre de 20% et un comportement légèrement capacitif (alimentation à découpage des serveurs).

4.5. Bâtiment annexe

Bâtiment annexe Alim Normale

Tensions Simples	Urms (V)	Irms (A)	S (kVA)	P (kW)	Q(kVAr)	D (kVAd)	DPF	PF	ThdU (%)	Thdl (%)	I 50Hz (A)	Dec	Tensions Composées	Urms (V)	ThdU (%)
Phase 1	234,72	72,00	16,90	16,18	3,27	3,61	0,98	0,96	2,49	21,31	70,34	1,075	U12	406,70	2,20
Phase 2	234,76	77,21	18,13	16,87	5,36	3,90	0,95	0,93	2,49	20,89	75,48	1,082	U23	406,71	2,41
Phase 3	234,51	65,66	15,40	14,20	4,32	4,10	0,96	0,92	2,52	22,26	63,29	1,074	U31	405,91	2,51
Total			50,42	47,25	12,94	11,62									

Le bâtiment annexe est alimenté depuis le transformateur HT/BT TR1 (alimentation normale), et bénéficie d'une alimentation secours via les onduleurs (MTC6).

D'après les localisateurs de défaut installés en aval de TR1, il semblerait qu'il y a un défaut sur le bâtiment annexe qu'il conviendrait de localiser précisément pour revenir à une situation normale.

4.6. Conclusions

L'analyse des puissances en différents points de la chaîne d'alimentation ne révèle aucune anomalie. Les taux de distorsion harmonique en tension et en courant sont globalement faibles, et la qualité de l'énergie est bonne sur l'ensemble de la chaîne.

5. Analyse du mode de fonctionnement dégradé

La charge critique ne peut être alimentée autrement que par les chaînes ondulées.

Le premier mode de fonctionnement dégradé correspond à la perte de l'une des deux chaînes ondulées (dysfonctionnement sur l'un des deux onduleurs, ou sur les transformateurs d'isolement installés en tête de chaque onduleur). La structure redondante de la distribution permet d'alimenter l'ensemble de la charge critique via un seul onduleur grâce à 6 modules de transfert de charge (MTC) installé en aval des onduleurs.

Ce mode de fonctionnement dégradé ne peut donc être assuré que dans la mesure où la redondance 1+1 est correctement assurée en aval des onduleurs et pour chacun des 6 MTC.

En cas de dysfonctionnement en amont des onduleurs, la charge critique est alimentée par les onduleurs en mode de fonctionnement autonome (Monoblock et batteries).

En cas de dysfonctionnement sur l'un des transformateur HT/BT, il est possible de coupler deux jeux de barres (interrupteurs de couplage 1.4 et 5.4) pour alimenter la charge aval.

Cette situation ne présente pas de danger dans la mesure où (voir chapitre 4.1.) les transformateurs HT/BT sont très largement surdimensionnés.

A noter sur la distribution électrique, l'absence de groupe électrogène de secours à poste fixe. La disponibilité d'énergie sur la partie haute tension est donc un facteur primordial pour assurer l'alimentation du bâtiment principal et du bâtiment annexe.

5.1. Simulation de perte d'un onduleur

Par addition des formes d'ondes de courant en aval de chacun des deux onduleurs, il est possible de simuler la charge totale à alimenter par un seul onduleur en cas de fonctionnement dégradé.

Totalité de la charge aval à alimenter avec un seul onduleur

Tensions Simples	Urms (V)	Irms (A)	S (kVA)	P (kW)	Q(kVAr)	D (kVAd)	DPF	PF	ThdU (%)	Thdl (%)	I 50Hz (A)	Dec
Phase 1	231,13	237,75	54,95	51,71	-14,28	11,92	0,96	0,94	2,52	22,38	231,66	1,060
Phase 2	231,06	222,91	51,51	48,11	-14,50	11,31	0,96	0,93	2,35	22,10	217,08	1,050
Phase 3	230,88	223,99	51,71	48,78	-11,92	12,36	0,97	0,94	2,50	24,09	217,13	1,055
Neutre		148,60								96,81	24,70	
Total			158,17	148,60	-40,70	35,58						

Simulation des puissances appelées en amont d'un onduleur alimentant la totalité de la charge aval (aval transformateur d'isolement 250kVA)

Tensions Simples	Urms (V)	Irms (A)	S (kVA)	P (kW)	Q(kVAr)	D (kVAd)	DPF	PF	ThdU (%)	Thdl (%)	I 50Hz (A)	Dec
Phase 1	235,76	235,64	55,56	50,85	22,27	2,16	0,92	0,92	2,10	2,99	235,48	1,004
Phase 2	235,72	244,03	57,52	53,35	21,45	1,73	0,93	0,93	1,62	2,88	243,93	1,003
Phase 3	234,93	242,43	56,95	52,24	22,20	4,63	0,92	0,92	1,70	3,06	241,61	1,003
Neutre		25,85								8,48	7,51	
Total			170,03	156,44	65,92	8,51						

6. Analyse en aval des modules de transfert de charge

Pour tous les MTC listés ci-dessous, le disjoncteur de protection situé en aval des MTC est très largement sous dimensionné par rapport à la puissance des MTC.

Il en va de même pour les câbles alimentant les armoire de distribution en aval des MTC : les sections de câbles sont sur dimensionnées et permettent le passage de courants beaucoup plus élevés que le seuil imposé par les disjoncteur de protection.

Aval MTC1 (MTC1 = 125A)

Tensions Simples	Urms (V)	Irms (A)	S (kVA)	P (kW)	Q(kVAr)	D (kVAd)	DPF	PF	ThdU (%)	Thdl (%)	I 50Hz (A)	Dec
Phase 1	228,94	68,19	15,61	14,35	-4,32	4,37	0,96	0,92	3,35	27,90	65,48	1,079
Phase 2	229,36	60,36	13,84	12,70	-3,81	3,98	0,96	0,92	3,15	28,57	57,85	1,063
Phase 3	228,66	65,66	15,01	13,90	-4,26	3,75	0,96	0,93	3,12	24,79	63,61	1,061
Neutre		48,91								98,90	7,19	
Total			44,47	40,95	-12,40	12,10						

Réglage du disjoncteur de protection : 4x80A – 10 A disponible

Section de câble (U1000R2V) : 35 mm² (courant maximum admissible dans le câble : 158A)

Aval MTC2 (MTC2 = 63A)

Tensions Simples	Urms (V)	Irms (A)	S (kVA)	P (kW)	Q(kVAr)	D (kVAd)	DPF	PF	ThdU (%)	Thdl (%)	I 50Hz (A)	Dec
Phase 1	229,71	16,08	3,69	3,45	-1,21	0,50	0,94	0,94	2,31	13,75	15,93	1,123
Phase 2	228,19	20,10	4,59	4,34	-1,37	0,57	0,95	0,95	2,16	12,72	19,93	1,116
Phase 3	230,88	10,61	2,45	2,32	-0,74	0,28	0,95	0,95	2,40	12,14	10,53	1,127
Neutre		9,34								40,30	8,55	
Total			10,73	10,11	-3,32	1,35						

Réglage du disjoncteur de protection : 4x50A – 30 A disponible

Section de câble (U1000R2V) : 16 mm² (courant maximum admissible dans le câble : 100A)

Aval MTC3 (MTC3 = 125A)

Tensions Simples	Urms (V)	Irms (A)	S (kVA)	P (kW)	Q(kVAr)	D (kVAd)	DPF	PF	ThdU (%)	Thdl (%)	I 50Hz (A)	Dec
Phase 1	229,72	38,92	8,94	8,35	-1,98	2,50	0,97	0,93	2,50	28,10	37,35	1,107
Phase 2	229,99	41,86	9,63	8,51	-3,88	2,28	0,91	0,88	2,45	24,19	40,61	1,106
Phase 3	228,84	48,94	11,20	10,09	-3,87	2,95	0,94	0,90	2,72	26,67	47,17	1,153
Neutre		32,43								88,99	14,79	
Total			29,77	26,95	-9,73	7,73						

Réglage du disjoncteur de protection : 4x80A – 30 A disponible

Section de câble (U1000R2V) : 35 mm² (courant maximum admissible dans le câble : 158A)

Aval MTC4 (MTC4 = 125A)

Tensions Simples	Urms (V)	Irms (A)	S (kVA)	P (kW)	Q(kVAr)	D (kVAd)	DPF	PF	ThdU (%)	Thdl (%)	I 50Hz (A)	Dec
Phase 1	229,10	49,06	11,24	10,43	-3,32	2,56	0,95	0,93	2,98	22,76	47,77	1,064
Phase 2	229,29	52,21	11,97	11,21	-3,39	2,50	0,96	0,94	2,98	20,84	51,07	1,063
Phase 3	229,04	53,95	12,36	11,68	-3,09	2,59	0,97	0,95	3,20	20,80	52,77	1,066
Neutre		31,12								99,19	3,86	
Total			35,57	33,32	-9,80	7,65						

Réglage du disjoncteur de protection : 4x80A – 26 A disponible

Section de câble (U1000R2V) : 35 mm² (courant maximum admissible dans le câble : 158A)

Aval MTC5 (MTC5 = 63A)

Tensions Simples	Urms (V)	Irms (A)	S (kVA)	P (kW)	Q(kVAr)	D (kVAd)	DPF	PF	ThdU (%)	Thdl (%)	I 50Hz (A)	Dec
Phase 1	231,04	3,07	0,71	0,62	-0,25	0,25	0,93	0,87	2,28	34,80	2,88	1,174
Phase 2	229,84	8,01	1,84	1,65	-0,61	0,56	0,94	0,89	2,16	30,63	7,62	1,678
Phase 3	229,41	8,78	2,01	1,74	-0,89	0,50	0,89	0,86	2,66	25,18	8,50	1,880
Neutre		6,86								76,92	4,38	
Total			4,56	4,00	-1,75	1,31						

Réglage du disjoncteur de protection : 4x50A – 40 A disponible

Section de câble (U1000R2V) : 25 mm² (courant maximum admissible dans le câble : 127A)

Aval MTC6 (MTC6 = 125A)

Tensions Simples	Urms (V)	Irms (A)	S (kVA)	P (kW)	Q(kVAr)	D (kVAd)	DPF	PF	ThdU (%)	Thdl (%)	I 50Hz (A)	Dec
Phase 1	228,57	54,01	12,35	11,94	-2,05	2,39	0,99	0,97	2,63	19,42	52,98	1,058
Phase 2	229,63	41,26	9,48	9,18	-1,67	1,65	0,98	0,97	2,38	17,51	40,62	1,031
Phase 3	229,14	45,31	10,38	10,00	-1,44	2,40	0,99	0,96	2,48	22,98	44,10	1,049
Neutre		27,57								89,53	12,26	
Total			32,20	31,11	-5,15	6,44						

Réglage du disjoncteur de protection : 4x80A – **26 A disponible**

Section de câble (U1000R2V) : 50 mm² (courant maximum admissible dans le câble : 192A)

Nous pouvons déduire de cette analyse que :

- les risques d'échauffement de câble sont peu probables du fait du surdimensionnement de ces derniers ;
- le courant vu par le disjoncteur de protection situé en aval du MTC1 est proche du nominal de ce dernier. Comme il est impossible de savoir si la mesure réalisée correspond à un pic de charge, il convient de ne pas augmenter la charge en aval du MTC1 ;
- les disjoncteurs de protection situés en aval des MTC 2, 3 et 4 peuvent être chargés sans risque. Il est donc envisageable d'ajouter des départs en aval de ces MTC et de les utiliser pour alimenter les serveurs en double alimentation. (Une solution possible consisterait à ajouter une armoire divisionnaire et d'en alimenter les différents départs via les MTC 2, 3 et 4, et d'utiliser ces différents départs pour alimenter les serveurs en double alimentation).

7. Analyse des salles serveurs

7.1. Présentation

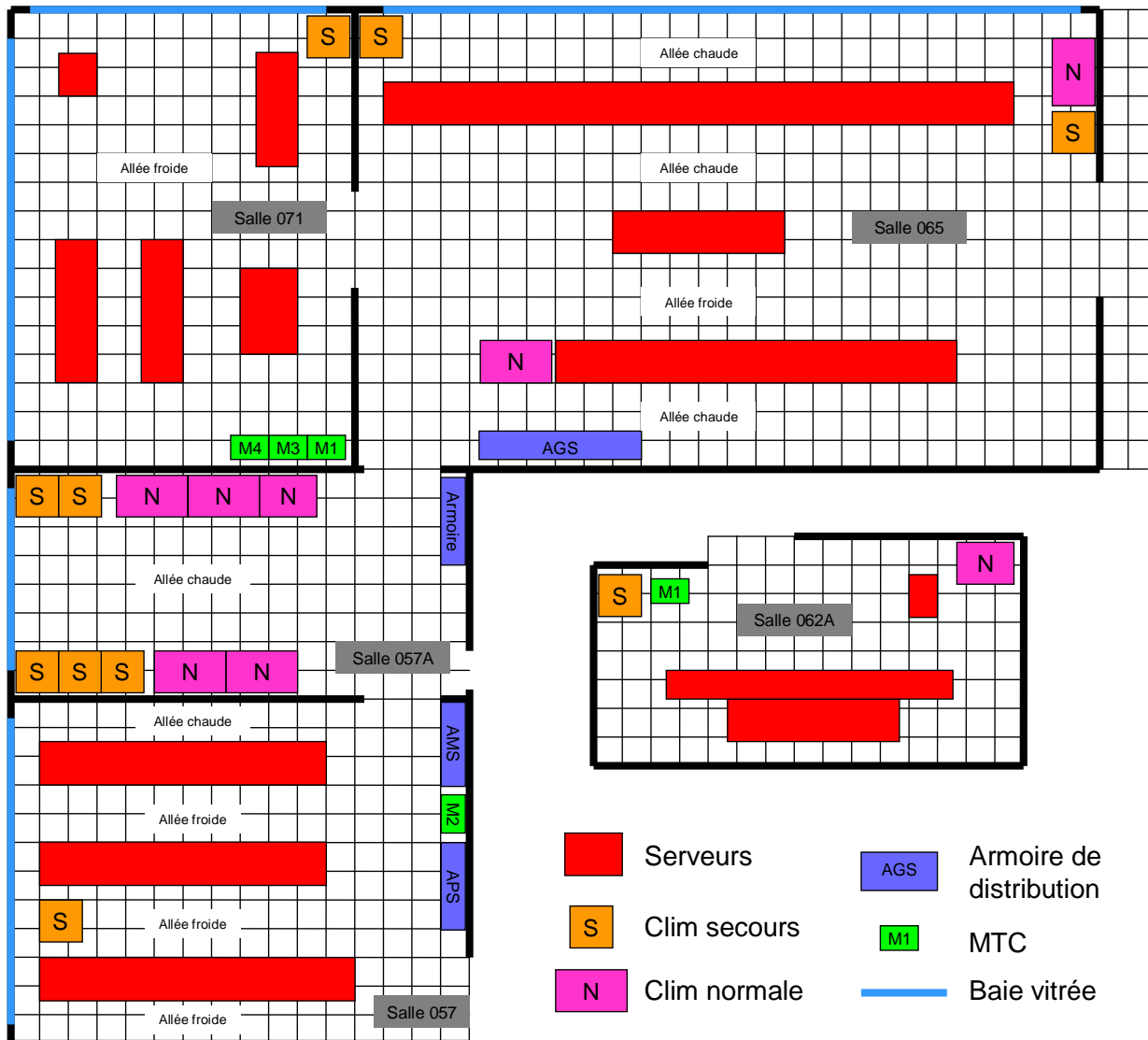


Schéma d'implantation des serveurs (en rouge) dans les différentes salles

Remarques générales :

La salle 057A est dédiée à la climatisation uniquement et ne compte aucun serveur. Cette salle est ouverte sur les salles 057 et 065 par deux ouvertures sans portes de 5m² chacune. Cette salle n'est pas prise en compte dans les calculs ci-dessous. Nous considérons par ailleurs qu'un élément de climatisation normal et un élément de climatisation secours sont dédiés à cette salle (éléments que nous ne prendrons donc pas en compte dans les calculs ci-dessous) ;

- La hauteur entre le sol et le faux-plafond des salles serveurs est de 2,9 mètres environ. La hauteur totale (incluant le faux plafond) est de 5 mètres ;
- Les salles serveurs sont situées au premier étage et donnent sur l'extérieur via des baies vitrées (voir schéma ci-dessus).

7.2. Analyse des salles 071, 057 et 065

	dalles (60x60 cm)		m ²
Salle 071	16	12	69,12
Serveurs	1,5	4	2,16
	3	2	2,16
	5	1,5	2,7
	5	1,5	2,7
TOTAL			12,42
% occupation des sols			17,97

Surface totale des salles serveurs (m ²)	291,24
Surface totale occupée au sol (m ²)	51,84
% moyen d'occupation des sols (%)	17,80

Salle 057	16	12	69,12
Serveurs	10	1,5	5,4
	10	1,5	5,4
	11	1,5	5,94
TOTAL			16,74
% occupation des sols			24,22

Puissance totale appelée par les serveurs (kVA)	118,8
Puissance totale appelée par les serveurs (kW)	111,33

Salle 065	25	17	153
Serveurs	22	1,5	11,88
	6	1,5	3,24
	14	1,5	7,56
TOTAL			22,68
% occupation des sols			14,82

Rapport moyen Puissance / m ² total (kW/m ²)	0,38
Rapport moyen Puissance / m ² occupé (kW/m ²)	2,15

En moyenne, les serveurs occupent 18% de la surface totale au sol des salles serveurs.

Les salles 071, 057 et 065 sont alimentés par les MTC 1, 2, 3 et 4 (puissance totale consommée : 111,33kW).

La puissance moyenne consommée par les serveurs sur les 3 salles 071, 057 et 065 est donc de 2,15 kW/m² occupé. Comparée aux puissances actuelles des serveurs, cette valeur est relativement basse. En effet, aujourd'hui les baies serveurs installées consomment en moyenne 5 à 10 kW/m², et cette puissance augmente de façon exponentielle (les nouvelles technologies type multi-cores sont particulièrement gourmandes, et la plupart des baies serveurs sur le marché consomment 25kW/m²).

Ne disposant pas de chiffres précis sur les consommations des serveurs dans les différentes salles (les armoires de distribution peuvent alimenter des serveurs situés dans n'importe laquelle des salles ce qui rend impossible une détermination exacte de la consommation des serveurs dans une salle donnée), nous prenons donc comme hypothèse pour la suite des calculs, une consommation moyenne des serveurs dans les 3 salles 071, 057 et 065 égale à 2,15kW/m² occupé.

Face à ces nouvelles contraintes il est important de bien anticiper le remplacement progressif des serveurs. En effet, la durée de vie moyenne d'un serveur est de 3 ans. Les parcs informatiques sont soumis à des rotations fréquentes et de plus en plus de salles serveurs ne sont plus capables de fournir les puissances électriques et climatiques nécessaires.

7.3. Analyse de la salle 062A (salle robot)

La salle 062A n'est alimentée que par le MTC 5 (puissance totale consommée : 111,33kW).

	dalles (60x60 cm)		m ²
Salle 062A	15	7	37,8
Serveurs	10	1	3,6
	6	1,5	3,24
	1	1,5	0,54
TOTAL			7,38
% occupation des sols	19,52		

Surface totale des salles serveurs (m ²)	37,8
Surface totale occupée au sol (m ²)	7,38
% moyen d'occupation des sols (%)	19,52
Puissance totale appelée par les serveurs (kVA)	4,56
Puissance totale appelée par les serveurs (kW)	4
Rapport moyen Puissance / m ² total (kW/m ²)	0,11
Rapport moyen Puissance / m ² occupé (kW/m ²)	0,54

Les machines installées dans la salle 062A consomment en moyenne 540 Watts/m² occupé.

7.4. Limites électriques

Dans le cas présent, les limites électriques sont imposées par les onduleurs (et par les transformateurs d'isolement en amont des onduleurs).

La puissance nominale des onduleurs est de 220kVA, et les onduleurs sont utilisés, en fonctionnement normal, à 36% de leur puissance nominale.

Afin de garantir une redondance 1+1, la limite théorique de charge est de 50% pour chaque onduleur. Il est toutefois conseillé d'appliquer un coefficient de sécurité pour garantir le fonctionnement optimal en marche dégradé.

Si nous prenons comme limite théorique de charge 45% en fonctionnement normal (90% en fonctionnement dégradé), nous obtenons :

$$220\text{kVA} \times 0,9 = 198 \text{ kVA disponible (185 kW)}$$

Afin de déterminer la puissance disponible, nous avons simulé la puissance appelée par les serveurs installés sur site en cas de fonctionnement en mode dégradé :

Tensions Simples	Urms (V)	Irms (A)	S (kVA)	P (kW)	Q(kVAr)	D (kVAd)	DPF	PF	ThdU (%)	Thdl (%)	I 50Hz (A)	Dec
Phase 1	231,13	237,75	54,95	51,71	-14,28	11,92	0,96	0,94	2,52	22,38	231,66	1,060
Phase 2	231,06	222,91	51,51	48,11	-14,50	11,31	0,96	0,93	2,35	22,10	217,08	1,050
Phase 3	230,88	223,99	51,71	48,78	-11,92	12,36	0,97	0,94	2,50	24,09	217,13	1,055
Neutre		148,60								96,81	24,70	
Total			158,17	148,60	-40,70	35,58						

La puissance disponible garantissant une redondance 1+1 en aval des onduleurs est donc de :
 $185\text{kW} - 148,6\text{kW} = \mathbf{36 \text{ kW (38,3 kVA)}}$

Il ne reste donc que 36kW de puissance disponible pour alimenter la totalité de la charge critique via 1 seul onduleur (mode de fonctionnement dégradé).

Dans ce cas, la puissance appelée en aval du transformateur d'isolement 250kVA alimentant l'onduleur en charge serait de 212kVA (soit 85% de la puissance nominale).

La contrainte électrique la plus forte est donc celle imposée par les onduleurs.

7.5. Limites frigorifiques

D'après les informations fournies par le client, l'ensemble du système de refroidissement date de moins de 2 ans.

On distingue :

- un système de refroidissement normal de type « eau glacée »
- un système de refroidissement de secours de type « détente directe »

Le système de refroidissement normal « eau glacée » est constitué d'un groupe « eau glacée » situé à l'extérieur du bâtiment principal composé de 2 circuits indépendants d'une puissance de 2x220kW frigorifique. Le groupe alimente une bache tampon d'une contenance de 20 000 litres. Depuis la bache sont alimentées :

- 8 armoires à eau glacée dédiées aux salles informatiques situées au premier étage du bâtiment principal (voir détail ci-dessous) ;
- 2 armoires à eau glacée (2x25 kW frigorifiques) dédiées à la salle informatique située en sous-sol de ce même bâtiment.

En prévision : reprise en eau glacée de 41 ventilo-convecteurs d'une puissance de 2,5kW frigorifique (soit 102,5 kW au total), dispersés dans les différents bureaux du bâtiment principal utilisés pour la climatisation des locaux. Cette partie peut être délestée en cas de surcharge du groupe « eau glacée ».

Répartition des 8 armoires à eau glacée dans les salles informatiques :

- 2x35kW frigorifiques dédiés à la salle 057
- 2x35kW frigorifiques dédiés à la salle 071
- 2x25kW frigorifiques dédiés à la salle 065
- 1x25kW frigorifiques dédié à la salle 062A
- 1x25kW frigorifiques dédié à la salle 057A (salle des climatiseurs ne contenant pas de serveur)

Soit un total de 240 kW frigorifiques. Le seuil de régulation de température est fixé à 21°C.

Le système de refroidissement de secours est constitué de 10 modules LIEBERT HIROSS (S23UA), armoire frigorifique à détente directe d'une puissance frigorifique de 23 kW chacune (10kW électrique).

Le système de refroidissement de secours peut être utilisé :

- soit (alimentation électrique depuis le transformateur TR1 départ 4.10) si la température des salles montent au-delà d'un seuil de température fixé par thermostat : 23°C.
- soit (alimentation électrique depuis un groupe diesel installé à l'extérieur du bâtiment en cas d'absence d'alimentation électrique normale dans ce cas seuls 8 des 10 armoires à détente directe sont alimentées (groupe 100KVA)) si la température des salles dépasse le seuil de température fixé par thermostat : 23°C.

Lors de notre visite sur site, seuls les modules du système de refroidissement normal étaient en fonctionnement (température extérieure 20°C environ).

Les mesures effectuées en aval du départ « Général Clim » sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Départ Clim Normal (1.12)

Tensions Simples	Urms (V)	Irms (A)	S (kVA)	P (kW)	Q (kVAr)	D (kVAd)	DPF	PF	ThdU (%)	ThdI (%)	I 50Hz (A)	Dec	Tensions Composées	Urms (V)	ThdU (%)
Phase 1	233,74	109,45	25,58	21,13	13,93	3,75	0,84	0,83	1,76	14,94	108,19	1,089	U12	404,35	1,68
Phase 2	233,04	106,63	24,85	20,27	13,93	3,53	0,83	0,82	1,68	14,73	105,47	1,070	U23	403,38	1,76
Phase 3	233,25	107,32	25,03	20,82	13,11	4,62	0,85	0,83	1,79	14,98	105,40	1,067	U31	404,75	1,78
Total			75,46	62,22	40,97	11,90									

La puissance électrique appelé par les climatiseurs pour refroidir les serveurs des salles 071, 057, 065 et 062A est donc de 62,22kW.

Nous en déduisons donc le rendement :

$$\text{Rendement} = \frac{\text{Puissance électrique nécessaire à l'alimentation des serveurs}}{\text{Puissance électrique totale consommée}} = 64\%$$

A la date de notre intervention, 64% de la puissance totale consommée était utilisée pour alimenter les serveurs.

Il est important de bien comprendre le caractère fortement fluctuant de ce rendement. En effet, les salles serveurs sont situées au premier étage du bâtiment annexe et donnent sur l'extérieur via une baie vitrée (double vitrage).

Malgré la présence du double vitrage permettant de limiter les échanges thermiques, il est évident que la température extérieure et le rayonnement solaire influent fortement la température des salles.

A la date de notre intervention, la température extérieure était proche (bien qu'inférieure) à la valeur seuil.

Nous pouvons donc considérer que le rendement de 64% est une valeur basse.

D'après les informations récoltées sur site, la puissance électrique maximale disponible pour le système de refroidissement normal est de 430kW, ce qui équivaldrait à un rendement de 20%.

Il existe des pistes d'économie d'énergie permettant de réduire la consommation du système de refroidissement : renforcement de l'isolation des salles serveurs, nouvelle répartition des allées chaudes et froides, et réduction du volume global à climatiser.

Puissance frigorifique / Besoins en refroidissement

Nous avons par ailleurs procédé à une comparaison des puissances frigorifiques installées pour chacune des salles et vérifié l'adéquation de cette puissance avec les **besoins actuels en refroidissement**.

En première approche, nous pouvons considérer que les besoins en refroidissement de la surface non occupée au sol est approximativement de 300 W/m² valeur un peu élevée (entre 110W/m² et 200W/m² selon si on prend 2.9m ou 5m de hauteur de plafond). La valeur de 300W/m² ne constitue donc qu'une première approximation, qui peut être affinée grâce à une étude thermique poussée des différentes salles).

Par ailleurs, nous avons vu que les surfaces occupées au sol dégagent en moyenne 2,15kW/m² pour les salles 071, 057 et 065, alors que pour la salle 062A (salle robot), cette valeur est de 540W/m².

Grâce à ces données, nous avons pu construire le tableau ci-dessous et calculer une moyenne pondérée des besoins en climatisation au m² pour chacune des salles (ligne verte), *en considérant en première hypothèse que les consommations des serveurs des salles 071, 057 et 065 sont identiques et égalent à 2,15kW/m².*

	Salle 071	Salle 057	Salle 065	Salle 062A
Surface totale au sol (m ²)	69,12	69,12	153	37,8
Surface occupée par les serveurs (m ²)	12,42	16,74	22,68	7,38
Nombre d'élément de climatisation normale	2	2	2	1
Puissance de chacun de éléments de climatisation normale	35	35	25	25
Puissance totale de climatisation normale installée par salle	70	70	50	25
Nombre d'élément de climatisation secours	2	3	2	1
Puissance de chacun de éléments de climatisation secours	23	23	23	23
Puissance totale de climatisation secours installée par salle	46	69	46	23
Puissance totale de climatisation (normale+secours) installée par salle	116	139	96	48
Puissance moyenne à dissiper (kW/m ²) pour les surfaces libres	0,3	0,3	0,3	0,3
Puissance moyenne à dissiper (kW/m ²) pour les surfaces occupées par les serveurs	2,15	2,15	2,15	0,54
Puissance moyenne pondérée (kW) à dissiper pour les différentes salles	43,71	51,71	87,86	13,11
Si tout le refroidissement est assuré par la climatisation normale, chacun des éléments doit être capable de fournir (kW/m²) :				
Sollicitation en kW par élément de climatisation normale	21,86	25,85	43,93	13,11
Si tout le refroidissement est assuré par la climatisation secours, chacun des éléments doit être capable de fournir (kW/m²) :				
Sollicitation en kW par élément de climatisation secours	21,86	17,24	43,93	13,11

Nous avons ensuite divisé cette valeur par le nombre d'éléments de climatisation (normal et secours) afin de vérifier si la répartition des éléments par salle est correcte (lignes en violet et jaune).

D'après le tableau ci-dessus, il apparaît évident que la salle 065 est sous alimentée en climatisation normale par rapport aux autres salles. En effet, chacun des éléments doit être capable de fournir 44kW, alors que chacun des éléments de climatisation normale n'est capable de fournir que 25kW dans cette salle.

Le refroidissement de cette salle ne peut donc être assuré que si la climatisation normale est assistée de la climatisation secours, ou bien en considérant que les climatiseurs des autres salles participent indirectement au refroidissement de la salle 065 !

Alors que pour les autres salles les éléments de climatisation normale sont plus puissants que la puissance à dissiper (25kW environ pour les salles 071 et 057, alors que les éléments de climatisation normale peuvent délivrer chacun 35kW de puissance frigorifique).

Il en est de même pour les éléments de climatisation secours (LIEBERT HIROSS), dont la puissance frigorifique est limitée à 23kW par élément : les deux éléments installés dans la salle 065 ne suffisent pas pour refroidir la salle en cas de perte du système de refroidissement normal.

A la demande du client, nous avons procédé à une nouvelle simulation en imputant à chaque salle des consommations serveurs différentes, et ce dans le but de trouver une situation d'équilibre entre l'énergie calorifique dégagée par les serveurs et la puissance frigorifique disponible dans chacune des salles.

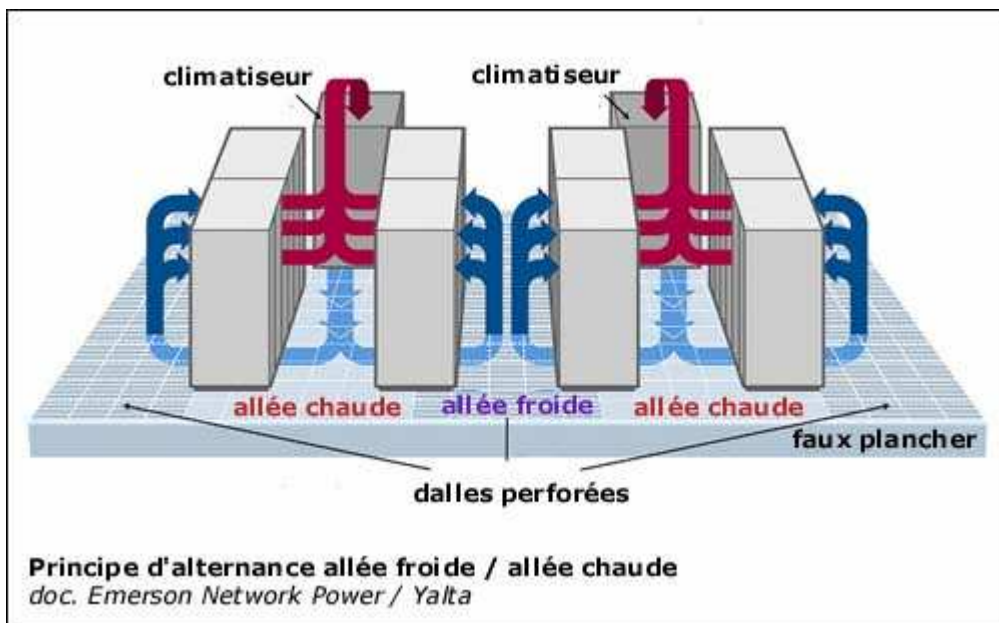
	Salle 071	Salle 057	Salle 065	Salle 062A
Surface totale au sol (m ²)	69,12	69,12	153	37,8
Surface occupée par les serveurs (m ²)	12,42	16,74	22,68	7,38
Nombre d'élément de climatisation normale	2	2	2	1
Puissance de chacun de éléments de climatisation normale	35	35	25	25
Puissance totale de climatisation normale installée par salle	70	70	50	25
Nombre d'élément de climatisation secours	2	3	2	1
Puissance de chacun de éléments de climatisation secours	23	23	23	23
Puissance totale de climatisation secours installée par salle	46	69	46	23
Puissance totale de climatisation (normale+secours) installée par salle	116	139	96	48
Puissance moyenne à dissiper (kW/m ²) pour les surfaces libres	0,3	0,3	0,3	0,3
Puissance moyenne à dissiper (kW/m ²) pour les surfaces occupées par les serveurs	3,9	3,1	0,45	0,54
Puissance moyenne pondérée (kW) à dissiper pour les différentes salles	65,45	67,61	49,30	13,11
Si tout le refroidissement est assuré par la climatisation normale, chacun des éléments doit être capable de fournir (kW/m²) :				
Sollicitation en kW par élément de climatisation normale	32,72	33,80	24,65	13,11
Si tout le refroidissement est assuré par la climatisation secours, chacun des éléments doit être capable de fournir (kW/m²) :				
Sollicitation en kW par élément de climatisation secours	32,72	22,54	24,65	13,11

Comme nous pouvons le constater sur le tableau ci-dessus une telle situation existe, mais semble peu réaliste à nos yeux.

En effet, pour que les 2 armoires à eau glacée (2x25 kW frigorifiques) soient capables de subvenir aux besoins en climatisation de la salle 065, il faudrait que les baies serveurs ne consomment que 450 W/m², ce qui est particulièrement faible et peu probable.

Quoiqu'il en soit, nous mettons ici en évidence le fait que, même si correctement dimensionné pour les serveurs installés, la puissance frigorifique de la salle 065 est proportionnellement plus faible que la puissance frigorifique des autres salles, et qu'en cas de remplacement de serveurs les deux éléments de climatisation normale risquent de ne pas être suffisants pour maintenir la température.

Allées Chaudes / Allées froides

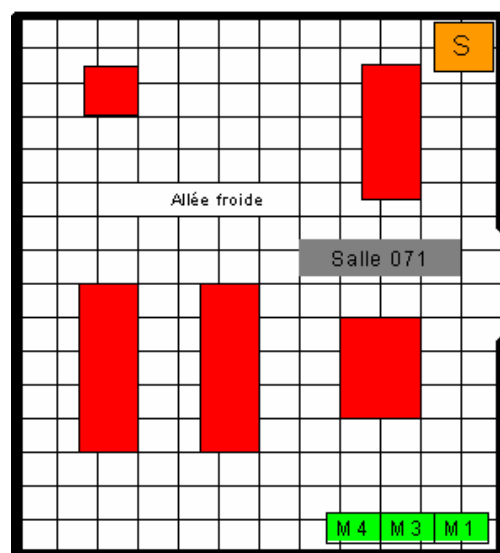
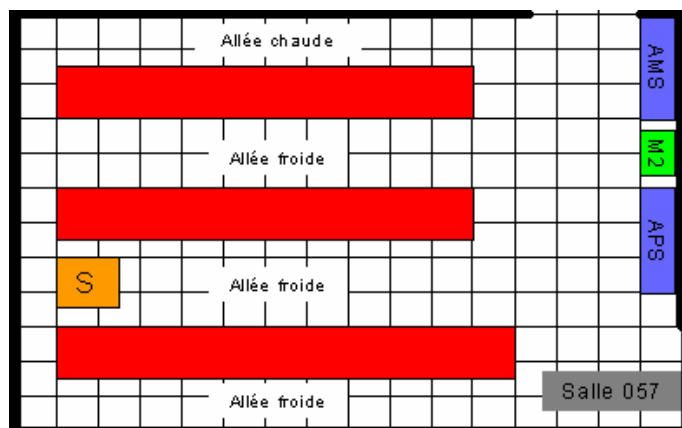


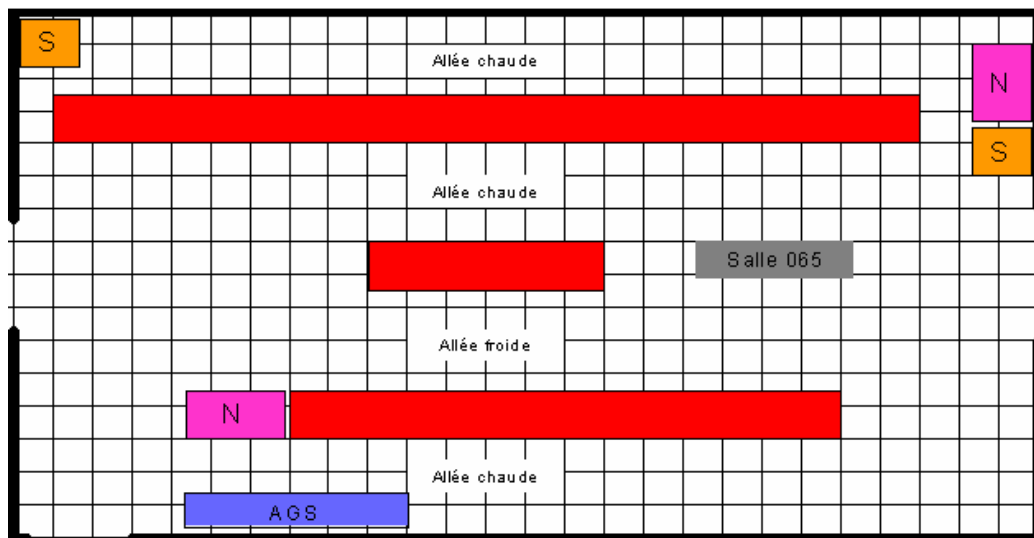
L'air froid est pulsé par les climatiseurs dans les faux planchers des salles serveurs. Cet air froid sous pression s'échappe du faux plancher via les dalles perforées (et partout où il y a des fuites...).

Il convient d'alterner les allées froides (dalles perforées) et les allées chaudes (dalles non perforées) et de prendre soin de positionner les baies serveurs tête bêche (l'avant des serveurs doit donner sur les allées froides, et l'arrière des serveurs, là où sont positionnés les ventilateurs, vers les allées chaudes).

L'air chaud extrait des serveurs n'est alors pas refroidi ce qui favorisera la convection vers le haut et la récupération de l'air chaud par les climatiseurs.

Or cette alternance n'est pas respectée dans les salles serveurs du bâtiment principal.





Un réagencement des dalles perforées devrait permettre d'améliorer de façon significative le rendement énergétique des salles serveurs du bâtiment principal.

Volume à climatiser

Si l'on prend en compte la vraie hauteur sous plafond (5 mètres en incluant le faux plafond), **les serveurs n'occupent que 6,5% de la totalité du volume refroidi.**

Cet accroissement de volume inutile est en grande partie responsable du mauvais rendement énergétique et génère de plus une forte inertie thermique (variations lentes des températures), là où les températures doivent être contrôlées avec précision pour favoriser le bon fonctionnement des serveurs.

En toute rigueur il conviendrait de recouvrir le faux-plafond de laine de roche emballée dans du plastique et ce afin d'éviter que des particules de poussières ne polluent l'air ambiant.

8. CONCLUSIONS GENERALES

La qualité de l'énergie sur site est satisfaisante en tous points de la chaîne d'alimentation électrique. La quantité d'harmonique reste faible, et, en l'état actuel, ne peut pas être responsable d'échauffement de câbles.

Les transformateurs d'alimentation HT/BT sont très largement sur dimensionnés par rapport à la charge qu'ils alimentent.

Les onduleurs fonctionnent à 40% de leur charge nominale, ce qui signifie que le taux de charge d'un onduleur en mode de fonctionnement dégradé (toute la charge critique est alimentée par un seul onduleur) est proche de 80%.

Tout calcul fait, il apparaît que la puissance disponible en aval des onduleurs pour conserver la redondance 1+1 est de **36kW**.

Il convient donc d'être particulièrement attentif à l'évolution de la charge en aval des onduleurs, afin de ne pas dépasser le seuil critique.

Il est toutefois envisageable d'installer de nouveaux départs en aval de certains MTC (pas du MTC1) pour proposer une seconde alimentation aux serveurs bénéficiant d'une double alimentation mais ne fonctionnant que sous alimentation simple.

La puissance frigorifique totale est largement supérieure aux besoins en refroidissement lorsque la température extérieure est de 20°C environ (ce qui laisse à penser que pour des températures extérieures plus élevées les salles serveurs seront correctement refroidies).

Par ailleurs, l'impossibilité d'augmentation de charge en aval des onduleurs fait que la climatisation n'est pas un facteur limitant du développement des salles serveurs.

Plusieurs pistes seraient envisageables afin de réduire les consommations énergétiques liées au système de refroidissement.