

IxSAN : l'interconnexion de réseaux de stockage, du MAN (métropolitain) au WAN (longue distance).



cegetel

Interconnexion de réseaux de stockage : du MAN (métropolitain) au WAN (longue distance)

Note d'application : IxSAN Brocade Cegetel

Pour toutes les remarques et demandes d'information complémentaire, merci d'adresser un mail à pascal.ducloy@cegetel.fr

Méthodologie

Ce document a pour objectif de décrire le comportement des réseaux de stockage distants interconnectés au réseau de transmission de Cegetel par des switch Fiber Channel Brocade. Dans le cadre du développement de service télécom de type "carrier class", Cegetel qualifie les impacts de ses services par rapport à l'environnement du client avant leur disponibilité générale.

Dans le cas particulier d'IxSAN, la qualification des impacts a nécessité la conduite de tests de performances de réseau de stockage. Cegetel, opérateur de télécommunications, a sollicité l'aide de la branche Cegetel SI (Systèmes d'Information), une entité qui exploite les données informatiques du groupe SFR Cegetel (applications informatique bureautique et métiers, gestions des tickets de taxation des services de Cegetel et de SFR).

Ces tests répondent aux exigences et principes suivants :

- ❶ la garantie du bon fonctionnement des applications de stockage nécessite de tester la chaîne de liaison complète ;
- ❷ les équipementiers de Switch Fibre Channel et de baies de disques certifient le bon fonctionnement des équipements entre eux. Par ailleurs, la transmission de bout en bout incluant les applications est rarement testée ;
- ❸ les liaisons Fibre Channel (base de l'architecture SAN), doivent pouvoir fonctionner à débit prévisible et garanti et ce, quelle que soit la distance.

Table de matière

<i>Methodologie</i>	1
<i>Table de matière</i>	2
<i>Liste des figures</i>	2
<i>1. Les points importants d'une architecture longue distance</i>	3
<i>2. Test du service IxSAN au sein d'un environnement de stockage</i>	4
2.1. Les caractéristiques du service IxSAN utilisé	4
2.2. Les usages étudiés sur le réseau de stockage	4
2.3. Paramètres de performances mesurés	6
2.4. Transparence des équipements IxSAN dans le réseau de stockage	6
2.5. Débit FC 1Gbs en fonction de la distance	6
2.6. Impact des coupures de transmission sur le transfert de données	7
2.7. Débit en Mo/s en fonction de la distance	8
2.7.1. Tests avec SRDF synchrone	8
2.8. Débit en Mo/s en fonction de la bande passante	9
2.8.1. Tests avec Adaptive Copy	10
2.8.2. Tests de l'accès distant (50 % de lecture / 50 % d'écriture)	10
<i>3. Conclusion</i>	11
<i>Annexe technique : description de la chaîne de liaison</i>	13
<i>Typologie et architectures testées</i>	14
Configuration réplication synchrone SRDF	14
Configuration accès à distance	14

Liste des figures

<i>Figure 1 : Réplication de données entre deux baies</i>	4
<i>Figure 2 : Accès à distance sur baie de disque</i>	5
<i>Figure 3 : Profil d'I/O et utilisation</i>	5
<i>Figure 4 : Débit garanti sans BB Credit en fonction de la distance</i>	6
<i>Figure 5 : Bande passante utile d'un lien FC 1 Gbps en fonction de la distance et de la taille des BBC.</i>	7
<i>Figure 6 : Débit FC & BB crédit</i>	7
<i>Figure 7 : Impact coupures de transmission</i>	8
<i>Figure 8 : Test SRDF synchrone en fonction de la distance</i>	9
<i>Figure 9 : Test SRDF synchrone en fonction du débit réseau IxSAN</i>	9
<i>Figure 10 : Test adaptive copy</i>	10
<i>Figure 11 : Test adaptive copy R/W en configuration accès distant</i>	11
<i>Figure 12 : Abaque spécifique à la maquette EMC/Brocade/Cegetel en fonction de la distance</i>	12
<i>Figure 13 : Préconisation d'application Cegetel</i>	12
<i>Figure 14 : Configuration disque de 16 LUNs de 33Go en Raid 1+0 (10) (2x4 axes)</i>	14
<i>Figure 15 : Configuration disque de 8 LUNs de 33Go en Raid 1+0 (10)</i>	14

1. Les points importants d'une architecture longue distance

➤ Une qualité du service de transmission prédictible et pérenne

Un opérateur de service en charge de l'interconnexion de réseau de stockage, doit maîtriser les interactions des systèmes connectés à son service de capacité de transmission.

Cegetel apporte son expertise à la phase d'interconnexion des SAN et contribue à l'optimisation du fonctionnement de l'ensemble de la chaîne de liaison du réseau de stockage de ses clients lors de sa mise en service.

Le moyen de transport est garanti homogène¹ de bout en bout et la qualité de service est **prédictible** et **pérenne**.

➤ Les impacts d'un basculement sur les systèmes de stockage interconnectés

Les architectures sécurisées en transmission sont partiellement testées. Les impacts d'un basculement² sur l'environnement SAN du client ne sont pas garantis par l'opérateur, de même que la dissymétrie du chemin physique normal par rapport au chemin de secours.

➤ Les performances Fibre Channel et la distance d'interconnexion des systèmes de stockage

Le besoin d'interconnecter les réseaux de stockage sur des distances supérieures à la centaine de km sera réel dès la mise en application des accord Bâle II³.

La distance influe sur les performances des réseaux de stockage, en particulier dans le cas des mécanismes de réplication synchrone. Selon le type d'application de stockage, le nombre d'I/O par seconde et par conséquent le débit Fibre Channel peut être élevé (1Gbps). Or le débit Fibre Channel chute lorsque la distance augmente, et les solutions palliatives, basées sur une centaine de BB_Credit sur les E_Port des Switch Fibre Channel, ne permettent pas de fournir un débit de 1 Gbps ou 2 Gbps sur plus de 200 km.

IxSAN propose de fournir un débit constant de 1Gbps sur une distance pouvant aller jusqu'à plus de 1000 km, et affranchit ainsi le client de paramétrer les BB_Credit de ses Switch.

De même, la latence, source de dégradation des performances des applications de réplication synchrones doit être **optimisée** et **prédictible**. Cela passe par une conception d'ingénierie de transmission prenant en compte la latence maximale sur les chemins principaux et secours. L'opérateur doit donc choisir une solution de transmission qui minimise la latence, et ce, quel que soit le débit de transmission Fibre Channel.

➤ La supervision du réseau répond aux prérogatives suivantes :

- le routage⁴ du service dans le réseau d'opérateur de bout en bout ;
- l'identification des basculements du service de son chemin nominal vers le chemin de secours ;
- la maîtrise du temps de propagation du service et par conséquent la latence induite au niveau des applications de stockage ;
- le contrôle de l'état du raccordement entre l'équipement du client et celui du réseau (identification de coupure instantanée).

¹ Aucune discontinuité technologique de transport du protocole de stockage (exemple de chaîne de liaison discontinue : Fibre Channel sur fibre puis Fibre Channel sur IP, puis Fibre Channel sur SDH)

² Basculement de protection suite à une coupure accidentelle ou liée à une opération de maintenance sur le réseau d'opérateur.

³ La directive européenne Bale II impose aux institutions financières de réduire les risques opérationnels de pertes du système d'informations.

⁴ Au sens brassage de conduit ou de lien cad niveau 1 référence OSI

2. Test du service IxSAN au sein d'un environnement de stockage

2.1. Les caractéristiques du service IxSAN utilisé

Cegetel a construit un service IxSAN **standard** interconnecté à un environnement SAN réel avec la prise en compte :

- des règles d'ingénierie matérielle et de transmission optique standardisées dans le service IxSAN (pas de mode commun de transit du trafic dans les équipements IxSAN, sécurisation automatique du trafic, diversité des chemins optiques de bout en bout) ;
- des équipements qui composent le réseau opérationnel de Cegetel ;
- des moyens d'exploitation du service IxSAN identiques à ceux mis en œuvre sur le réseau opérationnel ;
- d'une distance entre les points de livraison du service IxSAN, variant de 50 à 1060 km⁵ pour juger de l'impact de la distance sur les performances globales du réseau de stockage.

2.2. Les usages étudiés sur le réseau de stockage

Deux typologies de stockage de données ont été testées (*pour une description détaillée cf Annexe technique : description de la chaîne de liaison*). Ces deux typologies (SRDF synchrone et Adaptive Copy asynchrone) répondent à des besoins de performances de réplication de données distincts et complémentaires.

- 1) la réplication de données entre deux baies de disques en réplication synchrone SRDF (Technologie EMC)

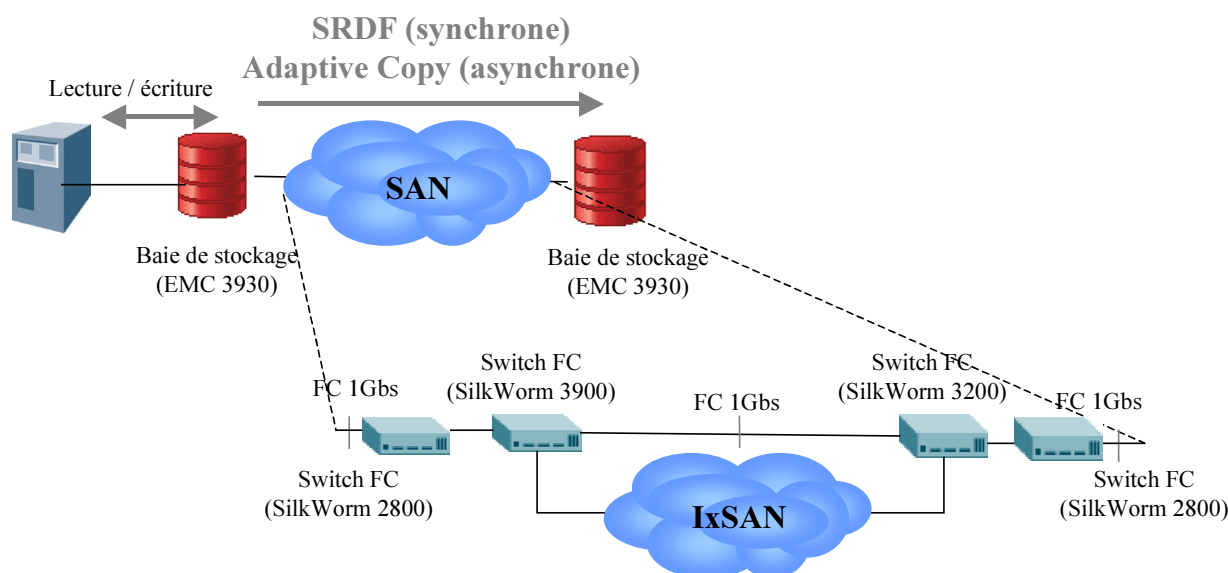


Figure 1 : Réplication de données entre deux baies

Nous avons utilisé un réseau de quatre Switch FC (Fibre Channel) pour reproduire un réseau SAN réel

⁵ Ingénierie d'un Lille Marseille sur le réseau de transmission Cegetel.

2) l'accès à distance de données stockées sur baie de disque.

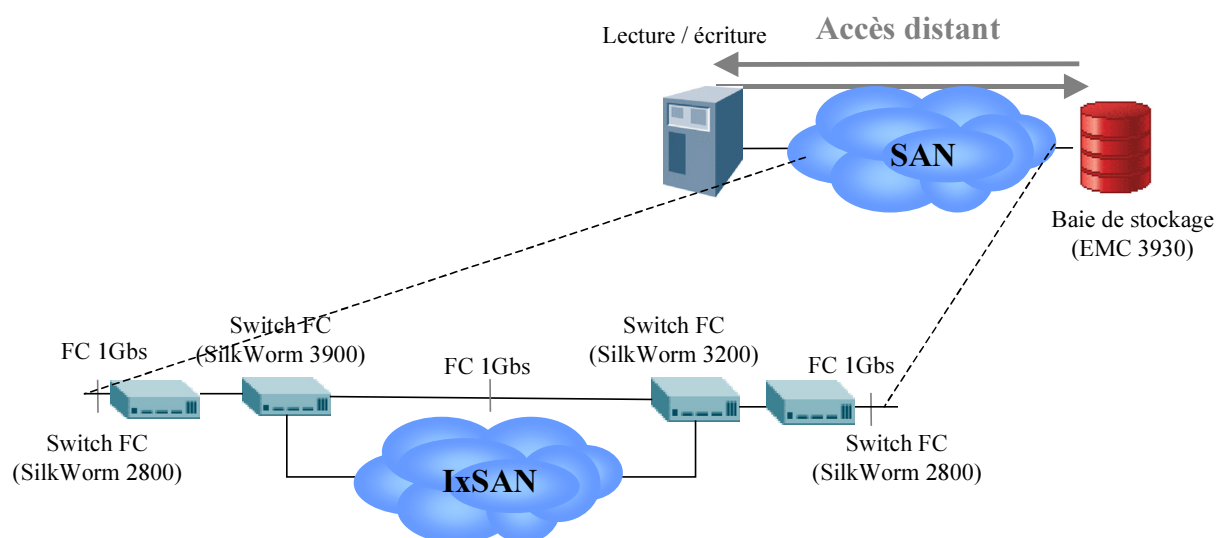


Figure 2 : Accès à distance sur baie de disque

Les Switch du SAN sont interconnectés par 2 chemins différents : un chemin direct sur fibre optique et un chemin passant par IxSAN. Cette configuration permet en outre de comparer les caractéristiques et les performances de transmission du service IxSAN par rapport à une simple interconnexion sur fibre noire des Switch Fibre Channel

Pour tester les applications informatiques les plus représentatives générant des données à stocker sur un réseau, un générateur d'I/O, développé par SFRCegetel SI, injecte des I/Os de tailles variables de 512 octets à 512 ko, avec des profils de ratios lecture / écriture variés.

Le tableau suivant présente la typologie et le profil des I/Os générés. Pour mémoire, les types d'I/O rapportés aux applications sont décrits dans le tableau ci-dessous.

	Utilisation courante	Majorité des accès
512K	File Handling / Backup / Restauration	Lectures / Ecritures séquentielles
256K		
128K	DataWare House	Lectures random et séquentielles 50% Lectures / Ecritures en mises à jour
64K		
32K	Base de données de type Oracle, Sybase (> 12.5) Batch	50M Lectures / Ecritures Principalement Random
16K		
8K	Base de données de type Oracle, Sybase (>12.5) OLTP	Id
4K		
2K	Sybase (version < 12.5)	Id
0,5K	I/Osize minimum	
I/O Size		

Figure 3 : Profil d'I/O et utilisation

2.3. Paramètres de performances mesurés

4 paramètres de performances ont été suivis durant les tests :

Paramètres de performance	Impact sur le fonctionnement du réseau de stockage
Transparence des équipements IxSAN dans le réseau de stockage	L'interopérabilité au niveau Fibre Channel des équipements IxSAN garanti un fonctionnement optimal du réseau SAN, Une transparence totale des équipements IxSAN permet à l'administrateur de se consacrer à la gestion de ses équipement SAN sans avoir à en gérer les interconnexions via IxSAN.
Débit Fibre Channel en fonction de la distance	Quelle que soit la distance d'interconnexion des équipements SAN, un débit garanti Fibre Channel est particulièrement important pour la mise en œuvre du mécanisme de réplication synchrone.
Impact des coupures transmission sur le transfert des données	Les coupures de transmission bien que rapides (<50ms) peuvent induire des temps de services incompatibles avec le fonctionnement de l'application
Débit de transfert des données	Le débit de transfert de données trop faible peut être incompatible avec le fonctionnement de certaines applications informatiques. La distance entre les SAN et, le type de réplication de donnée, fixe un débit applicatif minimum à atteindre.

2.4. Transparence des équipements IxSAN dans le réseau de stockage

Les équipements IxSAN sont complètement transparents : les Switch connectés à IxSAN se "voient" comme s'ils étaient connectés localement sur une fibre optique.

La négociation de BB_Credit entre le Switch Fibre Channel et IxSAN est automatique.

2.5. Débit FC 1Gbs en fonction de la distance

Sans gestion de BB_Credit, une dégradation du débit FC est observée en fonction de la distance.

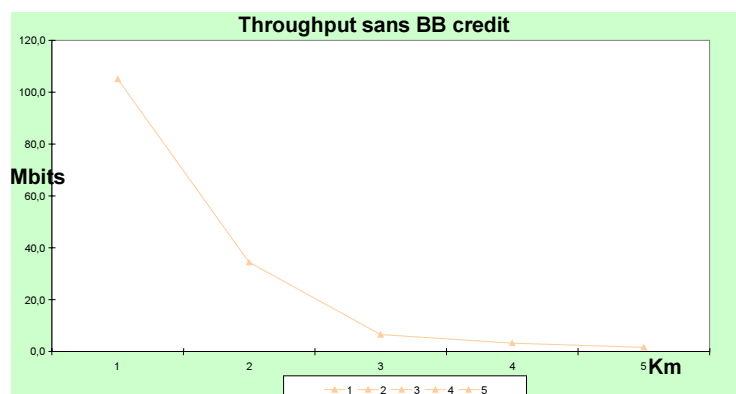


Figure 4 : Débit garanti sans BB Credit en fonction de la distance

Avec la gestion des BB_Credit uniquement dans les Switch FC, on observe une dégradation après une certaine distance (fonction des BB_Credit) comme le montre le graphe ci-dessous :

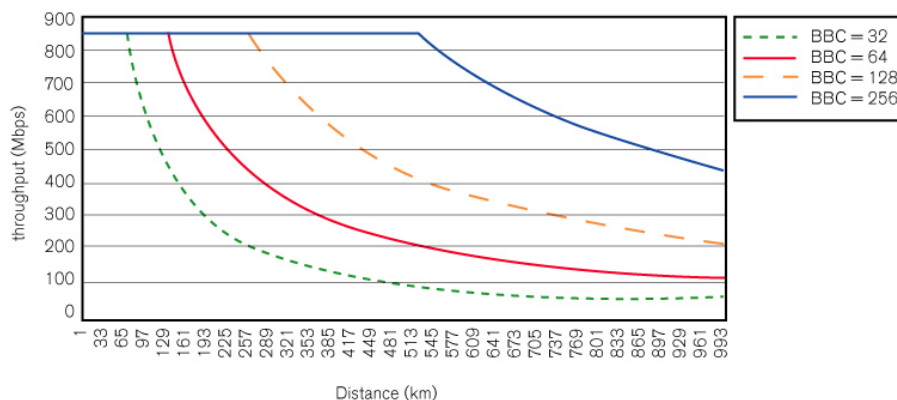


Figure 5 : Bande passante utile d'un lien FC 1 Gbps en fonction de la distance et de la taille des BBC.

Avec la gestion des BB_Credit dans les équipements IxSAN, aucune dégradation même au delà de 1000 km n'est observée.

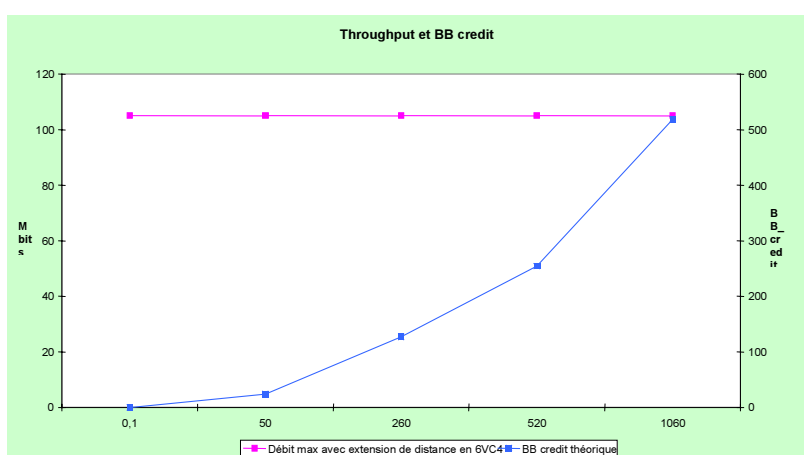


Figure 6 : Débit FC & BB crédit

Ce test a été effectué en connectant un générateur de trafic Smartbit 600⁶ directement sur l'infrastructure IxSAN (sans Switch FC). Le débit généré par la valise est de 1Gbps.

2.6. Impact des coupures de transmission sur le transfert de données

Nous avons utilisé une configuration de baies de disques interconnectées au Switch FC, eux mêmes interconnectés au travers d'IxSAN, et utilisant la réplication SRDF synchrone. Le service IxSAN, sécurise la transmission par un chemin nominal de 0 km et un chemin de secours de 1060 km. Une coupure dans le réseau (coupure fibre, panne de cartes d'équipement IxSAN) fait basculer le service du chemin nominal vers le chemin de secours en moins de 50 ms.

⁶ Equipement de test Spirent Communications

Le temps de service (intervalle de temps en "ms" entre l'envoi de donnée du serveur informatique sur un disque pour écriture et la réception de l'acquittement d'écriture du disque) est représenté en ordonnée. Initialement la transmission s'effectue sur le chemin à 0 km, donc un temps de service de 25 ms,. Les basculements sur le chemin long font augmenter le temps de service à 35 ms (un aller retour de 1000 km représente une latence de 10 ms). Le graphique suivant illustre les impacts du temps de service lors de coupure entraînant un basculement :

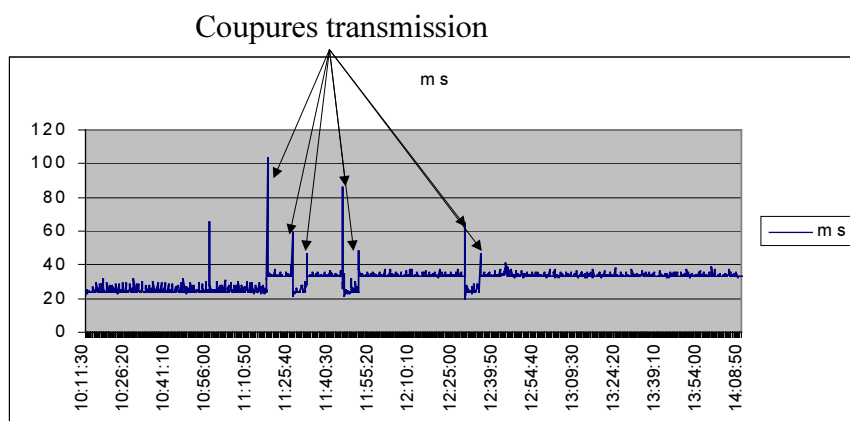


Figure 7 : Impact coupures de transmission

Les pics de temps de réponse de 100 ms sont induits par l'indisponibilité du service au moment du basculement (50 ms d'indisponibilité du service de transmission). Les trames Fibre Channel sont réémises par les équipements du réseau IxSAN. Aucune trame n'est perdue.

La rapidité des mécanismes de rétablissement a permis de ne jamais avoir à reconfigurer la Fabric Fibre Channel (pas de reroutage FSPS au niveau des Switch Fiber Channel).

2.7. Débit en Mo/s en fonction de la distance

Dans une baie de stockage, les deux facteurs limitant sont :

- 1) le débit maximum en Mo/s par port FC,
- 2) le nombre I/O par seconde maximal et par port (2000 I/O par seconde dans notre cas).

La saturation du port peut être atteinte avec des I/O de petites tailles sans pour autant atteindre le débit maximal en Mo/s par port. Pour les I/O de grandes tailles, la limitation tient du débit maximal par port uniquement. Ainsi, les courbes présentées ci dessous ont un profil en "S" du fait des limitations de la baie.

2.7.1. Tests avec SRDF synchrone

Un aplatissement de la courbe est mesuré dans le cas des I/O de grandes tailles (64 Ko et plus)

Dans le cas de réplication de données avec SRDF synchrone, une dégradation du débit (Mo/s) à partir de 520 km est constatée

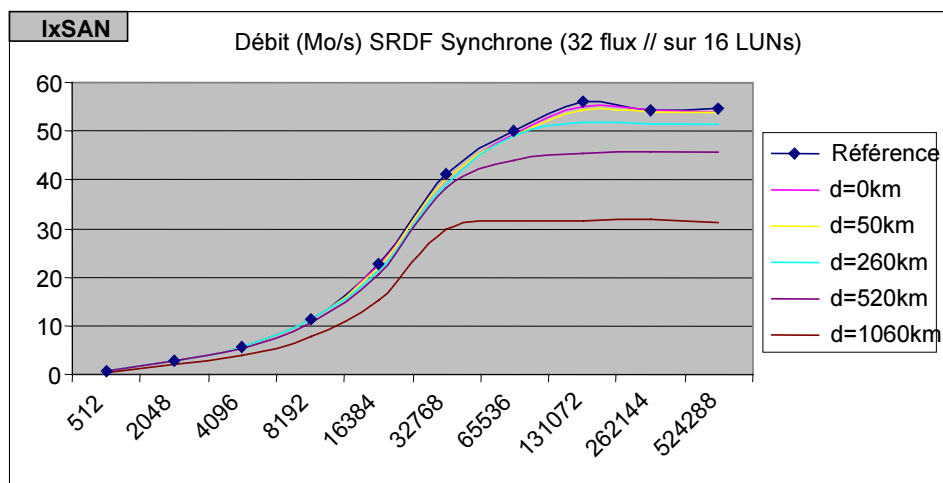


Figure 8 : Test SRDF synchrone en fonction de la distance

La taille des blocs I/O est représentée en abscisse.

2.8. Débit en Mo/s en fonction de la bande passante

le service IxSAN peut fournir un service de bande passante de Nx150 Mbps (Nx15 Mo/s). Le réseau de stockage ne consommant jamais plus de 30 Mo/s en SRDF synchrone, le débit de la liaison IxSAN a été ajusté sur les débits suivants :

- 6VC-4 = 100 Mo/s ;
- 3VC-4 = 45 Mo/s ;
- et 1VC-4 = 15 Mo/s.

En regardant l'impact sur le débit de transfert des données, aucune dégradation du débit avec une bande passante de 100 Mo/s et 45 Mo/s n'est constatée, alors qu'un écrêtage du débit entre baies est identifié avec une bande passante réseau de 15 Mo/s.

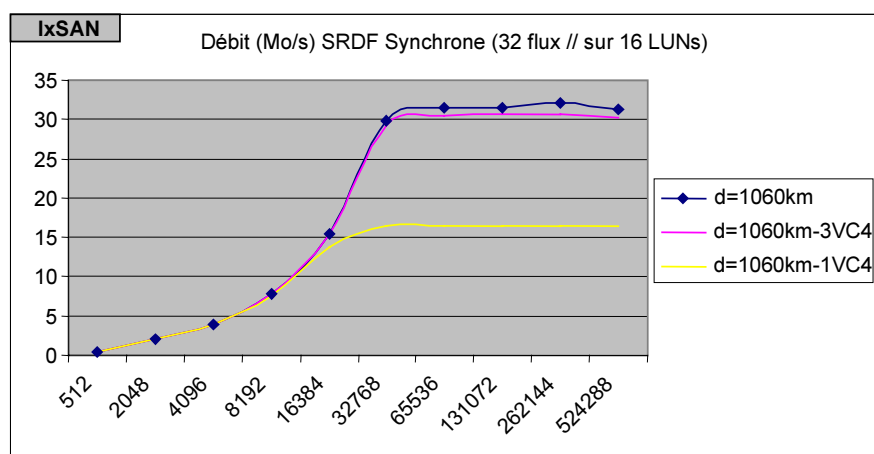


Figure 9 : Test SRDF synchrone en fonction du débit réseau IxSAN

Résultat important de ce test :

Le service IxSAN peut fournir un service de bande passante de Nx15Mo/s, correspondant au besoin applicatif du réseau de stockage (ici 30 Mo/s) avec des mécanismes de contrôle de flux Fibre Channel standard permettant de s'adapter au débit de la liaison dans le réseau de l'opérateur et donc de consommer dans le réseau de transport une bande passante adaptée au besoin de l'interconnexion. Cela différencie l'offre IxSAN par rapport à des offres de transport dimensionnées en bande passante au débit maximum de l'interface Fibre Channel sans se préoccuper de la consommation effective de bande passante par le réseau de stockage. Dans ce cas, l'impact pour le client est financier.

2.8.1. Tests avec Adaptive Copy

Adaptive Copy est un mécanisme de réplication de données asynchrone.

La distance n'a aucun impact sur les performances de réplication (débit en Mo/s)

Le même profil de la courbe en « S » qu'en SRDF synchrone est constaté, avec la même valeur maximale de débit de 60 Mo/s (liée à la performance de la baie). Le mode asynchrone supprime l'impact de la distance sur le débit (M/os) au prix d'une désynchronisation des baies de stockage. Comme le montre le graphique suivant :

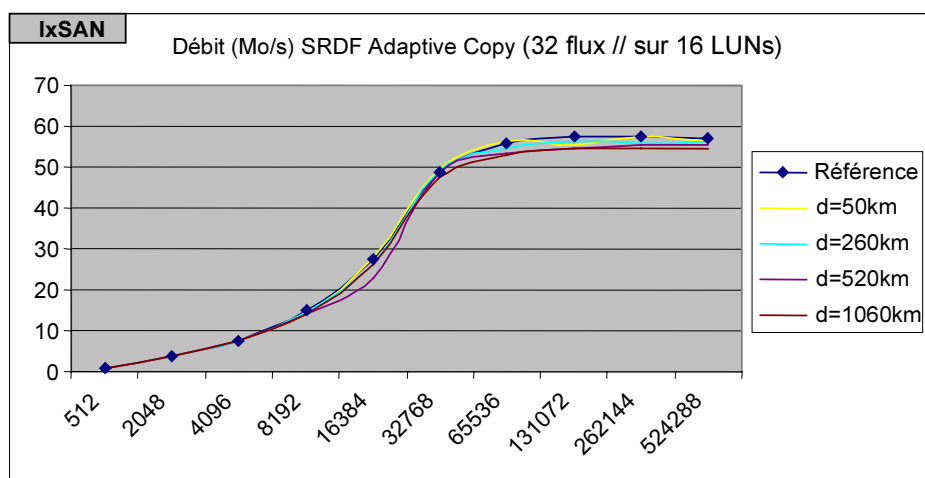


Figure 10 : Test adaptive copy

2.8.2. Tests de l'accès distant (50 % de lecture / 50 % d'écriture)

Dans ce scénario, l'écriture se fait directement du serveur sur la baie distante, au travers du service IxSAN et avec un taux de lecture et d'écriture de 50 %.

Les performances en terme de débit d'un accès des données à distance se fait réellement ressentir à partir de 520 km

comme le montre le graphique suivant :

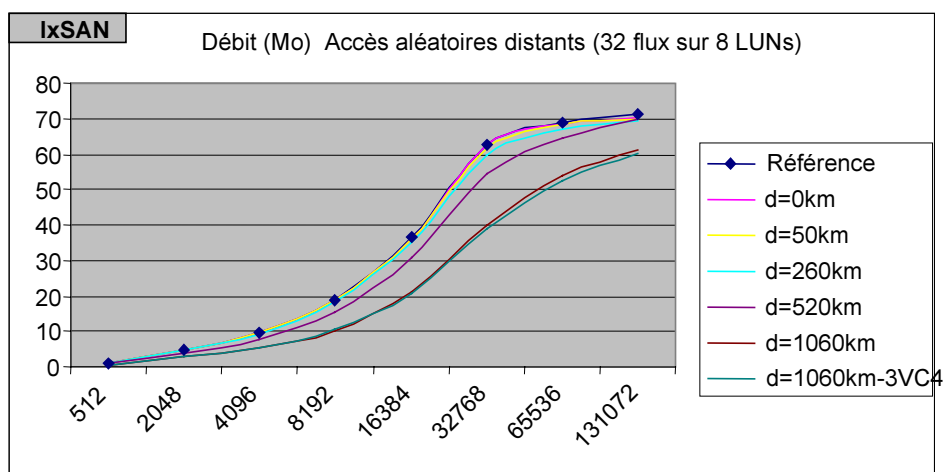


Figure 11 : Test adaptive copy R/W en configuration accès distant

3. Conclusion

Cegetel a testé la réplication synchrone avec SRDF , asynchrone avec adative Copy ainsi que l'accès à distance à des données.

La chaîne de liaison intégrait le service IxSAN, la distance varie de 0 à 1060 km. Les conclusions sont les suivantes :

La solution IxSAN permet de fournir un débit Fibre Channel constant de 1Gbps jusqu'à plus de 1000 km (exemple de réplication de base Oracle).

Les mécanismes de sécurisation rapides n'ont jamais déclenché de re-routage FSPF lors des coupures de transmission.

Il est possible d'adapter le débit réseau offert, aux performances et aux applications de stockage.

Chaque application et chaque architecture est spécifique. C'est la raison pour laquelle, à l'instar des tests précédemment décrits, des tests de plates-formes peuvent être nécessaires pour vérifier le bon fonctionnement de la chaîne de liaison de stockage.

L'abaque ci-dessous, synthétise les résultats de performance de la maquette EMC/Brocade/Cegetel pour lesquels le débit de transfert de données a été spécifiquement suivi. Les applications sont classées en fonction du type d'I/O utilisé et du ratio de lecture / écriture sur les disques.

Exemples :

- ↳ pour une I/O de 2 ko avec un taux d'écriture de 75 %, la distance maximale de bon fonctionnement est 500 km ;
- ↳ pour une I/O de 128 ko avec un taux d'écriture de 50 %, la distance maximale de bon fonctionnement est 250 km.

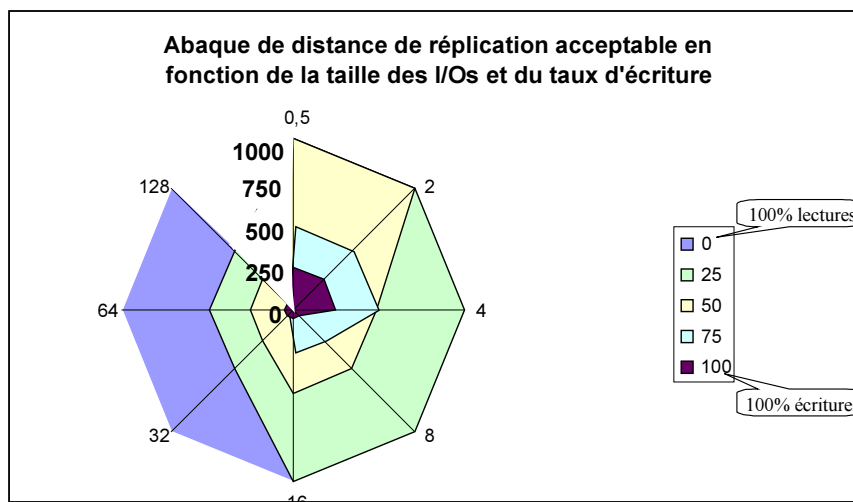


Figure 12 : Abaque spécifique à la maquette EMC/Brocade/Cegetel en fonction de la distance

Ainsi, à l'issue de ces tests et en classant sommairement les applications en fonction du type d'I/O et du mode de lecture/ écriture, les limites de bon fonctionnement peuvent s'exprimer en fonction de la distance de la manière suivante :

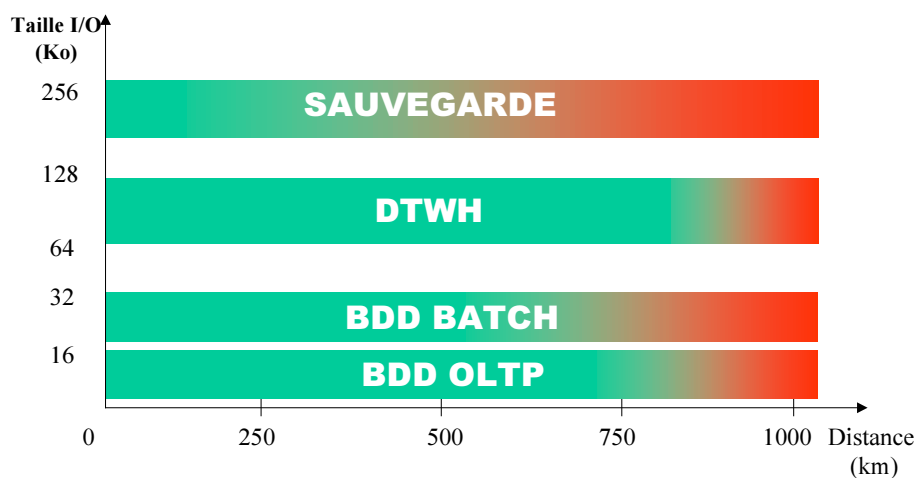


Figure 13 : Préconisation d'application Cegetel

Cette définition de zone de tolérances des applications est le résultat des tests sur le réseau de Cegetel dans le cadre de la qualification des performance d'un réseau de stockage spécifique sur le service IxSAN.

Cela ne constitue pas une préconisation générale car l'architecture spécifique du réseau de stockage ainsi que, les performances des baies de disques, des serveurs informatiques et le réseau d'opérateur utilisés influent fortement sur le débit de transfert de données.

Annexe technique : description de la chaîne de liaison

Serveur informatique	Baie de disque	Switch FC	IxSAN
Type de serveur SUN Fire 15000 - RAM : 8192 Mb - CPU : 4	Modèle : EMC3930	Modèle : SW3200	Interfaces physique FC1Gbs
Version OS :SON OS 5.8_Generic_108528-19 HBA : QLogic 2200	Version Firmware : 5267	Nombre de port : 12	Interface fonctionnelle : E-Port (connectivité E-Port native)
	Nombre de port FA sur serveur et sur Switch FC : 1 port FC 1Gbs sur serveur 4 ports FC 1Gbs sur Switch FC	Version Fabric OS : 2.60d ou supérieure (SW2800) 3.1.0 (SW3200) 4.1.0 (SW3900)	Granularité du transport : Nx150Mbs (Nx15Mo/s) jusqu'au 1Gbs
Générateur applicatif : propriétaire Cegetel	Disques (SEAGATE à 10000 rpm) : 248 de 18 Go	Configuration des ports Désactivation du trunking, et passage en ISL R_RDY.	Sécurisation SNCP (rétablissement<50ms)
	Découpage des disques : 52 Metas (Stripe de 4 HVE de 8.43 Go) de 33.72 Go et 43 HVE de 8.43 en RAID 1		Gestion de BB_Credit intégré
	Découpage SRDF : 52 Metas RDF		Taux d'erreur binaire <10-12 Temps de latence prédictible Gigue

Typologie et architectures testées

Configuration réplication synchrone SRDF

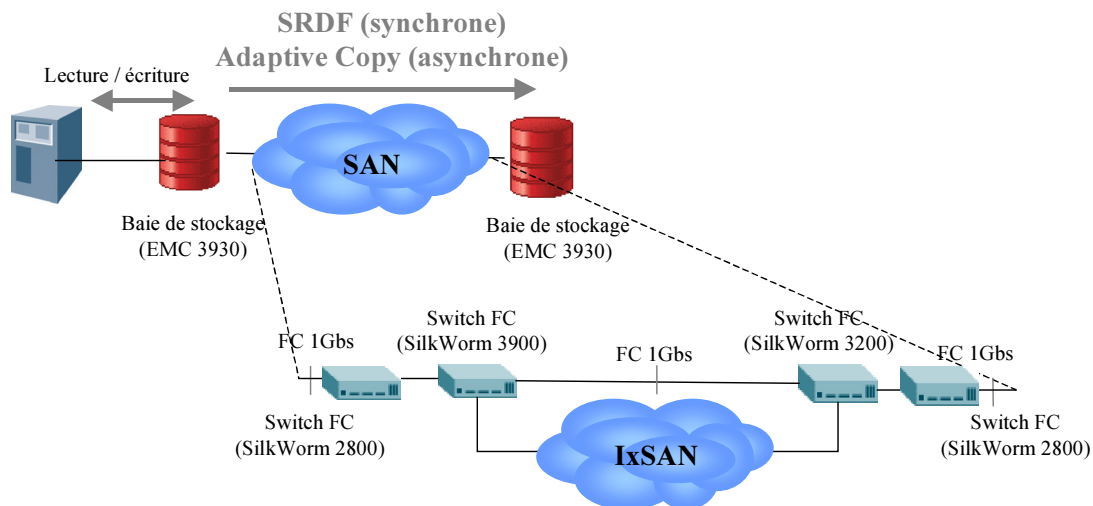


Figure 14 : Configuration disque de 16 LUNs de 33Go en Raid 1+0 (10) (2x4 axes)

Configuration accès à distance

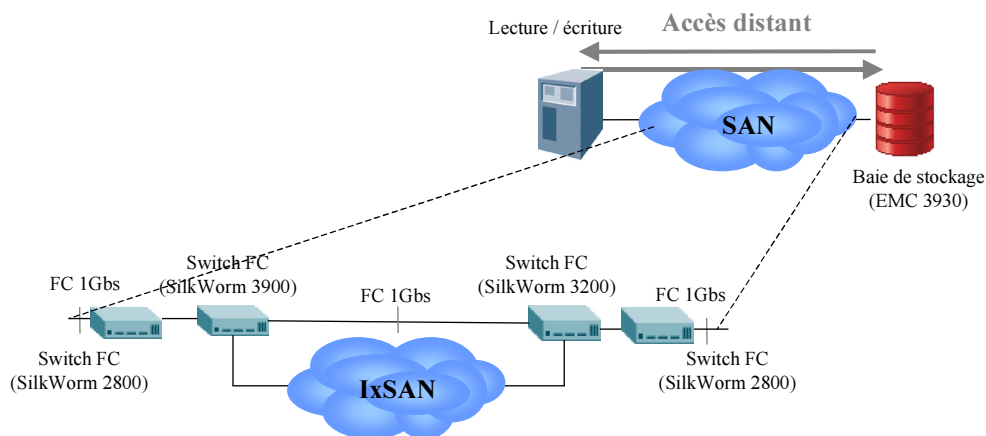


Figure 15 : Configuration disque de 8 LUNs de 33Go en Raid 1+0 (10) (2x4 axes)

GLOSSAIRE

Baie de stockage	Ensemble de disques durs permettant le stockage des données sur des serveurs de données. Elément du SAN.
Bibliothèque d'archivage	Ensemble de bandes magnétiques installées dans une baie, pouvant être commandé par un automate. Utilisées pour archiver les données des baies de disque. Elément du SAN
Caching	Procédé de stockage transitoire de données dans des mémoires de types RAM ou dans un espace disque spécifique
FABRIC ou FC-Switch	Architecture à base de lien FC utilisant un ou plusieurs commutateurs Fiber Channel
FC	Fiber Channel : Protocole de transmission (1,06 & 2,16 Gbit/s) spécifique aux technologies de stockage entre des serveurs, des routeurs, des commutateurs, des bibliothèques de sauvegarde et des baies de stockage. La capacité utile qui s'exprime en "octet", 1,06Gbit/s, est alors équivalente à exprimer : 100Mops
Lambda	Voir « Longueur d'onde » ci-dessous.
Longueur d'onde	Dans le cadre du WDM, « longueur d'onde » fait référence à un signal optique définie par une fréquence bien spécifique (normalisée par l'ITU-T). Le terme de « canal » ou de « lambda » est aussi employé. Chaque longueur d'onde sert à transporter un signal client différent.
LUN	Logical Unit Number d'un périphérique
Miroir de disques	Copie synchrone de données sur des disques différents des disques primaires utilisée dans le cadre de données fortement critiques pour maximiser la disponibilité et les performances d'un système d'information.
Réplication	Fonctionnalité permettant de copier des données sur un autre système afin de sécuriser les données sur des sites distants en cas d'incident majeur sur le site principal. La réplication est réputée synchrone lorsqu'elle est acquittée par la machine distante. La réplication est réputée asynchrone lorsque l'écriture est anticipée par des mécanismes de coaching.
Serveur d'application	Serveur informatique hébergeant les applications critiques de l'entreprise : facturation, réservation.
Serveur de données	Serveur informatique stockant les données nécessaires au serveur d'application. En général, un serveur de données est dédié à un serveur d'application. élément du SAN
SAN	Storage Area Network Réseau dédié aux serveurs et périphériques de stockage avec un accès direct aux disques convenant au support aux données et aux applications transactionnelles intensives
SDH	Synchronous Data Hierarchy (Hiérarchie Numérique Synchrone) Cœur d'une architecture de transmission destinée aux infrastructures de réseaux de télécommunication, à base de fibres optiques. Elle définit des niveaux successifs de concentration et de multiplexage des voies de transmission.
STM-n	Valeur de débit en SDH, équivalente à $n \times 155 \text{ Mbits}$ ($n=1,4,16$)
SNCP	SubNetwork Connection Protection : Un mécanisme de protection SDH, qui permet de protéger le trafic au niveau des conduits SDH (VC-4, VC-12) en basculant en réception sur la voie de secours en cas de panne ou de coupure de la ligne. Utilisé pour des liaisons en configuration « anneau ».
Switch Fiber Channel	Commutateur de trame FC. Elément central du SAN. Relie des serveurs de données aux baies de disques aux archives. Systématiquement redondé Principal élément d'interconnexion aux équipements de transmission.
Throughput	Débit utile de transmission. Le throughput peut être différent du débit maximal d'une interface de transmission lorsqu'il y a acquittement de trames entre émetteurs et récepteurs
VC-4	Virtual Container : Type de circuit SDH de capacité de transport de 150Mb/s. Les circuits SDH peuvent être protégés par mécanisme SNCP par exemple
WDM	Wavelength Division Multiplexing : Technique de transmission permettant de transporter plusieurs longueurs d'ondes sur une même fibre optique par multiplexage en fréquence.