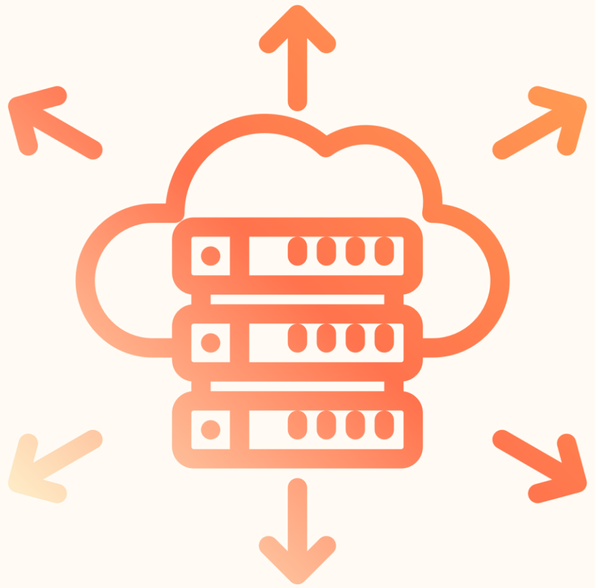
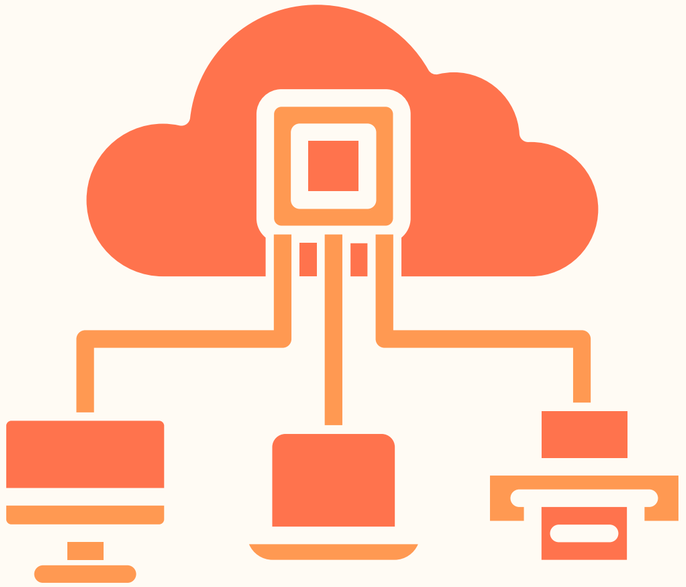
ARCHITECTURE
CLOUD ET HYBRIDES

Intervenant : Nathan VIDAL FAGES

PRÉSENTATION DU MODULE

- Chapitre 1 : Introduction aux architectures Cloud et hybrides
- Chapitre 2 : Gestion des risques liés aux architectures Cloud et hybrides
- Chapitre 3 : Stratégies de protection des données en environnement Cloud
- Chapitre 4 : Stratégies de protection des applications en environnement Cloud
- Chapitre 5 : Mise en pratique à travers des études de cas





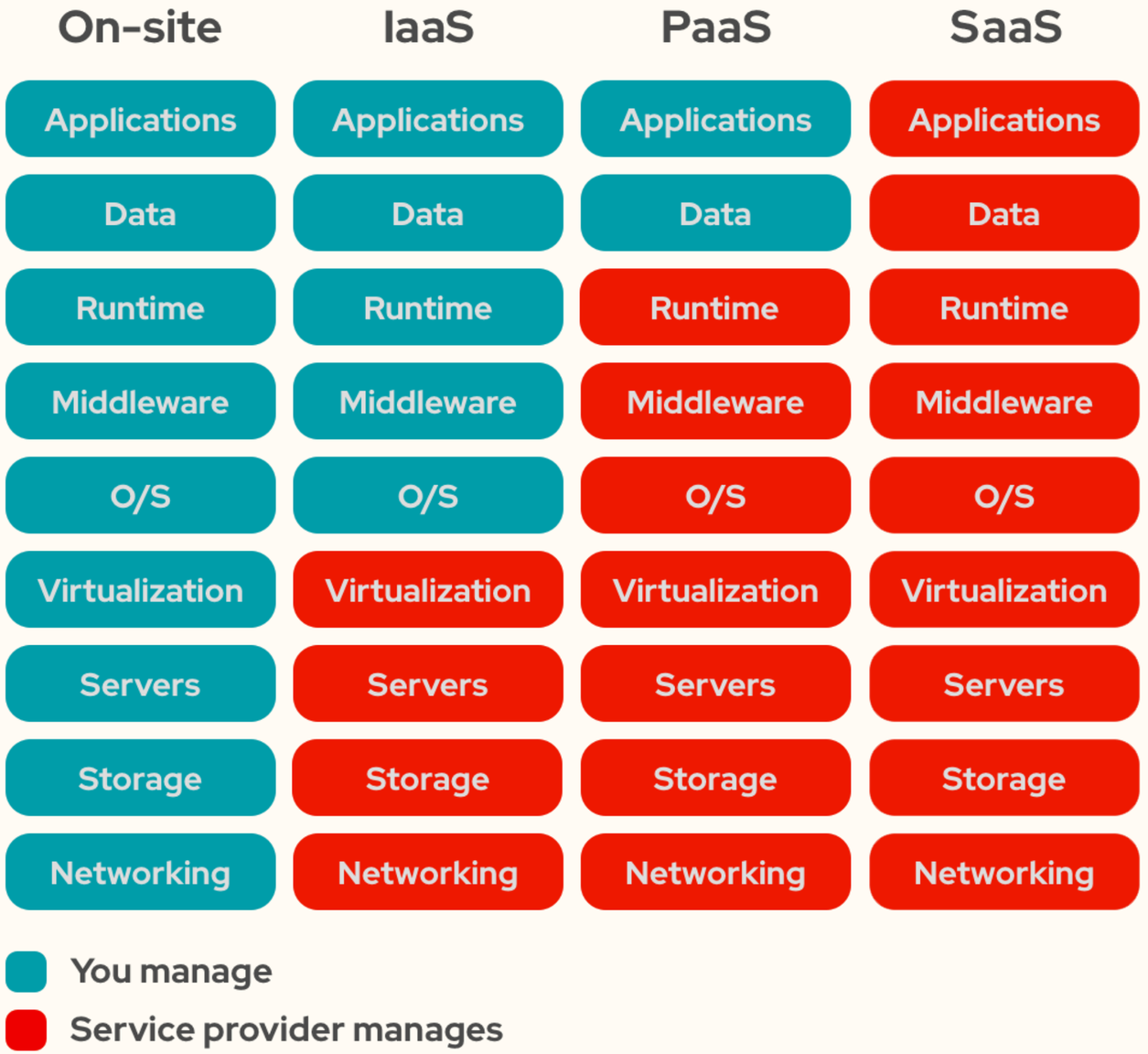
CHAPITRE 1 :

INTRODUCTION AUX ARCHITECTURES CLOUD ET HYBRIDES

DÉFINITION DU CLOUD COMPUTING

MODÈLES DE SERVICES

DÉFINITION DU CLOUD COMPUTING



EVERYTHING AS A SERVICE (XAAS)

MODÈLES DE SERVICES

- **DESKTOP AS A SERVICE (DaaS)**
  Externalisation d'une solution VDI (Virtual Desktop Infrastructure) dans le Cloud, où l'utilisateur peut accéder directement à un bureau virtuel à distance (une session sur un système d'exploitation).

- **COMMUNICATIONS AS A SERVICE (CAAS)**
  Modèle qui fait référence aux services de communication basés sur Internet (téléphonie par Internet, visioconférence, etc.)

- **DATABASE AS A SERVICE (DBAAS)**
  Référence à la mise à disposition d'un système de bases de données via le Cloud

- **VPN AS A SERVICE (VPNAAS)**
  Lorsque le VPN est proposé sous la forme d'un service

- **RANSOMWARE AS A SERVICE (RAAS)**
  Référence à un modèle utilisé par les cybercriminels qui offrent la possibilité de louer un logiciel malveillant de type ransomware et toute l'infrastructure associée.

MODÈLES DE DÉPLOIEMENT

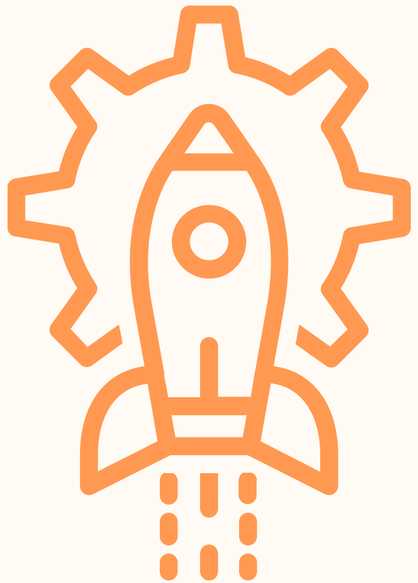
MODÈLES DE SERVICES

- **CLOUD PUBLIC**
  Ressources partagées, opérées par un fournisseur tiers (AWS, Azure, OVH).

- **CLOUD PRIVÉ**
  Infrastructure dédiée, interne ou hébergée (VMware, OpenStack).

- **CLOUD HYBRIDE**
  Combinaison des deux, permettant flexibilité et optimisation.

- **MULTICLOUD**
  Utilisation de plusieurs fournisseurs pour éviter le verrouillage et augmenter la résilience.



CAS PRATIQUE

CARTE MENTALE AVANTAGES / DÉFIS

OBJECTIF

IDENTIFIER COLLECTIVEMENT LES AVANTAGES/DÉFIS DU CLOUD.

DÉROULÉ - GROUPES DE 5 ÉTUDIANTS

- SUR UNE FEUILLE / TABLEAU COLLABORATIF, DESSINER UNE CARTE AVEC DEUX BRANCHES :

  AVANTAGES DU CLOUD

  DÉFIS / RISQUES DU CLOUD

CHAQUE GROUPE DOIT TROUVER AU MOINS 5 AVANTAGES ET 5 DÉFIS.

20 MIN

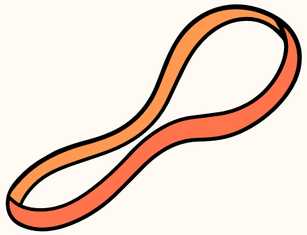
ANALYSE EN GROUPE

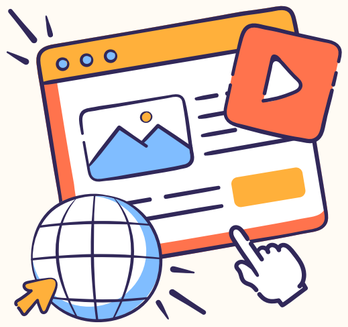
CHAQUE GROUPE PARTAGE 2 AVANTAGES + 2 DÉFIS → COMPILATION EN TABLEAU COMMUN

AVANTAGES ET DÉFIS DU CLOUD

1

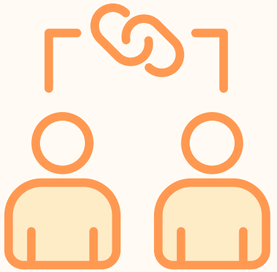
AVANTAGES





2

DÉFIS



LES GRANDS ACTEURS DU MARCHÉ

ENJEUX DE SÉCURITÉ SPÉCIFIQUES

MODÈLE DE RESPONSABILITÉ PARTAGÉE

- FOURNISSEUR CLOUD
- CLIENT

PRINCIPAUX ENJEUX

- PROTECTION DES DONNÉES
- GESTION DES IDENTITÉS ET DES ACCÈS
- SURVEILLANCE ET DÉTECTION
- PLAN DE CONTINUITÉ ET REPRISE D'ACTIVITÉ

QUIZZ

VRAI / FAUX

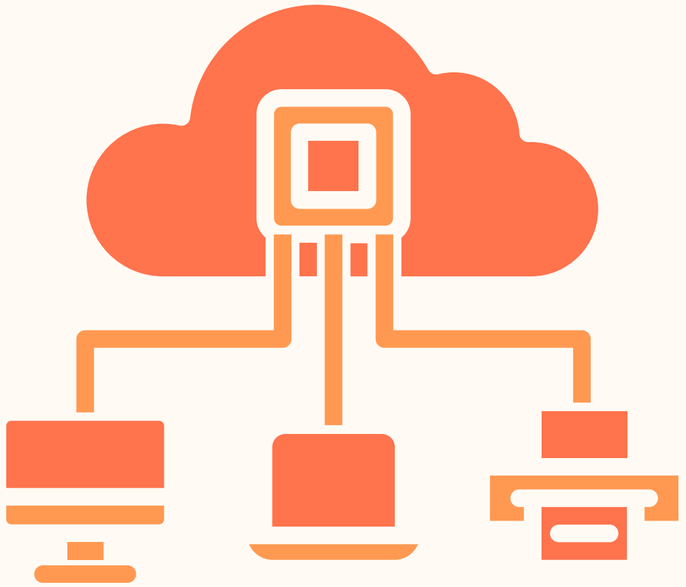
- ✓ GOOGLE DRIVE EST UN SERVICE SAAS
- ✗ AMAZON EC2 EST UN SERVICE PAAS.
- ✓ LE CLOUD HYBRIDE COMBINE CLOUD PRIVÉ ET CLOUD PUBLIC.
- ✓ NETFLIX REPOSE SUR AWS.
- ✗ DROPBOX EST UN SERVICE IAAS.
- ✗ UN CLOUD PRIVÉ EST TOUJOURS PLUS SÉCURISÉ QU'UN CLOUD PUBLIC.
- ✗ AVEC LE CLOUD, LA SÉCURITÉ EST 100% GÉRÉE PAR LE FOURNISSEUR.
- ✓ MICROSOFT AZURE EST SURTOUT UTILISÉ POUR LES ENVIRONNEMENTS HYBRIDES.
- ✗ LE CLOUD SUPPRIME TOTALEMENT LE RISQUE DE PERTE DE DONNÉES.
- ✓ SPOTIFY EST UN EXEMPLE DE SAAS.
- ✓ LE MULTICLOUD CONSISTE À UTILISER PLUSIEURS FOURNISSEURS CLOUD POUR UN MÊME SI.
- ✗ SALESFORCE EST UN EXEMPLE DE PAAS

CONCLUSION

- LE CLOUD OFFRE DE NOMBREUX AVANTAGES MAIS NÉCESSITE UNE MAÎTRISE DES MODÈLES DE SERVICE ET DE DÉPLOIEMENT.

- LA **SÉCURITÉ N'EST PAS EXTERNALISÉE** : LE CLIENT CONSERVE DES RESPONSABILITÉS CLÉS.

- LA COMPRÉHENSION DE CES ENJEUX EST ESSENTIELLE AVANT D'ABORDER LA **GESTION PROACTIVE DES RISQUES**.



CHAPITRE 2 :

GESTION DES RISQUES LIÉS AUX ARCHITECTURES CLOUD ET HYBRIDES

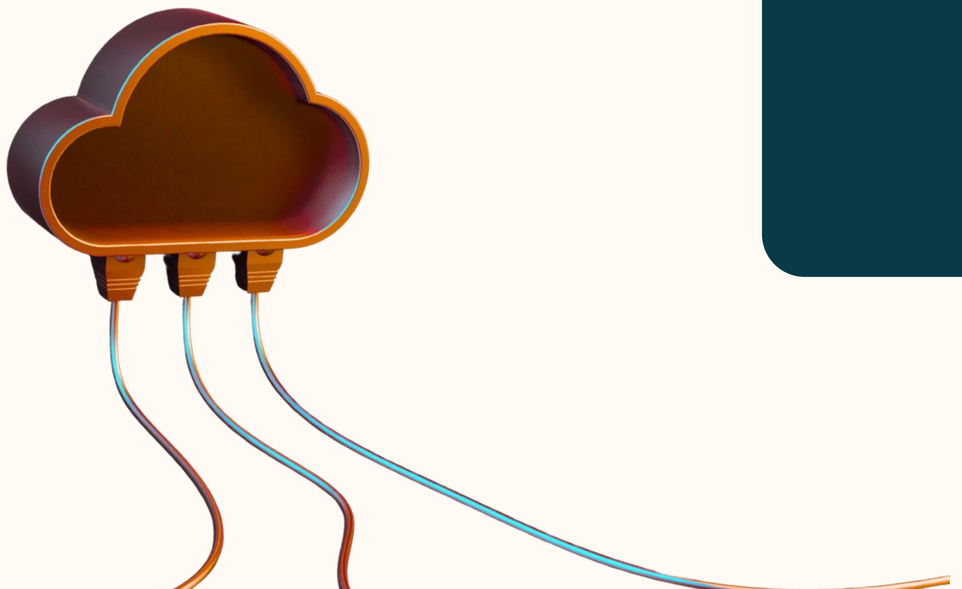
1.INTRODUCTION À LA GESTION DES RISQUES (CONCEPTS CLÉS)

DÉFINITION DU RISQUE

DIFFÉRENCES ENTRE SI CLASSIQUE ET SI CLOUD

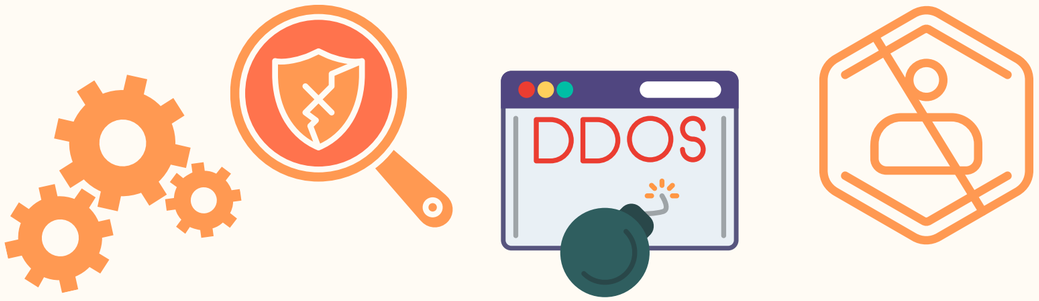
DÉFINITION DU RISQUE

DIFFÉRENCES ENTRE SI CLASSIQUE ET SI CLOUD



2. TYPOLOGIE DES RISQUES SPÉCIFIQUES AU CLOUD

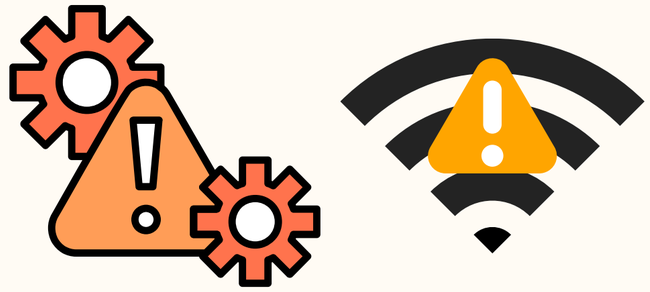
1 TECHNIQUES



2 ORGANISATIONNEL

3 CONTRACTUELS / JURIDIQUE

4 OPÉRATIONNELS



3. ÉVALUATION DE L'IMPACT DES RISQUES

MÉTHODOLOGIE SIMPLE (UTILISABLE EN COURS)

- IDENTIFIER LES RISQUES.
- DÉTERMINER LEUR PROBABILITÉ (FAIBLE, MOYENNE, FORTE).
- DÉTERMINER LEUR IMPACT (FAIBLE, MOYEN, FORT).
- COMBINER POUR OBTENIR UN NIVEAU DE CRITICITÉ.

MÉTHODES AVANCÉES

- EBIOS RISK MANAGER (ANSSI) / ISO 27005 / FAIR

EXERCICE

40 MIN

ANALYSE EN GROUPE

MATRICE DE CRITICITÉ

OBJECTIF

- LISTE DE RISQUES : FUITE S3, PANNE AZURE RÉGIONALE, PIRATAGE COMPTE ADMIN, SHADOW IT, DDOS
- CHAQUE GROUPE DOIT PLACER CES RISQUES DANS UNE MATRICE 2×2 (PROBABILITÉ FAIBLE/FORTE × IMPACT FAIBLE/FORT).
- EXPLIQUER UN CHOIX “CRITIQUE” ET COMMENT Y RÉPONDRE.

LIVRABLE ATTENDU

- MATRICE DES RISQUES SUR FEUILLE / MAIL : esn@vidalfages.fr

4. MESURES DE PRÉVENTION ET DE DÉTECTION

PRÉVENTION

DÉTECTION

CORRECTION
ET RÉPONSE

5. GOUVERNANCE ET CONFORMITÉ

RÈGLEMENTATIONS

SecNumCloud

NORMES & CERTIFICATIONS

Information Security Management System ISO 27001 Certified

Information Security Management ISO 27017 Certified

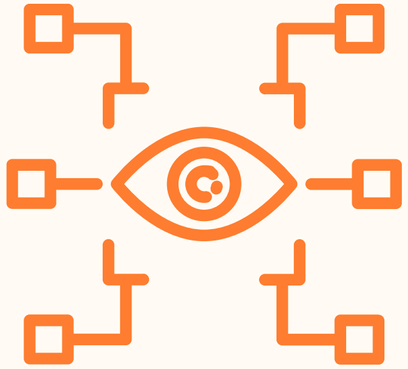
Information Security Management System ISO 27018 Certified

SOC 2

ENJEUX DE SÉCURITÉ SPÉCIFIQUES

- MODÈLE DE RESPONSABILITÉ PARTAGÉE
- PRINCIPAUX ENJEUX

6. APPROCHE PROACTIVE



45 MIN

ANALYSE EN GROUPE

CAS PRATIQUE 1

SCÉNARIO

UNE ENTREPRISE A MIGRÉ UNE PARTIE DE SON SI VERS AZURE (CRM + ERP). ELLE CONSERVE UN DATACENTER INTERNE (HYBRIDE).

- UN BUCKET DE STOCKAGE CONTIENT DES DONNÉES INTERNES SENSIBLES.

TRAVAIL DEMANDÉ (EN SOUS-GROUPES)

- IDENTIFIER LES RISQUES CONCRETS LIÉS À CETTE APPLICATION.
- ÉVALUER LEUR CRITICITÉ
- PROPOSER UNE MESURE DE PRÉVENTION
- PROPOSER UNE MESURE DE DÉTECTION
- DÉCRIRE UNE RÉPONSE EN CAS DE FUITE CONFIRMÉE.

RESTITUTION SUR FEUILLE / MAIL : esn@vidalfages.fr

CAS PRATIQUE 1

- Identification des risques concrets :

Catégories	Risques	Description
Confidentialité	Fuite de données depuis le bucket	Mauvaise configuration des permissions (accès public, clé partagée, compte compromis)
Intégrité	Altération ou suppression de données sensibles	Mauvais contrôle d'accès, absence de versioning, ransomware Cloud
Disponibilité	Indisponibilité du service CRM/ERP hébergé sur Azure	Dépendance réseau entre le site local et Azure (panne VPN, latence, erreur DNS)
Conformité / RGPD	Stockage de données personnelles hors UE ou sans clause contractuelle adaptée	Non-respect des exigences de localisation et de sous-traitance
Shadow IT / Gouvernance	Utilisation non maîtrisée de comptes Azure ou buckets personnels	Absence de gouvernance et de politique Cloud
Authentification / IAM	Compromission d'un compte administrateur Azure	MFA absent, mots de passe faibles ou partagés
Réseau hybride	Tunnel VPN ou ExpressRoute mal configuré	Fuite de trafic ou interception possible entre les environnements
Sauvegarde / Restauration	Absence de sauvegarde régulière des données du bucket	Perte définitive de données en cas de corruption ou suppression

CAS PRATIQUE 1

- Évaluation de la criticité :

		Impact		
		Important	Moyen	Faible
Probabilité	Important	Fuite de données sensibles (bucket)		Shadow IT
	Moyen	Compromission de compte Azure Admin	Altération de données / ransomware Absence de sauvegarde Cloud	
	Faible	Indisponibilité CRM/ERP (réseau ou panne Azure) Non-conformité RGPD		

CAS PRATIQUE 1

- Mesures de prévention

Risque	Mesure de prévention
Fuite de données	Chiffrement **au repos (SSE-KMS)** et **en transit (TLS)** ; configuration des ACL strictes sur le bucket (principe du moindre privilège).
Compromission de compte	Activation du **MFA** sur tous les comptes administrateurs ; gestion centralisée via **Azure AD / Entra ID** ; rotation des clés d'accès.
Indisponibilité	Mise en place d'un **plan de continuité d'activité (PCA)** et **réplication géographique** sur Azure.
Non-conformité RGPD	Vérification du **lieu d'hébergement** des données et des **clauses contractuelles (DPA)** ; documentation des traitements.
Altération / ransomware	Sauvegardes immuables (**Object Lock / versioning**) et **contrôle d'accès basé sur rôle (RBAC)**.
Shadow IT	Mise en place d'une **gouvernance Cloud (Cloud Policy / Azure Blueprint)** avec suivi des déploiements.
Absence de sauvegarde	Déploiement de **sauvegardes automatiques (Azure Backup / Blob Snapshot)**.

CAS PRATIQUE 1

Mesures de détection

Objectif	Mesure de détection
Activité suspecte sur le bucket	**Azure Defender for Storage** / **CloudTrail / Log Analytics** : détection d'accès inhabituels ou IP suspectes
Compromission de comptes	**Audit Azure AD** et alertes sur connexions anormales
Altération de données	Activation du **versioning** + **journalisation des accès**
Fuite réseau	**IDS/IPS** sur la liaison VPN / ExpressRoute
Conformité	Rapports automatiques via **Azure Compliance Manager / Security Center**

CAS PRATIQUE 1

- Réponse

Étape	Action	Objectif
Identification	Identifier la source de la fuite (compte compromis, bucket public, clé exposée) via les logs Azure	Déterminer l'origine et la portée
Blocage	Révoquer les clés / tokens, isoler le bucket ou le compte compromis	Empêcher la propagation
Restauration	Restaurer les données à partir des sauvegardes immuables	Revenir à un état sûr
Communication	Notifier les utilisateurs et la CNIL (sous 72h si RGPD concerné)	Respect de la conformité
Analyse post-incident	Réaliser un rapport d'incident (type RCA – Root Cause Analysis) et renforcer les politiques IAM / logs / sécurité réseau	Prévenir la récurrence

45 MIN

ANALYSE DE GROUPE

CAS PRATIQUE 2

“LA BASE DE DONNÉE ACCESSIBLE EN PUBLIQUE”

SCÉNARIO

UNE START-UP UTILISE UNE BASE DE DONNEE SAAS POUR SON SITE E-COMMERCE AVEC COMME DONNEES:

- IMAGES PRODUITS (NON SENSIBLES).
- LOGS CLIENTS (EMAILS, NUMÉROS DE CARTE PARTIELS).

TRAVAIL DEMANDÉ (EN SOUS-GROUPES)

- IDENTIFIER LES RISQUES CONCRETS LIÉS À CETTE APPLICATION.
- ÉVALUER LEUR CRITICITÉ
- PROPOSER UNE MESURE DE PRÉVENTION
- PROPOSER UNE MESURE DE DÉTECTION
- DÉCRIRE UNE RÉPONSE EN CAS DE FUITE CONFIRMÉE.

RESTITUTION SUR FEUILLE / MAIL : esn@vidalfages.fr

CAS PRATIQUE 2

Identification des risques concrets :

Catégorie	Risque concret	Description
Confidentialité	Fuite ou exposition des logs clients	Mauvaise configuration du stockage SaaS (bucket public, clé API exposée, partage externe non maîtrisé)
Intégrité	Altération ou suppression des logs	Mauvaise gestion des rôles / API ou injection SQL si interface exposée
Disponibilité	Indisponibilité de la base SaaS	Panne du fournisseur, attaque DDoS ou absence de plan de secours
Conformité / RGPD	Données personnelles exposées ou mal pseudonymisées	Logs contenant emails et fragments de CB = données personnelles
Authentification / IAM	Compromission du compte administrateur SaaS	Absence de MFA, mots de passe faibles, partage de compte
API / Exposition	Exploitation d'API publiques mal sécurisées	Endpoint non protégé ou trop permissif
Sauvegarde / Rétention	Perte de logs en cas d'incident ou purge automatique non maîtrisée	Pas de sauvegarde externe ou de rétention adaptée

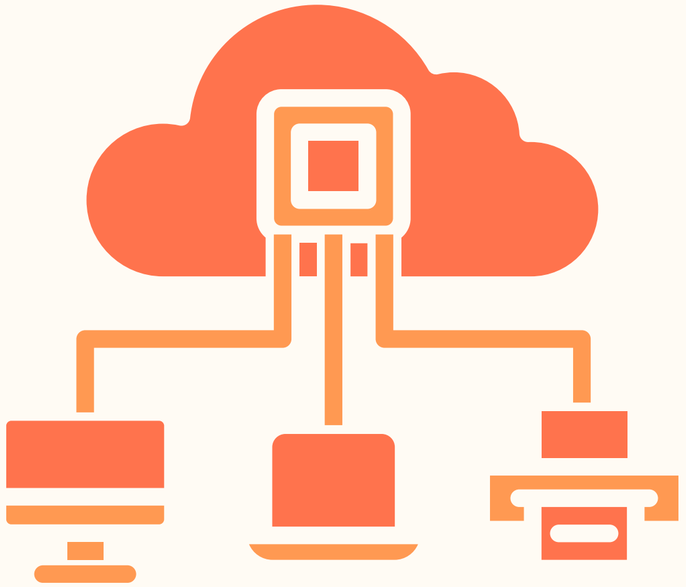
CAS PRATIQUE 2

- Évaluation de la criticité :

		Impact		
		Important	Moyen	Faible
Probabilité	Important	Fuite des logs clients		Perte de logs
	Moyen	Compromission de compte Azure Admin - Non-conformité RGPD	Altération de données / ransomware Absence de sauvegarde Cloud	Perte ou vol d'image
	Faible	Indisponibilité du service		

CONCLUSION

- LA GESTION DES RISQUES CLOUD EST MULTIDIMENSIONNELLE (TECHNIQUE, ORGANISATIONNELLE, JURIDIQUE).
- PRÉVENTION, DÉTECTION ET CORRECTION DOIVENT ÊTRE INTÉGRÉES EN CONTINU.
- LA GOUVERNANCE ET LA CONFORMITÉ (RGPD, ISO, SECNUMCLOUD) SONT DES PILIERS INDISPENSABLES.

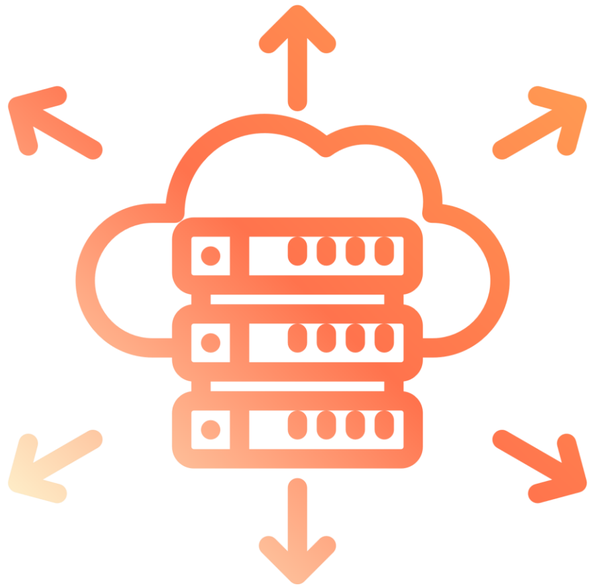


CHAPITRE 3 :

Stratégies de protection des données

Objectif

- **Confidentialité** : empêcher tout accès non autorisé (chiffrement, IAM)
- **Intégrité** : garantir que les données n’ont pas été altérées,
- **Disponibilité** : garantir l’accès aux données en cas d’incident,
- **Traçabilité** : assurer la journalisation et la détection d’anomalies



1. CONTEXTE ET ENJEU

2. CHIFFREMENT DES DONNÉES

1. CONTEXTE ET ENJEU

2. Les types de chiffrement

Chiffrement au repos

- Données stockées sur disques, snapshots, bases de données, etc.
- Objectif : protéger contre le vol physique ou la compromission d'un support.
- Exemples : AWS S3 Server-Side Encryption (SSE-S3, SSE-KMS)
  Azure Storage Encryption

1. CONTEXTE ET ENJEU

2. Les types de chiffrement

SSE-KMS (SERVER-SIDE ENCRYPTION – AWS KEY MANAGEMENT SERVICE)

- Chiffrement géré par **AWS KMS (Key Management Service)**.
  Permet d'utiliser :
  Soit une clé KMS par défaut gérée par AWS,
  Soit une clé KMS personnalisée (CMK – Customer Managed Key).

- Offre un contrôle plus fin :
  - Droits IAM sur l'usage de la clé,
  - Journalisation CloudTrail de toutes les requêtes de chiffrement/déchiffrement,
  - Rotation automatique ou manuelle des clés.

- Usage typique : pour les environnements sensibles, réglementés ou audités (RGPD, ISO 27001…).

1. CONTEXTE ET ENJEU

2. Les types de chiffrement

SSE-S3 (SERVER-SIDE ENCRYPTION – S3 MANAGED KEYS)

- Chiffrement géré entièrement par AWS S3.
- Les clés sont **créées, stockées et gérées automatiquement** par S3.
  L'utilisateur **n'a aucune action à faire** pour la rotation ou la gestion des clés.
- Chiffrement réalisé avec **AES-256**.

  Pas de journalisation fine des accès aux clés.
- Usage typique : pour les données standards sans exigence réglementaire forte.

1. CONTEXTE ET ENJEU

2. Les types de chiffrement

Chiffrement en transit

- Protection des flux entre client et serveur.
- **Outils :** HTTPS, TLS 1.2+, SSH, VPN IPSec
- **Cas typique :** communication entre une appli web et son backend API via HTTPS.

1. CONTEXTE ET ENJEU

2. Les types de chiffrement

Chiffrement applicatif

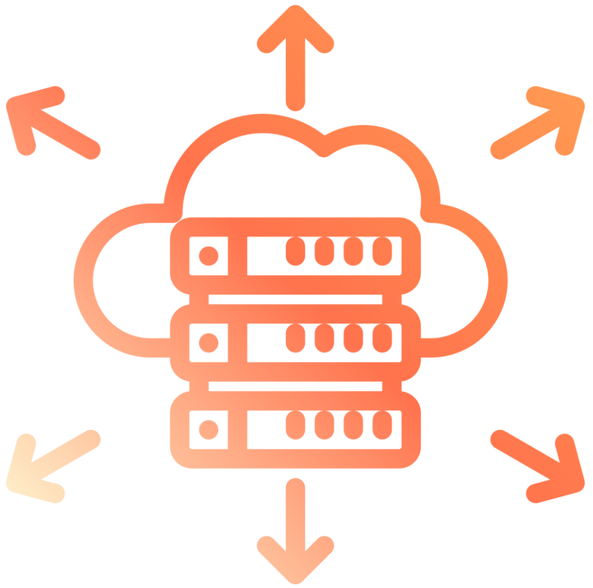
- Le chiffrement est géré directement par l'application.
- Exemple : les mots de passe utilisateurs stockés en hash (bcrypt, Argon2).
- Avantage : l'app reste sécurisée même si le stockage Cloud est compromis.

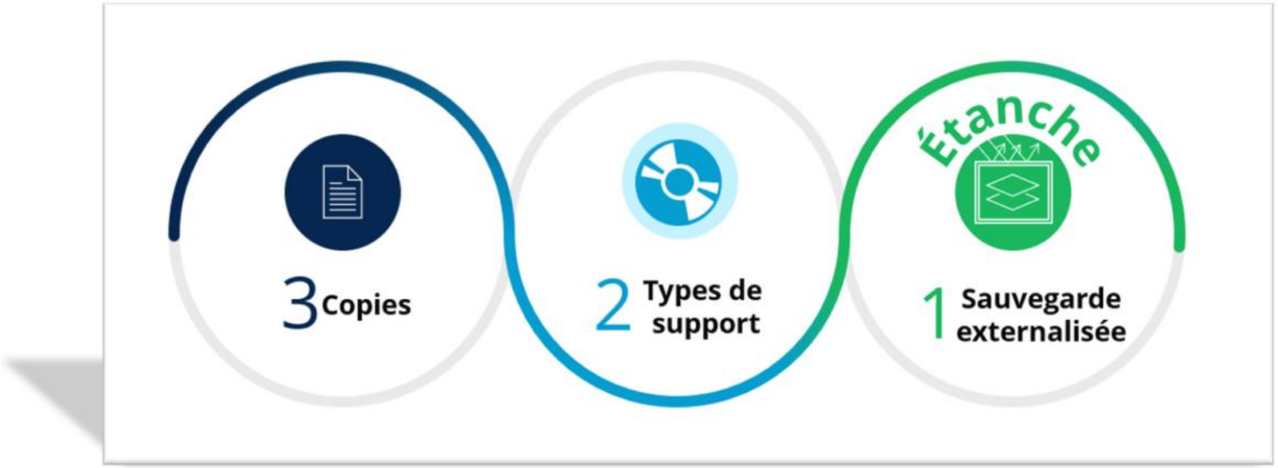
Question :

Pourquoi le chiffrement applicatif peut-il être préférable à un chiffrement natif Cloud ?

SAUVEGARDE ET RESTAURATION

- Objectif : garantir la continuité de service (BCP/DRP).
- Stratégies :
  - Sauvegarde complète, différentielle, incrémentale.
  - Rétention : définir le temps de conservation des sauvegardes.
  - Test de restauration obligatoire (ne jamais se fier à la sauvegarde seule).





Exemples : AWS Backup, Azure Recovery Services Vault, GCP Backup for GKE.

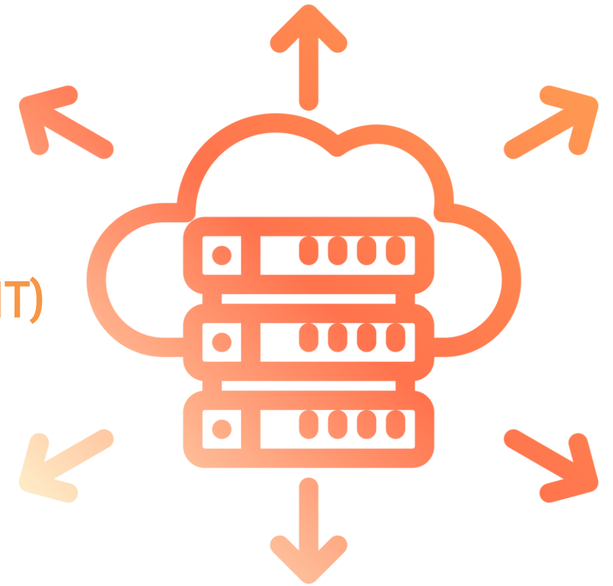
SAUVEGARDE ET RESTAURATION

RTO – RECOVERY TIME OBJECTIVE (OBJECTIF DE TEMPS DE RÉTABLISSEMENT)

C'est **le temps maximal acceptable pour restaurer** un service ou une application après un incident.

Combien de **temps maximum** peut-on rester en panne avant que cela ait un impact critique sur l'activité ?

Si ton RTO est de **2 heures**, cela signifie que ton système doit être opérationnel **au plus tard 2 h après** la panne.



RPO – RECOVERY POINT OBJECTIVE (OBJECTIF DE POINT DE RÉTABLISSEMENT)

C'est **la quantité maximale de données que l'on peut se permettre de perdre**, exprimée en temps entre la dernière sauvegarde et la panne.

Quelle ancienneté maximale des données peut-on accepter après un incident ?Exemple :Si ton RPO est de 15 minutes, cela veut dire qu'en cas de panne, tu peux perdre au maximum 15 min de données.

Exemples : AWS Backup, Azure Recovery Services Vault, GCP Backup for GKE.

Gestion des accès et conformité

- **IAM (Identity & Access Management) :**

  Politique du moindre privilège. (zero trust)

  Groupes et rôles (plutôt qu'utilisateurs individuels).

- **Audit de conformité** :

  RGPD (Europe), ISO 27018 (Cloud privacy), SOC 2 Type II (contrôles internes).

  CloudTrail, Azure Monitor, GCP Audit Logs.

- **Journalisation et alerte :**

  Détection d'anomalies (ex. : connexion depuis un pays inhabituel).

ACTIVITÉ PRATIQUE

SCÉNARIO

Une PME migre son serveur de fichiers local vers un espace de stockage AWS (S3 Bucket) et une base de donnée AWS (RDS).

Elle stocke des données clients et RH sensibles.

- Identifier les risques.
- Proposer une stratégie complète : chiffrement, clés, sauvegarde.

ACTIVITÉ PRATIQUE

Solution :

Risques :

- Fuite de données
- Mauvaise configuration IAM / S3
- Compromission des clés AWS (IAM ou KMS)
- Perte de données

Stratégie de chiffrement :

En transit : Forcer **TLS/HTTPS** sur toutes les communications vers S3 et RDS.

Stockage S3 : ctiver le **chiffrement côté serveur SSE-KMS (**CloudTrail activé)

Pour les fichiers RH : ajouter un chiffrement applicatif avant l’envoi au bucket (niveau champ ou fichier ZIP chiffré).

ACTIVITÉ PRATIQUE

Solution :

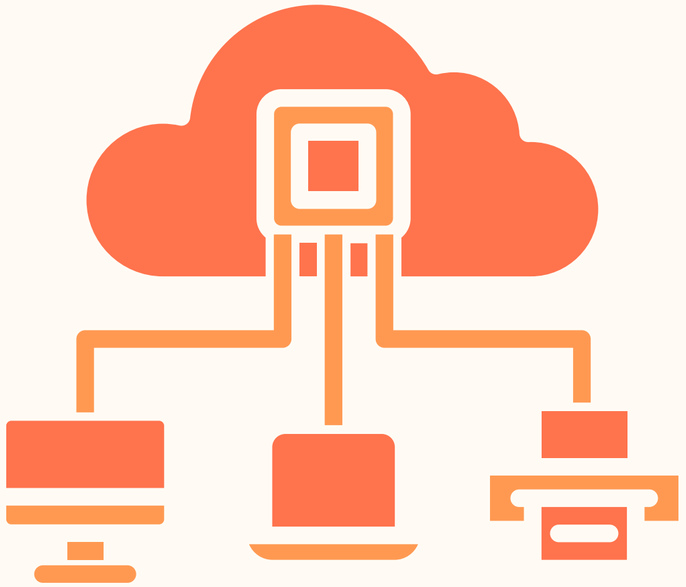
- Activer le chiffrement RDS via KMS dès la création de l’instance.
- Chiffrer aussi les snapshots et réplicas.
- Empêcher le stockage crédenciales en clair dans le code ou les scripdests.

STRATÉGIE DE SAUVEGARDE ET RESTAURATION

RTO (Recovery Time Objective) : ≤ 2 heures

RPO (Recovery Point Objective) ≤ 15 minutes

Snapshot et versionning tous les 15 minutes
Sauvegarde complète tous les jours externalisée :

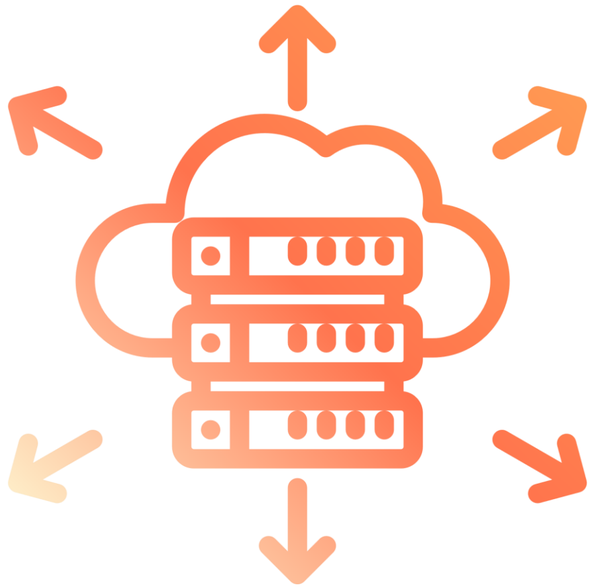


CHAPITRE 4 :

STRATÉGIES DE PROTECTION DES APPLICATIONS EN ENVIRONNEMENT CLOUD

OBJECTIF

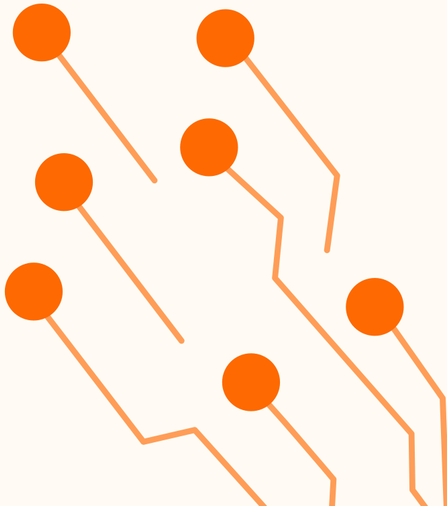
- Identifier les risques applicatifs liés à la migration ou au développement dans le Cloud.
- Mettre en œuvre des **mécanismes d'authentification et d'autorisation** adaptés.
- Gérer les **identités, accès et permissions** de manière granulaire
- Intégrer la **sécurité dans le cycle DevOps** (DevSecOps).
- Mettre en place des outils de **détection, réponse et amélioration continue**.



COMPRENDRE LES RISQUES APPLICATIFS DANS LE CLOUD

Comprendre la surface d’attaque d’une application Cloud

API exposées sans authentification
Fuite de secrets dans le code source (GitHub, Docker, .env)
Permissions IAM trop larges (principe du moindre privilège non respecté)
Services mal configurés (buckets publics, ports ouverts)
Manque de surveillance ou d’alertes (logs non activés



AUTHENTIFICATION ET AUTORISATION

PROTOCOLES COURANTS

PROTOCOLE	FONCTION	UTILISATION TYPIQUE
OAuth 2.0	Délégation d'accès sans partager le mot de passe	Connexion via Google / Facebook
OpenID Connect (OIDC)	Authentification moderne basée sur OAuth 2.0	Applications web modernes
SAML 2.0	Authentification dans les environnements d'entreprise	Connexion à Office 365, Salesforce
Kerberos	Authentification réseau interne (Active Directory)	Environnements hybrides

BONNES PRATIQUES

- MFA obligatoire pour tout accès administrateur.
- Ne jamais stocker les mots de passe en clair.
- Utiliser des gestionnaires d'identité centralisés (Azure AD, AWS IAM Identity Center).
- Journaliser toutes les tentatives de connexion.

AUTHENTIFICATION ET AUTORISATION

AUTHENTIFICATION : VÉRIFIER L'IDENTITÉ

L'authentification consiste à **valider que l'utilisateur ou service est bien celui qu'il prétend être**.

NIVEAUX D'AUTHENTIFICATION

- **Simple (Single Factor)** : mot de passe uniquement.
  Risqué : vulnérable au phishing et aux fuites.

- **Multifactorielle (MFA)** : ajout d'un facteur de possession (téléphone, clé physique).
  Renforce la sécurité, même en cas de vol d'identifiants.

- **Fédérée / SSO (Single Sign-On)** : l'utilisateur s'authentifie via un fournisseur de confiance (Azure AD, Google, Keycloak).
  Simplifie la gestion des comptes et des mots de passe.

AUTORISATION : CONTRÔLER LES ACTIONS

Principes

- **RBAC (Role-Based Access Control)** : gestion par rôle (lecteur, contributeur, admin).
- **PBAC (Policy-Based Access Control)** : gestion par politiques Cloud (IAM Policy, Azure Policy).
- **ABAC (Attribute-Based Access Control)** : gestion par attributs (heure, IP, équipe).

POURQUOI FAUT-IL GARDER LE RÔLE “ADMIN” PAR DÉFAUT DANS UN PROJET CLOUD ?

```
{
 "Version": "2012-10-17",
 "Statement": [{
  "Effect": "Allow",
  "Action": ["s3:GetObject", "s3:PutObject"],
  "Resource": "arn:aws:s3:::logs-app/*"
 }]
}
```

INTÉGRER LA SÉCURITÉ DANS LE CYCLE DE VIE APPLICATIF (DEVSECOPS)

QU'EST-CE QUE LE DEVSECOPS ?

ÉTAPE	OBJECTIF	OUTILS RECOMMANDÉS
Planification	Identifier les menaces et exigences de sécurité	Threat Modeling, STRIDE
Développement	Respecter les bonnes pratiques de code sécurisé	SonarQube, OWASP Dependency Check
Intégration	Scanner le code et les dépendances	GitLab CI, Snyk, Trivy
Déploiement	Vérifier la conformité des ressources Cloud	Terraform validate, tfsec, Checkov
Exploitation	Surveiller et corriger les vulnérabilités	CloudWatch, Azure Monitor, Sentinel

INTÉGRER LA SÉCURITÉ DANS LE CYCLE DE VIE APPLICATIF (DEVSECOPS)

Exemple : pipeline CI/CD sécurisé

```
stages:
  - test
  - security
  - deploy

test:
  script: pytest tests/

security:
  script: trivy fs .

deploy:
  script: terraform apply -auto-approve
```

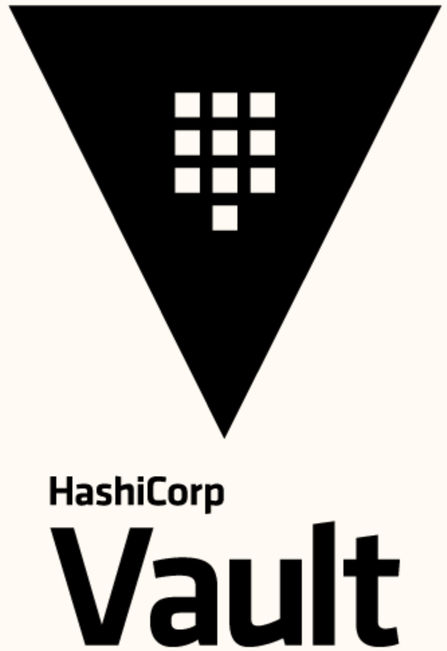
- Bénéfices
  - Réduction du coût de correction des failles.
  - Automatisation et standardisation de la sécurité.
  - Confiance accrue dans les livraisons.

- **Discussion de groupe**

  QUELS SONT LES AVANTAGES POUR UNE ENTREPRISE D'INTÉGRER LA SÉCURITÉ DANS LES PIPELINES CI/CD ?

Gestion sécurisée des secrets

- Ne pas stocker :
  - Clés API, tokens, mots de passe dans le code
  - .env dans GitHub
  - Confiance accrue dans les livraisons.



DÉTECTION ET RÉPONSE AUX INCIDENTS

La détection vise à repérer rapidement une anomalie ou une attaque. Elle repose sur la collecte et l'analyse des logs.

OUTILS DE SURVEILLANCE

PLATEFORME	OUTIL	FONCTION
AWS	CloudTrail / GuardDuty	Traçabilité + détection comportementale
Azure	Sentinel / Defender for Cloud	SIEM + corrélation d'événements
GCP	Security Command Center	Vue centralisée de la posture sécurité

EXEMPLES D'ÉVÉNEMENTS À SURVEILLER

- Connexion d'un utilisateur depuis un pays inhabituel.
- Création d'un utilisateur admin non autorisé.
- Modification suspecte de configurations réseau.

DÉTECTION ET RÉPONSE AUX INCIDENTS

La détection vise à repérer rapidement une anomalie ou une attaque. Elle repose sur la collecte et l'analyse des logs.

Réponse aux incidents

Étapes d'un plan de réponse

1. **Identification** → reconnaître l'incident.
2. **Confinement** → isoler les systèmes compromis.
3. **Éradication** → supprimer les causes (comptes, malware, configurations).
4. **Rétablissement** → restaurer les services depuis sauvegardes fiables.
5. **Retour d'expérience** → documenter et prévenir la récidive.

Exemple concret

Une API sur Azure subit un grand nombre de requêtes depuis l'étranger.

- Blocage IP via WAF (Azure Front Door ou AWS WAF).
- Notification via Sentinel / CloudWatch.
- Changement immédiat des tokens API.
- Audit des logs pour identifier l'origine.

POURQUOI FAUT-IL TOUJOURS CONSERVER LES JOURNAUX MÊME APRÈS L'INCIDENT ?

ÉVALUER ET AMÉLIORER EN CONTINU

La sécurité n'est jamais acquise. Elle doit être **mesurée, testée et améliorée régulièrement**.

BONNES PRATIQUES

- Réaliser des revues mensuelles IAM (suppression des comptes inactifs).
- Effectuer des tests de pénétration réguliers.
- Automatiser les audits avec : AWS Security HubAzure PolicyGCP Forseti / Security Command Center
- Mettre en place un tableau de bord de conformité (ISO 27001, RGPD, SOC 2).

INDICATEURS DE SÉCURITÉ (KPI)

INDICATEUR	OBJECTIF
Nombre d'incidents détectés / mois	Suivre la réactivité
Délai moyen de correction d'une faille	Évaluer la maturité DevSecOps
Taux de comptes MFA activés	Suivi de la conformité
% de ressources auditées	Mesure du périmètre couvert

ACTIVITÉ PRATIQUE

SCÉNARIO

VOUS ÊTES CONSULTANT SÉCURITÉ POUR UNE PME QUI MIGRE SON SI VERS AWS.

- ELLE STOCKE DES DONNÉES CLIENTS SENSIBLES SUR S3 BUCKET et BDD S3
- ELLE VEUT ASSURER DISPONIBILITÉ + CONFIDENTIALITÉ + CONFORMITÉ.

TRAVAIL DEMANDÉ (EN SOUS-GROUPES)

- DÉCRIRE LES MÉCANISMES DE CHIFFREMENT RECOMMANDÉS.
- PROPOSER UNE POLITIQUE DE GESTION DES CLÉS (ROTATION, STOCKAGE, DROITS).
- DÉFINIR UNE STRATÉGIE DE SAUVEGARDE ET RESTAURATION (RTO/RPO ADAPTÉS) SELON L'USAGE.
- DONNER DES RECOMMANDATIONS POUR LA CONFORMITÉ RGPD.
- PROPOSER UNE POLITIQUE DE GESTION DE DROIT DES RESSOURCES PAR EQUIPE (ADMINSYS, CHEF DE PROJET, DEV)