Bases du stockage réseau

Module Admin Sys Réseau – S26E01

Philippe Latu / Université de Toulouse
inetdoc.net

Le stockage s’est échappé du système pour devenir une fonction réseau !

Le plan

- Quels sont les enjeux ?
- Définir les familles de stockage
- Gérer les volumes logiques
- Décrire les enjeux sur les usages
- Décrire le scénario des travaux pratiques

Quels sont les enjeux ?

Chaque nouvelle génération ou solution de stockage…
utilise les outils des générations précédentes

Les enjeux : toujours plus de ...

- Capacité de stockage
  - La quantité de données à stocker augmente de façon continue et rapide
- Disponibilité (*availability*)
  - Règle des cinq neuf *(five nines)* : *99,999 %* du temps
- Évolutivité (*scalability*)
  - Étendre, copier, déplacer, etc. : sans impact sur les usages
- Facilité de gestion (*manageability*)
  - Évaluer les performances en fonction des usages

Définir les familles de stockage

Pourquoi le disque dur a-t-il rompu avec le SSD ?

Parce qu'il ne pouvait pas supporter la vitesse de leur relation !

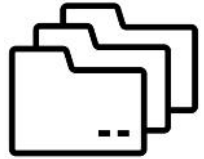
3 modes d’accès au stockage

Mode bloc

- Unité de stockage de taille fixe
- Utilisable par un système après partitionnement et formatage

Mode fichier

- Unité de stockage de taille variable
- Utilisable par une application



Mode objet

- Séparation entre les données et leurs métadonnées
- Utilisable par une API

Définitions des types d'accès

Direct Attached Storage → DAS

Applications
Système de fichiers **local**
Gestion de volumes
Sous-système noyau

Accès mode bloc

bus

Storage Area Network → SAN

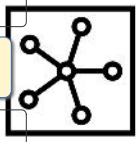
Applications
Système de fichiers **local**
Gestion de volumes
Sous-système noyau

bus

Network Attached Storage → NAS

Applications
Système de fichiers **réseau**
TCP/IP
Ethernet

Accès mode fichier

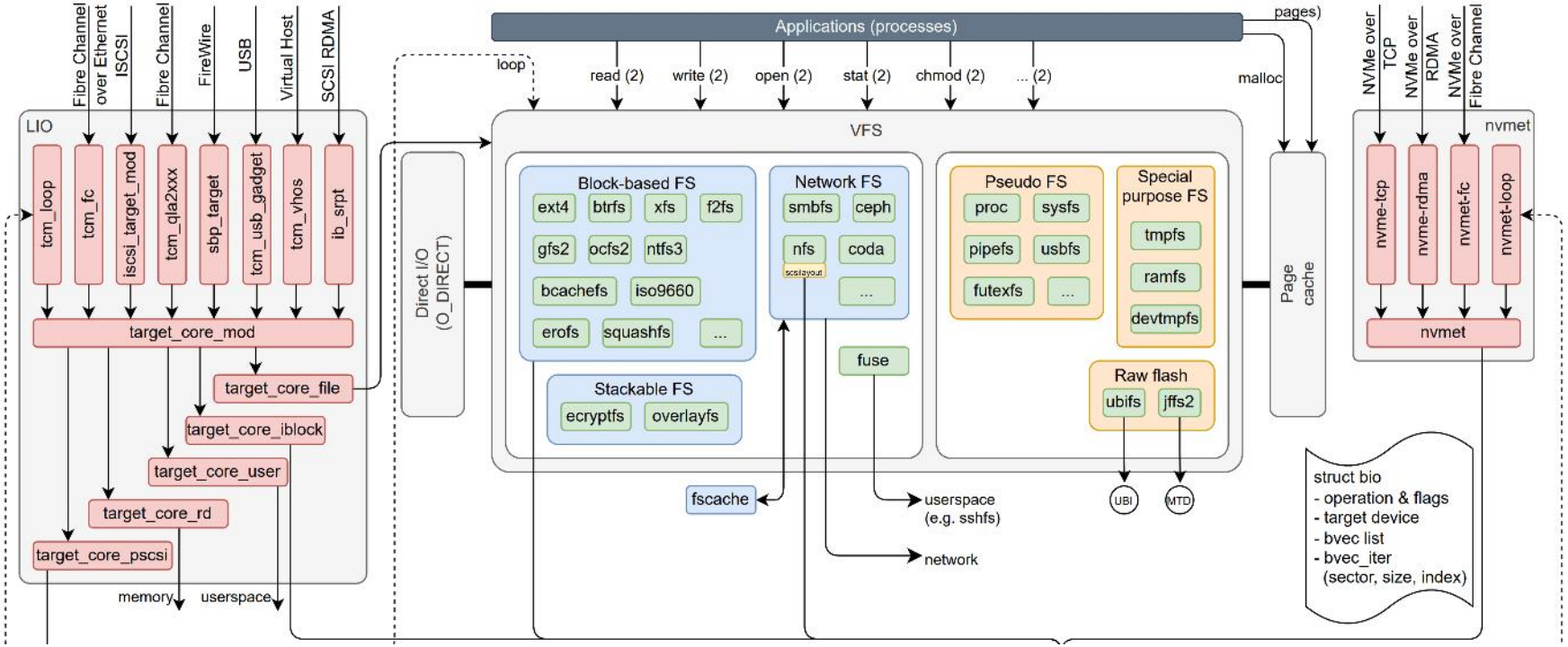


Ethernet
TCP/IP
Système de fichiers **réseau**
Applications

bus

Direct Attached Storage → mode bloc

The Linux Storage Stack Diagram



Direct Attached Storage → mode bloc

Avantages

- Accès direct → latence faible
- Coût d'administration faible → pas d'outil intermédiaire ou de réseau
- Transferts en volume à haut débit

Inconvénients

- Évolutivité très limitée → capacité fixe
- Accès limité → réservé à un unique système
- Résilience faible → limitée aux fonctions RAID

Réservé aux performances et accès critiques

Direct Attached Storage → technologies

Caractéristique	SCSI parallèle (jeu de commandes)	SAS (interconnexion)	NVMe (protocole + jeu de commandes)	Critère
Performance	Moyenne	Élevée	Très élevée	IOPs
Fiabilité	Bonne	Très bonne	Excellente	Composants
Évolutivité	Moyenne	Très bonne	Excellente	Nombre d'unités
Consommation énergétique	Modérée	Basse	La plus basse	Watts
Cas d'usage typique	général	Hautes performances et grande capacité	Applications très hautes performances	Coût du To versus IOPs

Direct Attached Storage → RAID

RAID	Nombre minimum d'unités	Capacité utile N = nombre d'unités C = capacité d'une unité	Description
0	2	N x C	Concaténation par bandes Aucune tolérance aux pannes
1	2	C	Miroir
10 (1 + 0)	4	(N x C) / 2	Miroir et concaténation
5	3	(N - 1) x C	Répartition par bandes avec parité distribuée et E/S aléatoires
6	4	(N - 2) x C	Répartition par bandes avec double parité distribuée et E/S aléatoires

Tolérance aux pannes

Redundant Array of Independent Disks

Storage Area Network → mode bloc

Avantages

- Évolutivité → gestion centralisée du stockage et de la capacité
- Flexibilité → partage du stockage entre serveurs hétérogènes
- Fiabilité → peut éliminer les points uniques de défaillance avec la redondance

Inconvénients

- Complexité → combine le réseau et le stockage
- Expertise → compétences en architecture et qualité de service
- Coût → recours à des équipements spécialisés

Recherche de compromis performances / fiabilité

Storage Area Network → technologies

Caractéristique	Fiber Channel	iSCSI	NVMe sur réseau	Critère
Protocole	SCSI sur fibre optique	SCSI sur TCP/IP	NVMe sur Ethernet/FC/IB	
Performance	Élevée	Dépend du réseau	La plus élevée	IOPs et débit réseau
Évolutivité	Bonne	Excellente	Excellente	Standards réseau
Coût	Élevé	Le plus bas	Moyen	Acquisition et administration
Cas d'usage typique	Applications exigeantes en latence	Virtualisation et Cloud	Applications très hautes performances	Performances

Network Attached Storage → mode fichier

Avantages

- Simplicité → utilisation des ressources existantes
- Flexibilité → partage du stockage entre serveurs et clients
- Évolutivité → adaptation dynamique de la capacité de stockage

Inconvénients

- Risque de congestion réseau → variabilité des usages/des clients
- Sécurité → solutions dépendantes des systèmes d'exploitation
- Performances → généralement dépendantes du réseau

Recherche de compromis flexibilité / fiabilité

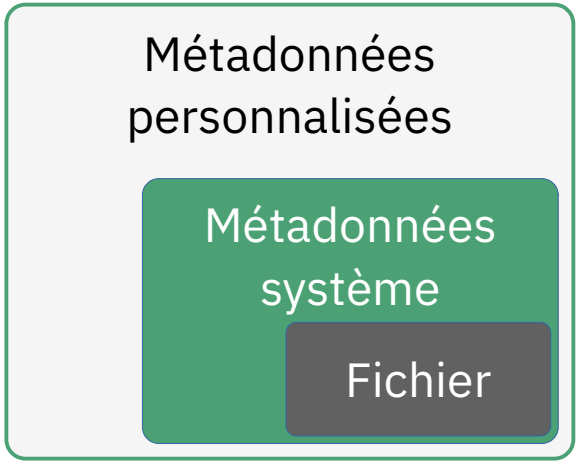
Network Attached Storage → technologies

Caractéristique	NFS	SMB	BeeGFS	Critère
Système	Linux / macOS	Microsoft / Linux / macOS	Linux / HPC	
Concept	montage	partage	distribué et parallèle	Mode de publication
Authentification	LDAP, Kerberos	Active Directory, NTLM, Kerberos	connexions entre composants	Sécurité des accès
Performance	Très bonne	Bonne	Excellente / accès parallèles	débit / latence
Cas d'usage typique	Monde Unix/Linux	Monde Microsoft	Calculs / IA	Système et étendue

Object Storage → mode objet

Un objet est composé par :

- Un fichier
- Des métadonnées
- Un identifiant unique



Concepts clés

- Les métadonnées permettent l'indexation, la recherche et la gestion des objets
- Le stockage devient non-structuré → « ni fichiers, ni dossiers »
- Priorité à l'indexation

Object Storage → mode objet

Avantages

- Évolutivité massive → pétaoctets de données réparties
- Flexibilité → données non structurées et richesse des métadonnées
- Haute disponibilité → réplication « transparente » entre les nœuds

Inconvénients

- Latence → temps d'accès et/ou fréquence des accès
- Coût → transferts de grands volumes entre « lacs de données »
- Complexité → stratégies de placement, sauvegarde/restauration

Recherche d'une gestion algorithmique du stockage

Object Storage → technologies

Caractéristique	Amazon S3	OpenStack Swift	Ceph + RADOS Gateway	Critère
Déploiement	Cloud public	Cloud privé	polyvalent	RESTful API
Évolutivité	Très élevée	Élevée	Excellente	Standards / API
Sécurité	*Identity and Access Management*	*Access Control Lists*	*Access Control Lists*, Kerberos	Chiffrement au repos et en transit
Réplication	multi-région	multi-région	Distribuée	Disponibilité
Cas d'usage typique	*Data analysis, serverless*	Images, calculs scientifique	Grande échelle	Nature et étendue

Quiz familles de stockage – question 1

Quel est le mode d'accès au stockage qui utilise une unité de stockage de taille fixe ?

a) Mode fichier
b) Mode objet
c) Mode bloc

Quiz familles de stockage – question 2

Quelle technologie de stockage direct (DAS) offre les meilleures performances en termes d'IOPs ?

a) SCSI
b) SAS
c) NVMe

Quiz familles de stockage – question 3

Quel type de stockage réseau utilise le protocole SCSI sur TCP/IP ?

a) Fiber Channel
b) iSCSI
c) NVMe over Fabrics

Quiz familles de stockage – question 4

Quel système de fichiers réseau est principalement utilisé dans le monde Unix/Linux ?

- SMB/CIFS
- NFS
- BeeGFS

Quiz familles de stockage – question 5

Quel mode de stockage est composé d'un fichier, de métadonnées et d'un identifiant unique ?

a) Mode objet
b) Mode bloc
c) Mode fichier

Gérer les volumes de stockage

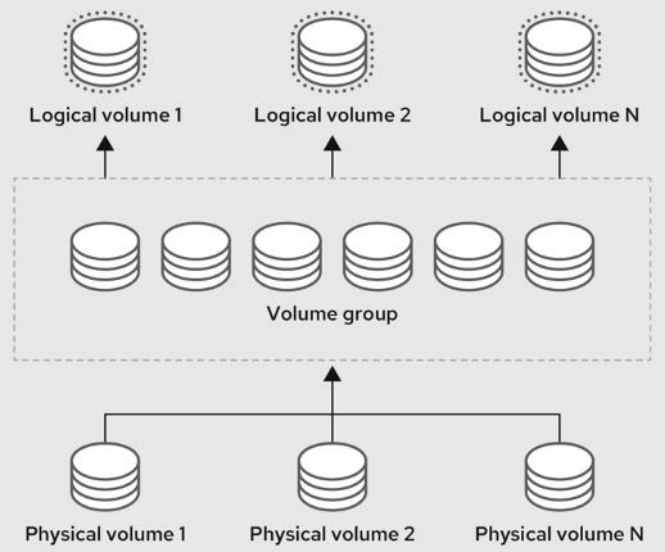
Étendre, réduire, déplacer et capturer des instantanés …

→ en cours de fonctionnement

→ sans impact sur les usages

Gérer des volumes de stockage

Abstraction du stockage physique



- Produire une vue homogène
  - Redondance RAID possible selon la solution
  - N unités physiques = 1 volume unique
  - 1 volume = 1 partition (ou un usage)
- Avantages
  - Flexibilité → redimensionnement
  - Résilience → tolérance aux pannes
  - Performances → choix SSD/NVMe/RAMFS

Gérer des volumes → solutions

Caractéristique	LVM	ZFS	Btrfs	Critère
Déduplication/ Compression	Non	Oui (*inline*)	Oui (déduplication *offline*)	Optimisation
RAID logiciel	Oui (associé avec `mdadm`)	Oui	Oui	Protection
Corruption/ Réparation	Non	Oui	Oui	Fiabilité
Redimensionnement	Oui	Oui (extension)	Oui	Évolutivité
Cas d'usage typique	Serveurs	Stockage NAS	Serveurs et stations	

Quiz gestion de volume – question 1

Quelle est la fonction d'un groupe de volumes ?

a) Formater des disques physiques
b) Créer des systèmes de fichiers
c) Regrouper plusieurs volumes physiques en un pool de stockage
d) Gérer les autorisations d'accès aux fichiers

Quiz gestion de volume – question 2

Quel avantage ZFS offre-t-il par rapport à LVM en termes de gestion des données ?

a) Support natif du RAID matériel
b) Meilleure compatibilité avec les anciens systèmes de fichiers
c) Détection et auto-correction des corruptions de données
d) Prise en charge native du chiffrement matériel

Quiz gestion de volume – question 3

Quels sont les composants principaux d'un système LVM ?

a) Volumes physiques, groupes de volumes, volumes logiques
b) Partitions primaires, partitions étendues, partitions logiques
c) Clusters, nœuds, disques
d) Répertoires, fichiers, liens symboliques

Décrire les enjeux sur les usages

"Le choix est la vie, et la vie est un choix." (Stéphane Hessel)

Questions sur les usages

- Quelle capacité de stockage ?
  - Maintenant, dans 3 ans, dans 10 ans
- Quelle est la fréquence et/ou la nature des accès ?
  - Transactions (a)synchrones, séquentielles, en cache
- Quelles sont les contraintes réglementaires ?
  - Vie privée, journalisation, durée de conservation
- Quels sont les profils d’accès ?
  - Homogènes ou hétérogènes

The I/O Blender effect !

Les flux d'entrées/sorties des machines virtuelles sont mélangés de manière aléatoire par l'hyperviseur avant d'être envoyés au système de stockage.

- Fragmentation et randomisation des E/S
  - Plus de modèle prédictif et augmentation du nombre d’E/S
- Impact sur les performances
  - Ralentissement global et augmentation de la latence
- Stockage inefficace
  - Perte de la gestion de cache et de l’optimisation des accès

Décrire le scénario des travaux pratiques

Cas d’usage : gestion du stockage d’un nœud de calcul scientifique

Quelques éléments sur iSCSI

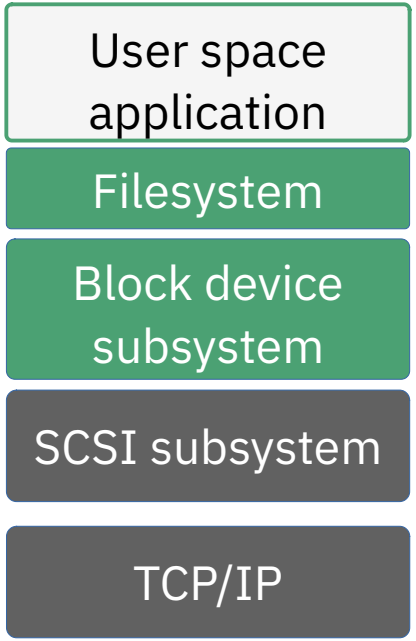
Initiateur iSCSI → consommateur

- Envoie des commandes SCSI encapsulées dans des segments TCP
- Identifié par un Nom Qualifié iSCSI (IQN) avec ou sans authentification CHAP

Cible iSCSI → producteur

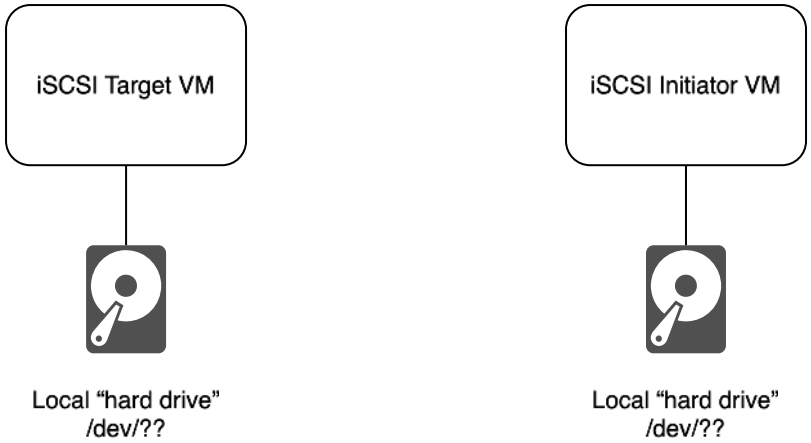
- Détient la ressource de stockage
- Répond aux commandes SCSI émises par l'initiateur
- Identifiée aussi par un nom Qualifié iSCSI (IQN)

Lien : What is iSCSI ?



1. Lancer deux machine virtuelles

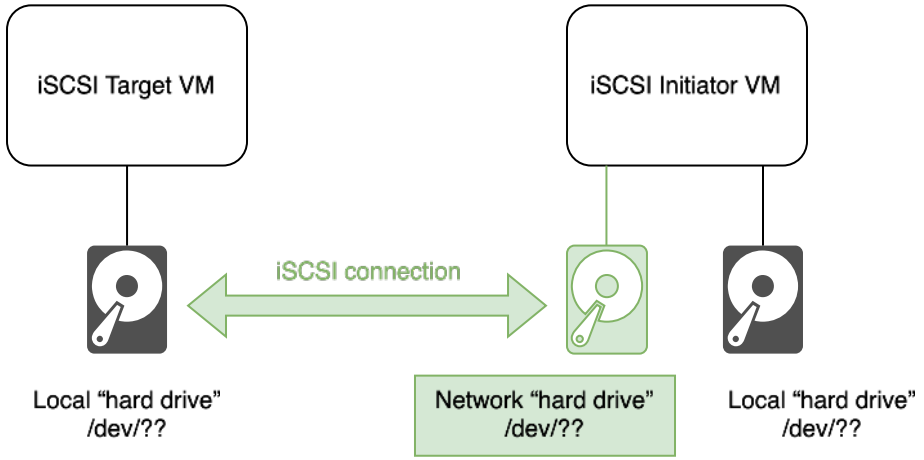
Ajouter une unité de disque à chaque machine



2. Établir la session iSCSI

Ajouter une unité de disque réseau à l'initiateur

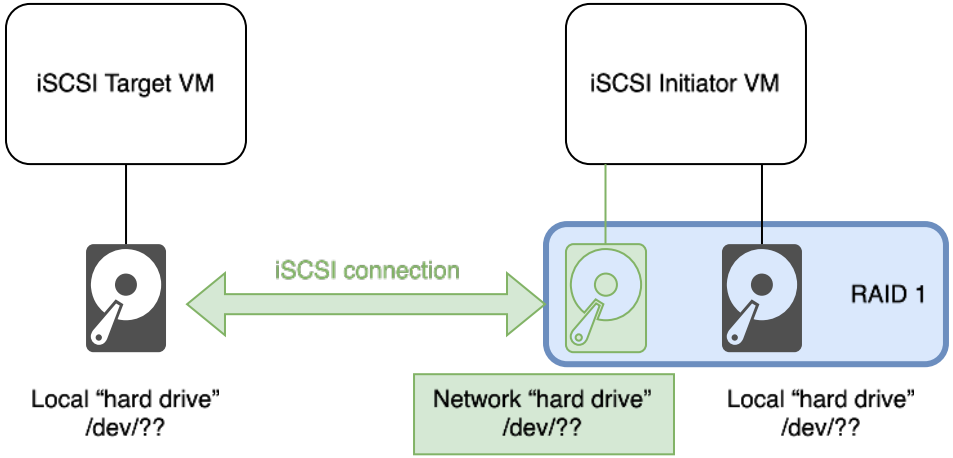
- Préparer la tolérance aux pannes



3. Assurer la redondance des données

Construire un tableau RAID 1 sur l'initiateur

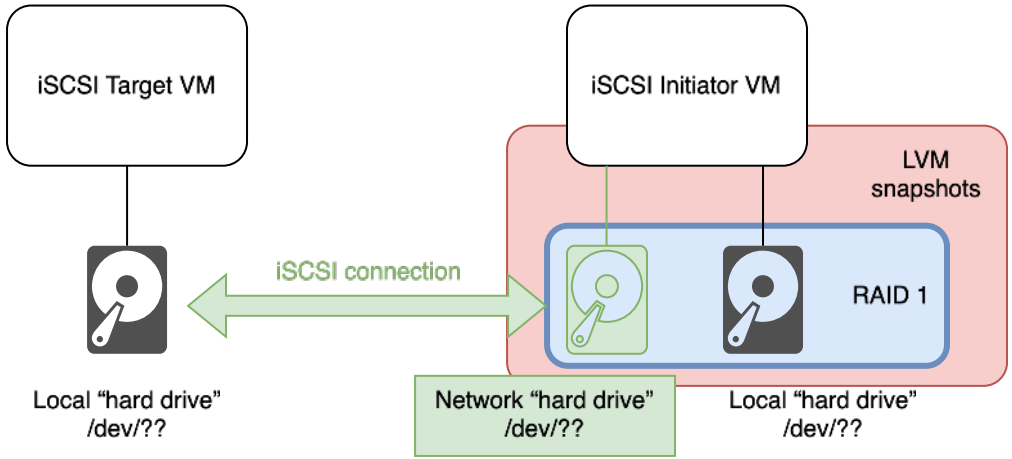
- Utiliser la réplication synchrone



4. Capturer des instantanés

Utiliser la fonction instantané (*snapshot)* de LVM

- Préparer une sauvegarde cohérente avec un point de restauration local



Pour conclure

On reprend...

Le stockage est une fonction réseau essentielle

- Chaque mode a ses avantages et cas d'usage spécifiques
  - Bloc (DAS, SAN) → performances critiques
  - Fichier (NAS) → flexibilité et partage
  - Objet → évolutivité massive
- Les enjeux sont majeurs
  - Demande de capacité toujours croissante
  - Nécessité de gérer les performances
  - Besoin d’évolutivité sans impact sur les usages

Le stockage est une fonction réseau essentielle

- Les volumes logiques apportent flexibilité et résilience
- Le choix d’une solution de stockage dépend :
  - De la nature des données et des accès
  - Des contraintes réglementaires
  - Des prévisions d’évolutions

Une expertise en stockage réseau est cruciale pour optimiser les infrastructures modernes