

Chapitre 1 Notions de base de la virtualisation

Objectif général

Comprendre les notions de base de la virtualisation.

Objectifs spécifiques

L'objectif de ce chapitre est de comprendre :

- Les principes de la virtualisation,
- Les types des hyperviseurs,
- Les principaux composants d'une architecture virtuelle,
- Les différents modèles de virtualisation,
- Les différentes techniques de virtualisation,

I-Historique

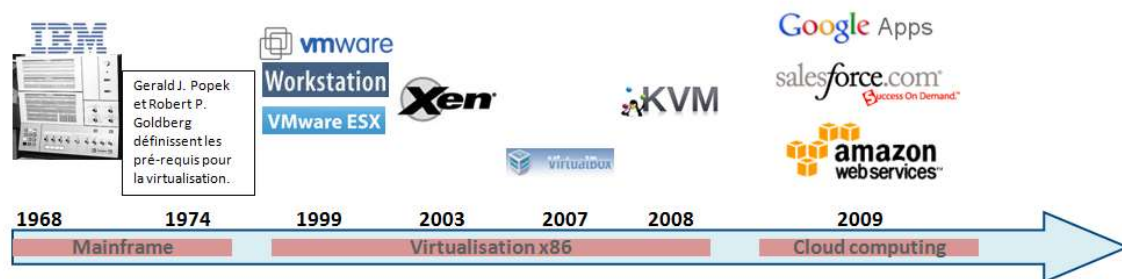


Figure 1: Historique virtualisation[1]

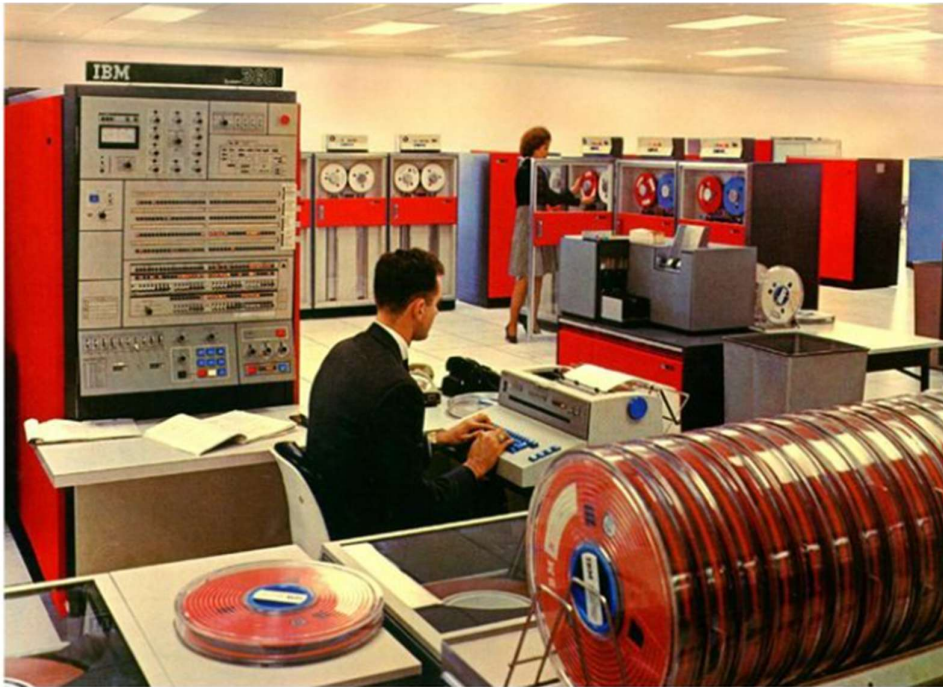
Le concept de la virtualisation remonte aux années 1960 et son utilisation est généralisée dans les années 2000.

Années 1960 : Les débuts de la virtualisation

La firme IBM crée le premier système de virtualisation de serveur.

Développement d'un système de virtualisation serveurs VM/CMS (Conversational Monitor System) au centre scientifique de Cambridge d'IBM. L'idée de partitionner un seul ordinateur physique en plusieurs machines virtuelles (VM).

⇒ Gros ordinateurs centraux avec des terminaux virtuels.



Années 1970-1980 - Adoption progressive : Virtualisation des systèmes d'exploitation

- Introduction des systèmes de partitionnement et des hyperviseurs pour maximiser l'efficacité des ressources matérielles.
- Apparition de l'architecture x86 et embryons de virtualisation sur des ordinateurs personnels.
- **VM/370** : IBM a lancé **VM/370** en 1972, un système d'exploitation qui permettait de créer et de gérer des machines virtuelles. Cela a marqué une étape importante dans l'adoption de la virtualisation.

Années 1990 : Virtualisation sur les serveurs

- **VMware** : Fondée en 1998, VMware a révolutionné la virtualisation en la rendant accessible aux serveurs x86. Leur produit **VMware Workstation** (1999) a permis de créer des machines virtuelles sur des PC standard.
 - ⇒ Interface graphique montrant plusieurs OS sur un PC.

Années 2000 : Virtualisation de masse et cloud computing

- **Hyperviseurs** : Des technologies comme **Xen** (2003) et **Hyper-V** (2008) ont émergé, permettant la virtualisation à grande échelle sur des serveurs.
- **Cloud computing** : La virtualisation est devenue la base du cloud computing, avec des plateformes comme **Amazon Web Services (AWS)** et **Microsoft Azure**.

⇒ Diagrammes de serveurs virtuels dans des centres de données.

II-Présentation de la virtualisation

I. Définition

La virtualisation est l'ensemble des techniques matérielles et logicielles permettant de créer et d'exécuter une représentation logicielle (virtuelle) des applications, des machines physiques, des serveurs et des réseaux ainsi que des ressources associées.

II. Avantages

La virtualisation offre les avantages suivants :

1. Optimisation des ressources

- Permet d'exécuter plusieurs machines virtuelles sur un seul serveur physique.
- Évite le gaspillage des ressources matérielles (CPU, RAM, stockage).

2. Réduction des coûts

- Moins de matériel à acheter, donc baisse des coûts d'investissement.
- Réduction de la consommation d'énergie et des coûts de refroidissement dans les data centers.
- Moins de maintenance physique des équipements.

3. Simplification de la gestion et du déploiement

- Facilité de gestion centralisée grâce aux hyperviseurs (VMware, Hyper-V, KVM, etc.).
- Déploiement rapide des machines virtuelles et automatisation via des scripts.
- Possibilité de tester des applications sans affecter le système principal.

4. Isolation et sécurité améliorées

- Chaque machine virtuelle est indépendante, réduisant le risque de propagation des failles.

- Possibilité de créer des **snapshots** (sauvegardes instantanées) pour revenir à un état antérieur en cas de problème.
- Séparation des environnements de test et de production.

5. Haute disponibilité et reprise après sinistre

- Migration en direct (Live Migration) possible en cas de panne matérielle.
- Possibilité de restaurer rapidement les systèmes à partir d'une sauvegarde VM.
- Redondance et tolérance aux pannes via des architectures virtualisées en cluster.

6. Flexibilité et évolutivité

- Facilité d'ajout de nouvelles machines virtuelles sans nécessiter un nouvel achat matériel.
- Compatible avec le Cloud Computing (AWS, Azure, Google Cloud, etc.).
- Adaptabilité aux charges de travail fluctuantes (scalabilité dynamique).

III. Inconvénients

Quelques inconvénients existent autour de la virtualisation :

1. Performances réduites par rapport au matériel dédié

- Une machine virtuelle partage les ressources physiques, ce qui peut entraîner une baisse de performance.

2. Complexité de gestion

- Nécessite des compétences spécifiques en gestion des hyperviseurs et des infrastructures virtuelles.
- Risque de "sprawl" (prolifération de machines virtuelles non maîtrisée).

3. Dépendance aux fournisseurs et aux licences

- Certaines solutions de virtualisation (VMware, Microsoft Hyper-V) sont payantes et nécessitent des licences coûteuses.

- Migration difficile en cas de changement de fournisseur.

4. Risques de sécurité généralisée

- Un hyperviseur compromis peut exposer toutes les machines virtuelles qu'il héberge.
- Problèmes liés aux attaques "VM Escape" (où une VM peut affecter l'hôte ou d'autres VM).

5. Besoin en matériel puissant et en stockage conséquent

- La virtualisation demande une infrastructure matérielle robuste (serveurs avec beaucoup de RAM, stockage SSD rapide, etc.).
- Peut nécessiter des systèmes de stockage centralisé (SAN, NAS) pour des performances optimales.

6. Dépendance à la connexion réseau

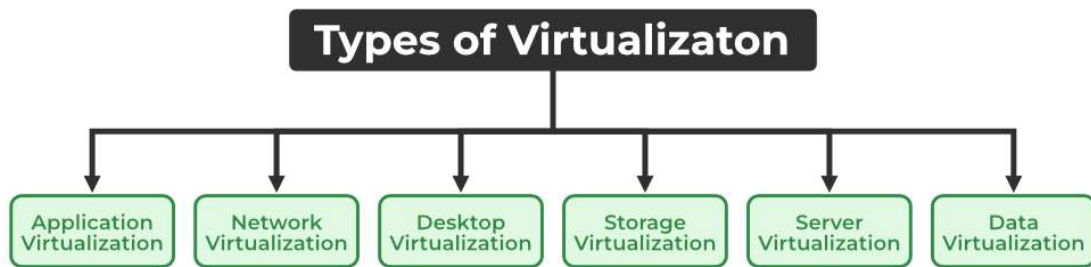
- Les solutions de virtualisation Cloud ou de postes de travail virtuels (VDI) nécessitent une connexion Internet stable.
- Risques de latence et de ralentissements en cas de réseau congestionné.

Résumé des avantages et inconvénients

Avantages	Inconvénients
Optimisation des ressources	Complexité de gestion
Réduction des coûts	Surcharge des performances (overhead)
Flexibilité et agilité	Coûts initiaux élevés
Isolation et sécurité	Problèmes de sécurité potentiels
Sauvegarde et récupération simplifiées	Dépendance au matériel
Support pour le cloud computing	Limites de scalabilité
Compatibilité et portabilité	Compatibilité des applications

IV. Domaines de virtualisation

La technologie de virtualisation continue d'évoluer et ses applications sont de plus en plus nombreuses. On trouve :



1. Virtualisation des postes de travail
2. Virtualisation des applications
3. Virtualisation des serveurs
4. Virtualisation du stockage
5. Virtualisation des réseaux
6. Virtualisation des données

Virtualization						
Hardware <ul style="list-style-type: none"> • Full • Bare-Metal • Hosted • Partial • Para 	Network <ul style="list-style-type: none"> • Internal Network Virtualization • External Network Virtualization 	Storage <ul style="list-style-type: none"> • Block Virtualization • File Virtualization 	Memory <ul style="list-style-type: none"> • Application Level Integration • OS Level Integration 	Software <ul style="list-style-type: none"> • OS Level • Application • Service 	Data <ul style="list-style-type: none"> • Database 	Desktop <ul style="list-style-type: none"> • Virtual desktop infrastructure • Hosted Virtual Desktop

1. Virtualisation des postes de travail

Définition	Elle permet d'exécuter des applications sans les installer directement sur le système d'exploitation local, en isolant leur exécution.
Avantages	Réduction des conflits entre applications

	Exécution sur différents systèmes d'exploitation Maintenance et mise à jour centralisées
Technologies utilisées	Microsoft App-V : Virtualisation des applications Windows. VMware ThinApp : Exécution d'applications sans installation sur l'OS. Citrix Virtual Apps : Fourniture d'applications à distance.
Exemple d'application	Accès aux applications d'entreprise via un navigateur Déploiement d'applications dans des environnements sécurisés Exécution de logiciels Windows sur Mac/Linux

2. Virtualisation des applications

Définition	Elle permet d'exécuter des applications sans les installer directement sur le système d'exploitation local, en isolant leur exécution.
Avantages	Réduction des conflits entre applications Exécution sur différents systèmes d'exploitation Maintenance et mise à jour centralisées
Technologies utilisées	Microsoft App-V : Virtualisation des applications Windows. VMware ThinApp : Exécution d'applications sans installation sur l'OS. Citrix Virtual Apps : Fourniture d'applications à distance.
Exemple d'application	Accès aux applications d'entreprise via un navigateur Déploiement d'applications dans des environnements sécurisés Exécution de logiciels Windows sur Mac/Linux

3. Virtualisation du réseau

Définition	créer des réseaux virtuels indépendants.
Avantages	Séparation et sécurisation des réseaux internes Optimisation du trafic réseau Facilité de gestion et de modification des configurations
Technologies utilisées	VLAN (Virtual LAN) : Segmentation logique du réseau sur un même switch. SDN (Software-Defined Networking) : Contrôle du réseau via logiciel (ex. : OpenFlow, Cisco ACI). VPN (Virtual Private Network) : Création de réseaux sécurisés sur Internet.
Exemple d'application	Cloud computing (Amazon AWS, Microsoft Azure, Google Cloud) Isolation des réseaux d'entreprise pour la sécurité Accès sécurisé aux ressources via un VPN

4. Virtualisation du stockage

Définition	Permet de regrouper plusieurs supports de stockage physiques (disques durs, SSD) en un seul espace logique, accessible comme une seule unité de stockage.
Avantages	Amélioration de la gestion des données Meilleure redondance et tolérance aux pannes Optimisation de l'espace disque
Technologies utilisées	SAN (Storage Area Network) : Regroupe plusieurs dispositifs de stockage en réseau haute performance.

	<p>NAS (Network-Attached Storage) : Stockage en réseau accessible par des fichiers.</p> <p>SDS (Software-Defined Storage) : Stockage défini par logiciel, indépendant du matériel (ex. : Ceph, VMware vSAN).</p>
Exemple d'application	<p>Stockage centralisé pour serveurs virtualisés</p> <p>Sauvegarde et récupération après sinistre</p> <p>Extension de la capacité de stockage sans interruption</p>

5. Virtualisation des serveurs

Définition	Consiste à exécuter plusieurs systèmes d'exploitation sur une seule machine physique
Avantages	<p>Réduction des coûts matériels</p> <p>Meilleure utilisation des ressources CPU/RAM</p> <p>Isolation des environnements pour éviter les conflits</p>
Technologies utilisées	<p>Hyperviseurs Type 1 (bare-metal) : Fonctionnent directement sur le matériel (ex. : VMware ESXi, Microsoft Hyper-V, KVM, Xen).</p> <p>Hyperviseurs Type 2 (hosted) : Fonctionnent sur un système d'exploitation hôte (ex. : VMware Workstation, VirtualBox).</p> <p>Conteneurs : Isolation au niveau du système d'exploitation (ex. : Docker, LXC, Kubernetes).</p>
Exemple d'application	<p>Hébergement de plusieurs serveurs web sur une seule machine</p> <p>Création d'environnements de test et de développement</p> <p>Migration facile des machines virtuelles entre serveurs</p>

6. Virtualisation des données

Définition	Permet de collecter les données facilement et de les gérer depuis un seul endroit.
Avantages	Recherche de données organisationnelles Réduction de la latence
Technologies utilisées	Oracle
Exemple d'application	Les utilisateurs peuvent accéder à une plateforme virtuelle rendant la navigation plus simple. Ils peuvent extraire, séparer, manipuler et fournir des données sans aucune spécification.

V. Architecture de la virtualisation

Le système hôte est la machine physique qui héberge les machines virtuelles.

1. Matériel Physique Système Hôte : (Host Machine)

- **CPU** : Le processeur physique qui exécute les instructions.
- **RAM** : La mémoire physique disponible pour les machines virtuelles.
- **Stockage** : Disques durs ou SSD utilisés pour stocker les données.
- **Réseau** : Interfaces réseau pour la connectivité.

2. Hyperviseur (Virtual Machine Monitor - VMM)

L'hyperviseur est le logiciel qui permet la création et la gestion des machines virtuelles.

Il gère leur fonctionnement et fournit l'isolation entre les systèmes invités.

Il permet l'abstraction de la couche matérielle de la machine hôte.

3. Machines Virtuelles (VM) : Système Invité

Le système invité est l'instance du système d'exploitation qui s'exécute dans l'environnement virtuel du système hôte.

Il est appelé machine virtuelle (VM : Virtual Machine).

Chaque machine virtuelle est un environnement isolé qui fonctionne comme un ordinateur indépendant.

Une VM comprend :

- **Système d'exploitation invité (Guest OS)** : Le système d'exploitation installé sur la VM.

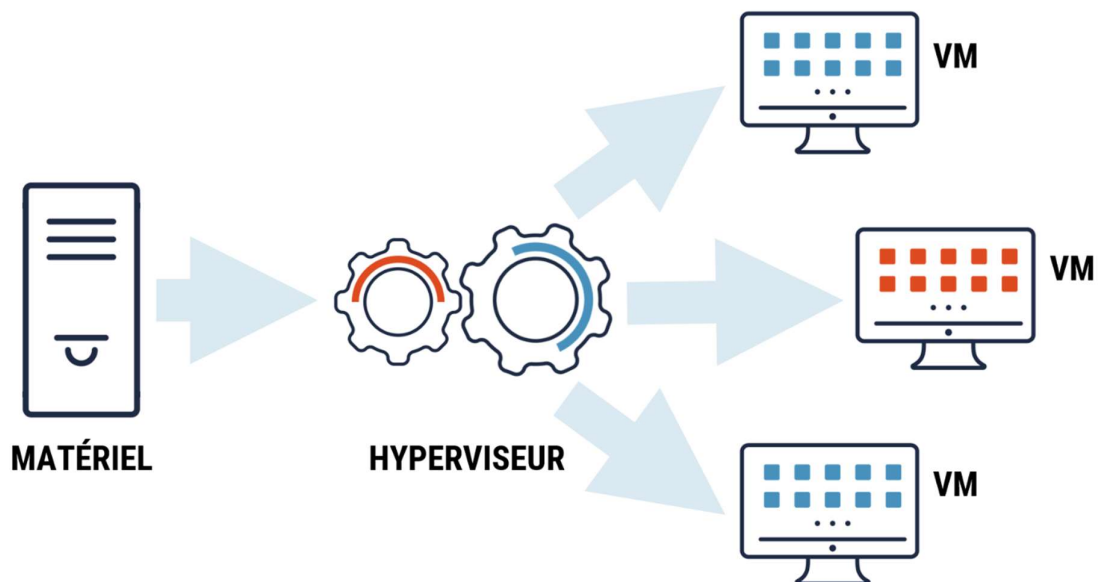
- **Ressources virtuelles** : CPU virtuel, mémoire virtuelle, stockage virtuel, interfaces réseau virtuelles.
- **Applications** : Les logiciels exécutés dans la VM.

VI-Types des hyperviseurs

1. Définition hyperviseur

Le logiciel de virtualisation est appelé **hyperviseur**.

Il gère plusieurs machines virtuelles, une par O.S lancé sur l'ordinateur.



2. Hyperviseur type 1

a. Définition

Il s'installe directement sur la couche matérielle du serveur.

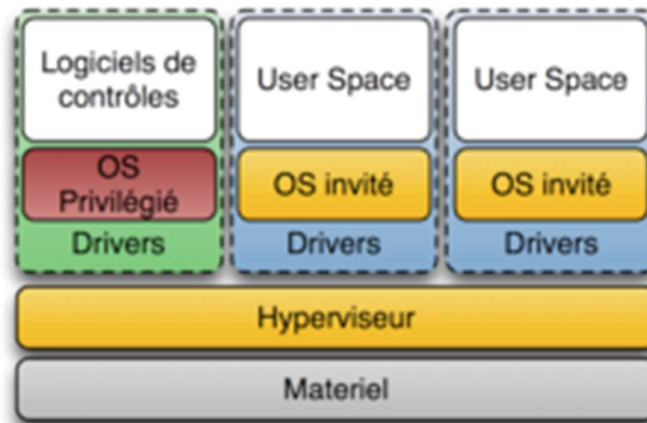
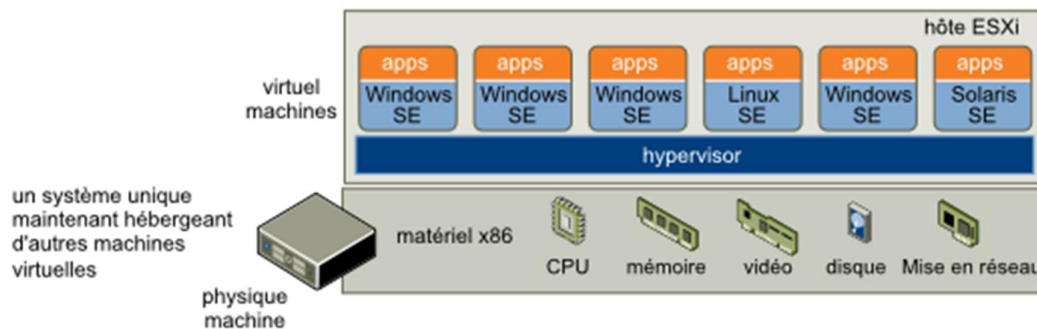


Figure 2: Hyperviseur Type 1

Au démarrage d'une machine physique, ces hyperviseurs prennent directement le contrôle du matériel.



Les hyperviseurs de type 1 peuvent être utilisés pour virtualiser des serveurs de fichiers, de bases de données, de messageries, etc... .

Ce type d'hyperviseur est à privilégier lorsque l'on souhaite exécuter des applicatifs en continu.

b. Avantages & inconvénients

Avantages	Inconvénients
-Maximum de ressources peut être alloué aux machines virtuelles car ce type d'hyperviseur est directement lié à la couche matérielle.	Il n'est possible d'exécuter qu'un seul hyperviseur à la fois.

--	--

c. Solutions sur le marché

Parmi les grands acteurs de virtualisation, on cite :

Hyperviseur	ESXi	Hyper-V	KVM	Xen
Noms des solutions commerciales	vSphere	Hyper-V	<ul style="list-style-type: none"> Proxmox VE RedHat Virtualization (RHV) 	<ul style="list-style-type: none"> OracleVM Citrix XenServer
Clients majoritaires	Grandes entreprises	Moyennes et grandes entreprises	Entreprises de cloud public	Entreprises de cloud public
Arguments de vente	Leader du marché, fiabilité, innovation	Scalabilité Flexibilité Performant avec les VM Windows En forte progression	Très modulable Open source En forte progression	Open source Leader des acteurs du cloud
Exemples de clients	<ul style="list-style-type: none"> Entreprises privées hors fournisseurs de cloud 	<ul style="list-style-type: none"> Entreprises privées hors fournisseurs de cloud, Microsoft Azure 	<ul style="list-style-type: none"> Google Cloud Joyent NextGen 	<ul style="list-style-type: none"> AWS CloudStack Rackspace Linode Oracle Citrix
Part de marché (en 2018)	64 %	17 %	19 % incluant KVM et Xen	19 % incluant KVM et Xen

3. Hyperviseur type 2

a. Définition

L'hyperviseur de type 2 (hyperviseur hébergé), est facile à mettre en place.

Il s'installe simplement comme n'importe quelle application sur votre système et permet, une fois installé, de créer des VM indépendantes de l'OS hôte.

Il est donc considéré comme n'importe quelle application et n'a **aucune priorité** sur les ressources de l'hôte.

Les hyperviseurs de type 2 sont utilisés pour virtualiser des OS sur des PC, la plupart du temps afin de procéder à des tests de compatibilité et/ou de sécurité.

Les utilisations d'un hyperviseur de type 2 sont multiples, on cite :

- Tester un OS sans formater votre machine physique,
- Tester ou utiliser régulièrement une application sur un OS en particulier,
- Simuler une 2e machine et faire des tests de communication simples,
- Créer un petit réseau de plusieurs VM pour tester des protocoles réseau, des règles de pare-feu, configurer un serveur de supervision ou autre.

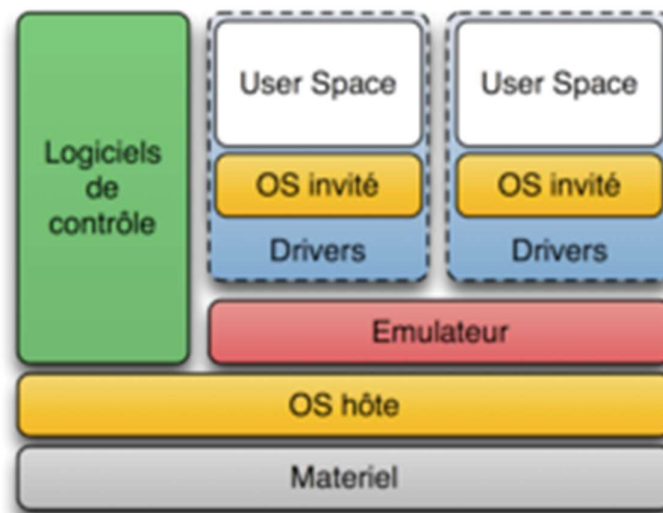


Figure 3: Hyperviseur Type 2

b. Avantages & inconvénients

Avantages	Inconvénients
- Possibilité d'exécuter plusieurs hyperviseurs en même temps car ceux-ci ne s'installent pas directement sur la couche matérielle.	Ce type d'hyperviseur ne peut pas fournir autant de ressources matérielles que les hyperviseurs de type 1 puisqu'ils sont installés sur un système d'exploitation, lui-même consommateur de ressources.

c. Solutions sur le marché

Les principaux hyperviseurs de type 2 sont les suivants :

- Oracle VirtualBox ;
- VMWare Workstation (Player et Pro) et VMware Fusion (pour Mac) ;
- Microsoft VirtualPC (plus maintenu depuis 2011).

Voici un tableau récapitulatif des hyperviseurs de type 2 disponibles en 2019 :

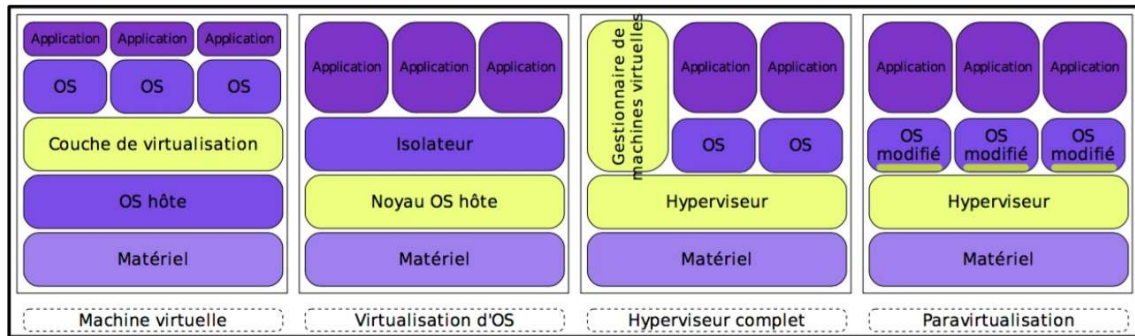
	Workstation Player	Workstation Pro	Workstation Fusion	VirtualBox
Prix	Gratuit	Payant (version d'évaluation de 30 jours)	Payant (version d'évaluation de 30 jours)	Gratuit
Systèmes d'exploitation	Windows, Linux	Windows, Linux	MacOS	Windows, Linux, MacOS
Limitations	Impossible de lancer plusieurs VM en même temps			
Formats acceptés	Disques : vmdk (natif), vdi, vhd Config VM : ova, ovf	Disques : vmdk (natif), vdi, vhd Config VM : ova, ovf	Disques : vmdk (natif), vdi, vhd Config VM : ova, ovf	Disques : vdi (natif), vmdk, vhd Config VM : ova, ovf
Performances*	+++ (plus performant que VirtualBox pour les VM Windows)	+++ (plus performant que VirtualBox pour les VM Windows)	+++ (plus performant que VirtualBox pour les VM Windows)	++ (plus performant que VirtualBox pour les VM Windows)

* Les performances sont difficiles à comparer, car elles dépendent de plusieurs critères : l'architecture du processeur (AMD/Intel, 32/64 bits), l'OS installé ou l'activation de la paravirtualisation...

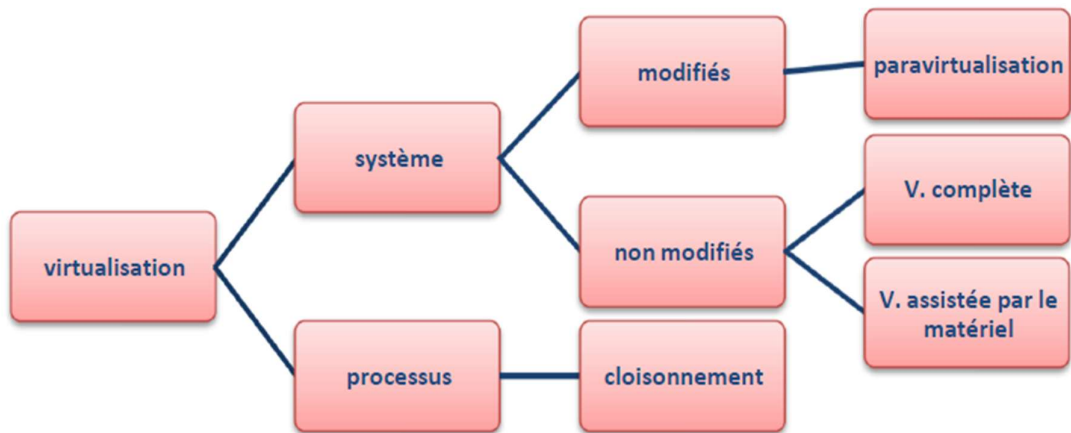
VI. Différentes techniques de virtualisation

La classification des techniques de virtualisation s'articule autour de l'implémentation de la pile des couches logicielle.

Ainsi on distingue les techniques suivantes :



On peut classer les différents types de virtualisation selon le modèle suivant :



1. Virtualisation complète

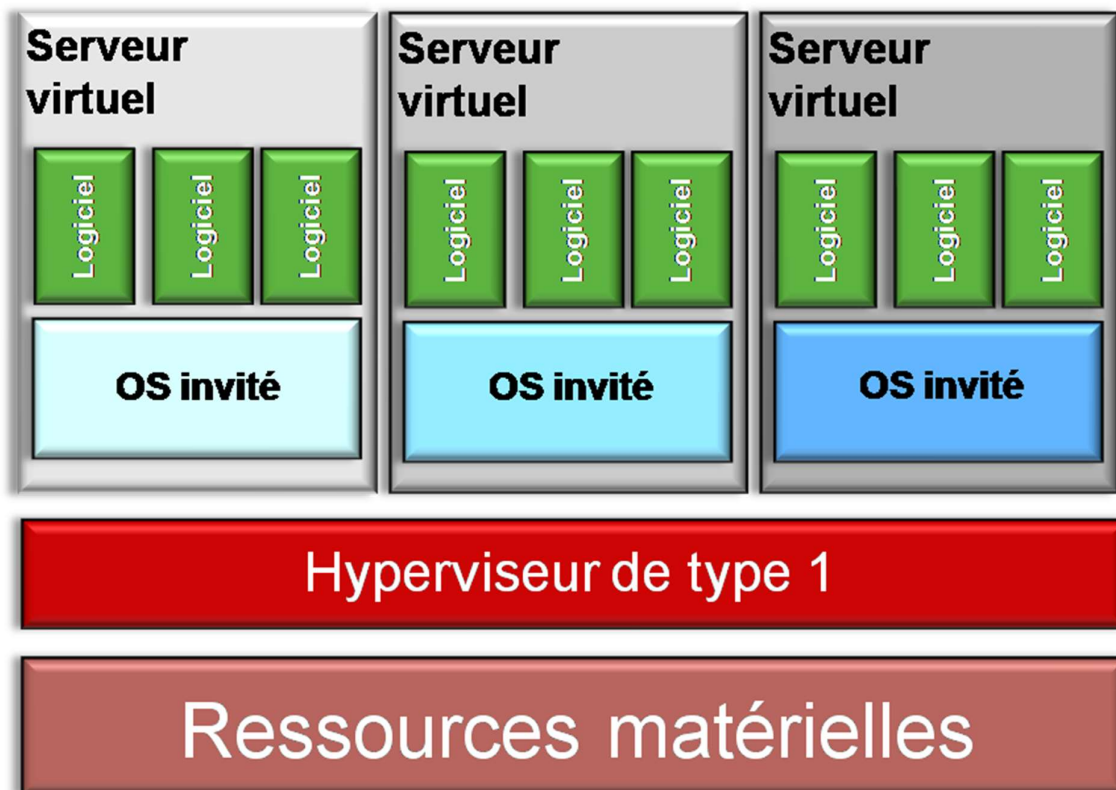


Figure 4: Virtualisation complète

Lien : <https://www-igm.univ-mlv.fr/~dr/XPOSE2008/virtualisation/techniques.html>

Définition	<p>Permet d'exécuter un système d'exploitation invité sans modification.</p> <p>L'hyperviseur émule complètement le matériel physique.</p>
Applications	<p>La virtualisation complète est utilisée dans une variété d'applications, notamment :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Les centres de données : la virtualisation complète est utilisée pour créer des environnements de virtualisation flexibles et évolutifs. <input type="checkbox"/> Les serveurs web : la virtualisation complète est utilisée pour créer des environnements de serveurs web hautement disponibles. <input type="checkbox"/> Les postes de travail virtuels : la virtualisation complète est utilisée pour créer des postes de travail virtuels sur demande.
Avantages	<p>Compatibilité avec les systèmes d'exploitation invités : la virtualisation complète est compatible avec tous les systèmes</p>

	<p>d'exploitation invités, y compris les systèmes d'exploitation propriétaires. => Exécute n'importe système exploitation</p> <p>Simplicité de la mise en œuvre : la virtualisation complète est relativement simple à mettre en œuvre.</p> <p>Compatibilité avec le matériel : la virtualisation complète est compatible avec la plupart des matériels.</p> <p>Sécurité,</p> <p>Stabilité.</p>
Inconvénients	<p>Consommation de ressources élevée (car l'émulation est coûteuse).</p> <p>Performances réduites : la virtualisation complète nécessite l'émulation du matériel réel, ce qui peut entraîner une réduction des performances.</p> <p>Complexité de la gestion : la gestion des machines virtuelles peut être complexe, en particulier pour les grandes installations.</p>
Produits	<p>-VMware vSphere</p> <p>-Microsoft Hyper-V</p> <p>-Oracle VM VirtualBox</p>
Exemple	<p>Une entreprise utilise un centre de données pour héberger ses serveurs web. Les serveurs web sont soumis à une charge importante, et l'entreprise souhaite améliorer leur disponibilité.</p> <p>L'entreprise décide d'utiliser la virtualisation complète pour créer des machines virtuelles qui exécutent les serveurs web.</p> <p>L'hyperviseur complet est installé sur le matériel physique, et les systèmes d'exploitation invités sont installés sur les machines virtuelles.</p> <p>L'utilisation de la virtualisation complète permet à l'entreprise d'améliorer la disponibilité des serveurs web.</p> <p>Si un serveur web tombe en panne, l'hyperviseur peut redémarrer le serveur web sur une autre machine virtuelle.</p>

	<p>Un datacenter utilisant VMware ESXi pour héberger plusieurs serveurs Windows et Linux sur un même serveur physique.</p> <p>En résumé, la virtualisation complète est une technique de virtualisation efficace qui peut être utilisée pour créer des environnements virtuels performants et disponibles.</p>
--	--

2. Isolation : Cloisonnement (Operating System level virtualization)

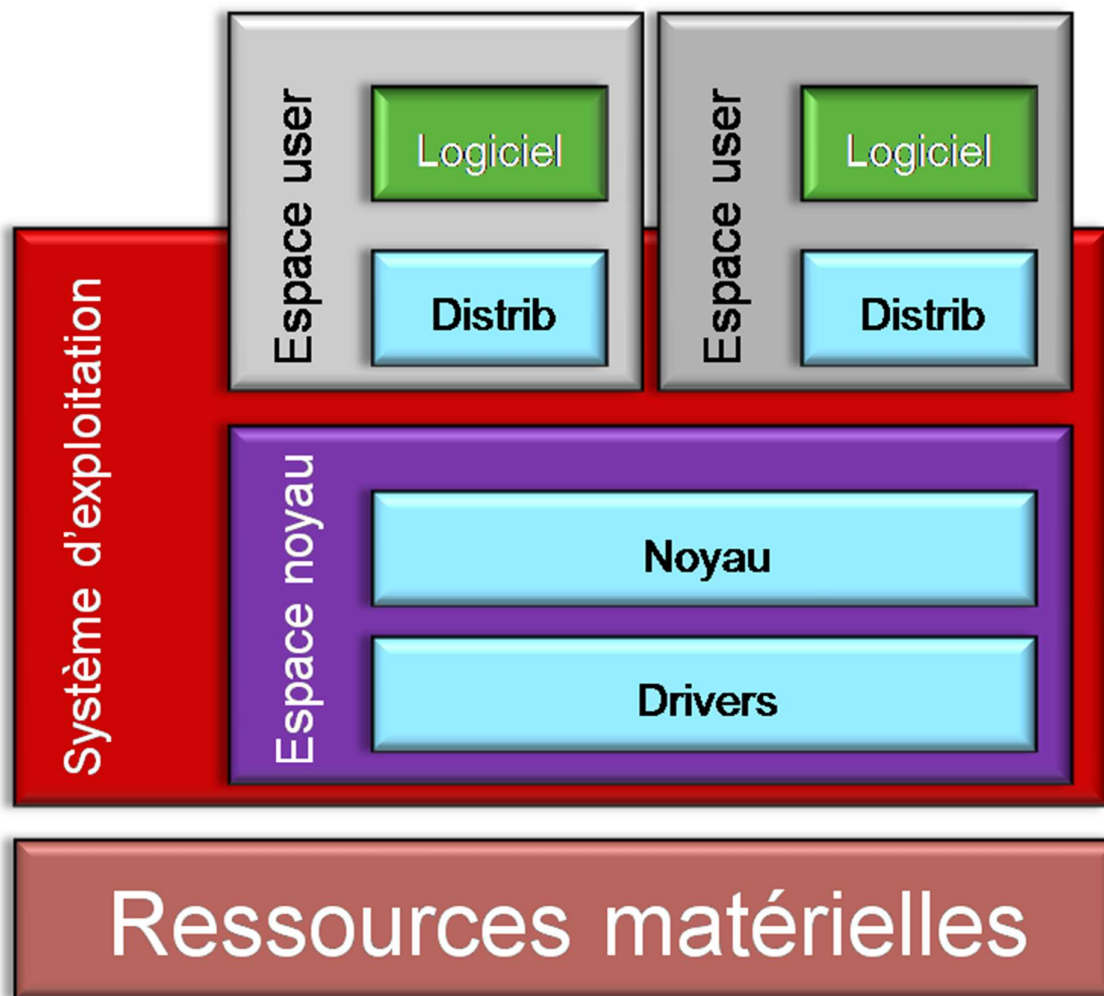


Figure 5: Isolation

Définition	<p>L'isolation est une technique permettant d'emprisonner l'exécution des applications dans des contextes.</p>
-------------------	---

	<p>Le cloisonnement ou l'isolation de virtualisation est une technique qui permet de séparer des machines virtuelles les unes des autres afin d'empêcher leur interaction non autorisée.</p> <p>Elle consiste à créer une barrière entre les machines virtuelles qui empêche les utilisateurs ou les processus d'une machine virtuelle d'accéder aux ressources d'une autre machine virtuelle.</p> <p>Il existe deux principaux types de cloisonnement ou d'isolation de virtualisation :</p> <p>Cloisonnement ou isolation complet : il s'agit de créer une barrière complète entre les machines virtuelles. Cela signifie que les machines virtuelles ne peuvent pas accéder aux ressources de l'autre machine virtuelle, y compris la mémoire, le stockage, le réseau et le matériel.</p> <p>Cloisonnement ou isolation partiel : il s'agit de créer une barrière partielle entre les machines virtuelles. Cela signifie que les machines virtuelles peuvent accéder à certaines ressources de l'autre machine virtuelle, mais pas à toutes.</p> <p>=>le cloisonnement est une technique de sécurité efficace qui peut être utilisée pour protéger les données sensibles et améliorer les performances.</p>
Applications	<p>L'isolation de virtualisation est utilisé dans une variété d'applications, notamment :</p> <p>Les centres de données : le cloisonnement ou l'isolation de virtualisation est utilisé pour protéger les données sensibles et améliorer les performances.</p> <p>Les réseaux : le cloisonnement ou l'isolation de virtualisation est utilisé pour séparer les différents types de trafic réseau.</p> <p>Les systèmes d'exploitation : le cloisonnement ou l'isolation de virtualisation est utilisé pour protéger les applications et les données des utilisateurs.</p> <p>Quelques exemples de techniques de cloisonnement ou d'isolation de virtualisation :</p> <p>Segmentation du réseau : la segmentation du réseau consiste à diviser un réseau en zones distinctes.</p> <p>Authentification et autorisation : l'authentification et l'autorisation permettent de contrôler qui a accès aux ressources.</p> <p>Contrôle d'accès : le contrôle d'accès permet de limiter l'accès aux ressources à des utilisateurs ou des processus spécifiques.</p>

	<p>Cloisonnement des applications : le cloisonnement des applications permet de séparer les applications les unes des autres.</p> <p>Le cloisonnement ou l'isolation de virtualisation est une technique de sécurité efficace qui peut être utilisée pour protéger les données sensibles et améliorer les performances.</p> <p>Exemples:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Plusieurs instances de Tomcat qui écoutent sur le même port, -- -Plusieurs Apaches sur le port 80 etc.
Avantages	<p>Cette solution est très performante (le surcoût d'une application isolée/virtualisée est minime par rapport au temps d'exécution de la même application installée sur un système d'exploitation).</p> <p>Exécute n'importe quel système d'exploitation ;</p> <p>Séparation nette entre invité et hôte ;</p> <p>Amélioration de la sécurité : le cloisonnement ou l'isolation de virtualisation empêche l'accès non autorisé aux ressources d'une machine virtuelle, ce qui peut aider à protéger les données sensibles.</p> <p>Amélioration de la performance : le cloisonnement ou l'isolation de virtualisation peut améliorer les performances en réduisant la congestion du réseau et des ressources.</p> <p>Amélioration de la fiabilité : le cloisonnement ou l'isolation de virtualisation peut aider à prévenir la propagation des pannes.</p>
Inconvénients	<p>Coût : le cloisonnement ou l'isolation de virtualisation peut entraîner des coûts supplémentaires en termes de matériel, de logiciels et de maintenance.</p> <p>Complexité : la mise en œuvre du cloisonnement ou de l'isolation de virtualisation peut être complexe, en particulier pour les grandes installations.</p>
Produits	OPENVZ, LXC
Exemple 1	Une entreprise utilise un centre de données pour héberger ses serveurs web. Les serveurs web sont soumis à une charge importante, et l'entreprise souhaite améliorer leur sécurité et leur performance.

	<p>L'entreprise décide d'utiliser la virtualisation pour créer des machines virtuelles qui exécutent les serveurs web. Le hyperviseur est mis en œuvre pour créer une barrière entre les machines virtuelles.</p> <p>L'utilisation du cloisonnement permet à l'entreprise d'améliorer la sécurité des serveurs web. Si un serveur web est compromis, le malware ne peut pas se propager aux autres serveurs web.</p> <p>L'utilisation du cloisonnement permet également à l'entreprise d'améliorer les performances des serveurs web. Les machines virtuelles n'ont pas besoin de concurrencer pour les ressources du matériel physique.</p>
Exemple 2	<p>Un utilisateur souhaite créer un poste de travail virtuel pour travailler à domicile. L'utilisateur souhaite que le poste de travail virtuel soit sécurisé et isolé de son ordinateur personnel.</p> <p>L'utilisateur décide d'utiliser un hyperviseur pour créer une machine virtuelle qui exécute le poste de travail virtuel. Le hyperviseur est mis en œuvre pour créer une barrière entre la machine virtuelle et l'ordinateur personnel.</p> <p>L'utilisation du cloisonnement permet à l'utilisateur de protéger les données sensibles de son ordinateur personnel. Si un malware infecte la machine virtuelle, il ne peut pas accéder aux données personnelles de l'utilisateur.</p> <p>L'utilisation du cloisonnement permet également à l'utilisateur d'isoler le poste de travail virtuel de son ordinateur personnel. Cela peut être utile si l'utilisateur souhaite utiliser des applications ou des logiciels qui ne sont pas compatibles avec son ordinateur personnel.</p>

3. Paravirtualisation

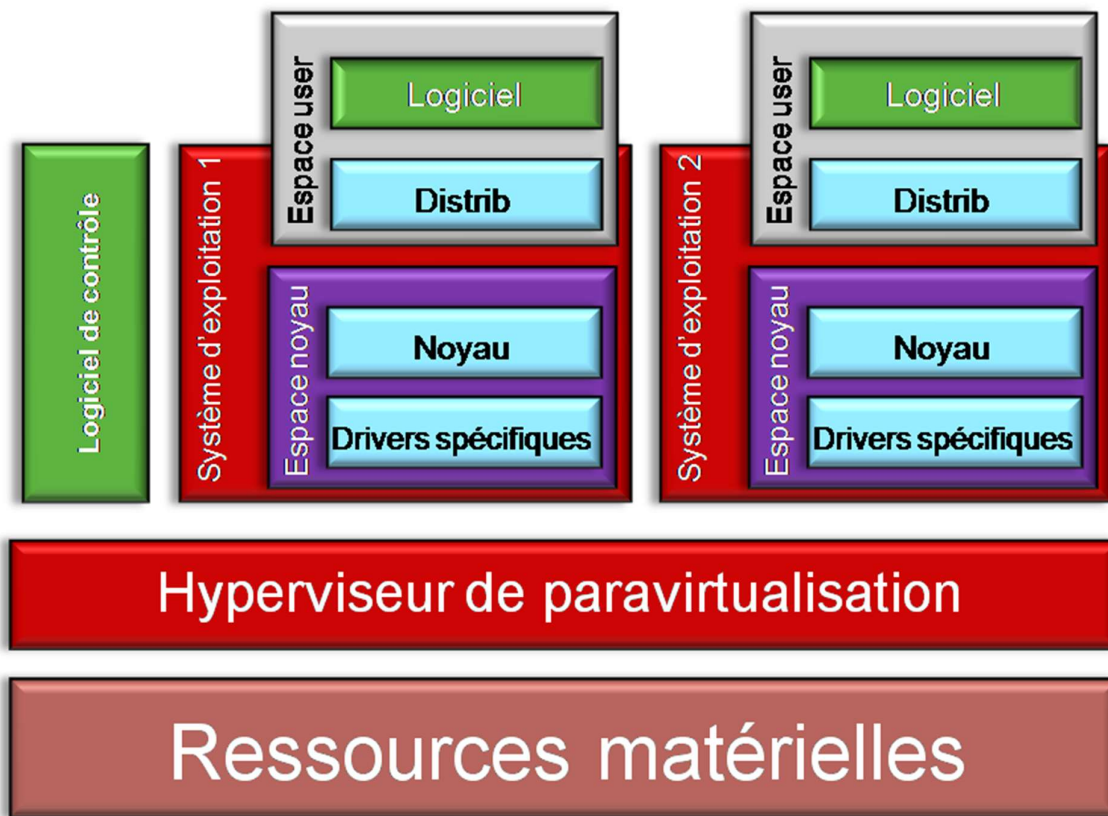
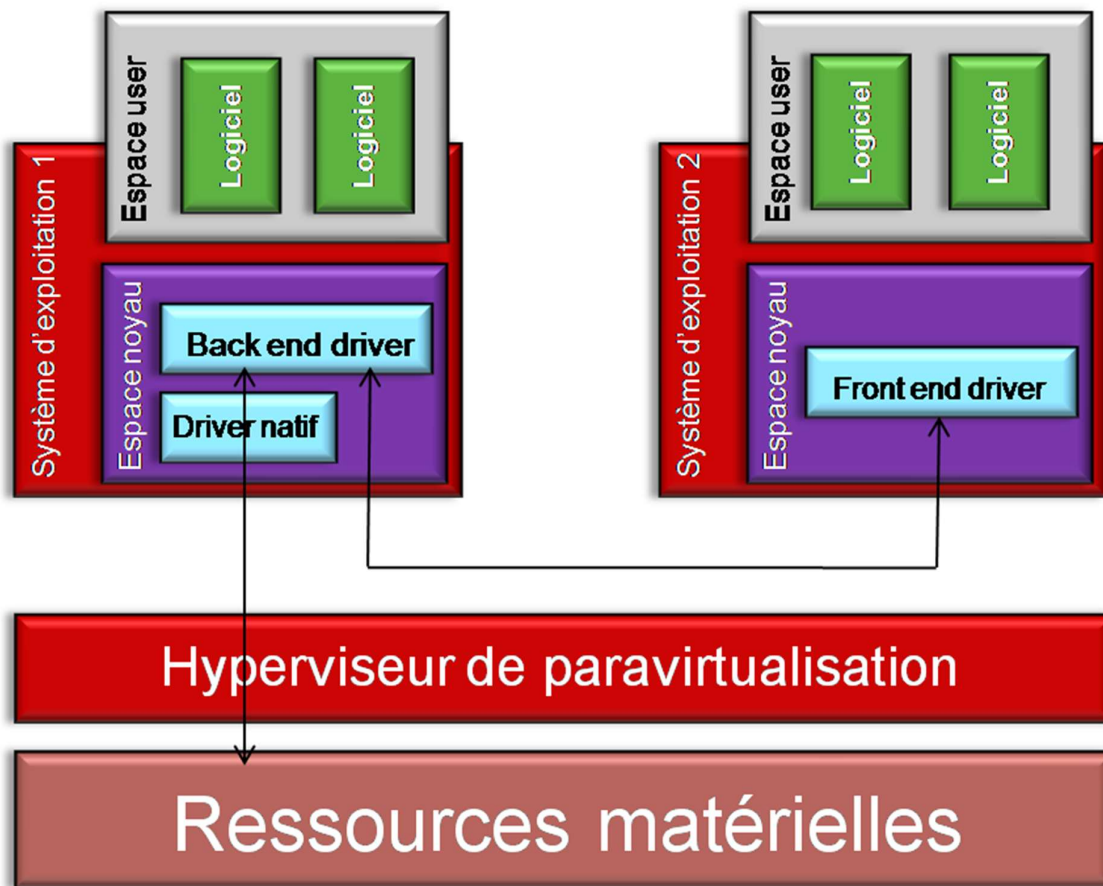


Figure 6: Paravirtualisation

Le mécanisme de redirection des appels système est comme suit:



Des drivers backend et frontend sont installés dans les OS paravirtualisés.

Ils permettent, au lieu de traduire les appels système comme cela est fait dans la virtualisation complète, de ne faire que de la redirection (ce qui est beaucoup plus rapide).

Il est donc intelligent d'utiliser un tel mécanisme pour accéder à du matériel potentiellement très sollicité (disque dur, interface réseau...).

Le contrôle d'un ou plusieurs matériel(s) est donné à un des OS virtualisés (celui qui contient le driver backend), ici le système d'exploitation 1. Une fois cela compris, il sera simple d'imaginer que l'OS 2, qui souhaite accéder au hardware, devra passer par son driver front end qui redirigera les appels système vers l'OS 1.

Définition	<p>Les systèmes d'exploitation doivent être modifiés pour fonctionner sur un hyperviseur de paravirtualisation.</p> <p>Le système invité est modifié pour interagir directement avec l'hyperviseur au lieu d'émuler le matériel.</p>
-------------------	--

	<p>Nécessite des modifications du noyau du système d'exploitation invité.</p> <p>Les modifications sont des insertions de drivers permettant de rediriger les appels système au lieu de les traduire.</p>
Applications	<p>La paravirtualisation est utilisée dans une variété d'applications, notamment :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❑ Les centres de données : la paravirtualisation est utilisée pour créer des environnements de virtualisation hautes performances. ❑ Les serveurs web : la paravirtualisation est utilisée pour créer des serveurs web hautement disponibles. ❑ Les postes de travail virtuels : la paravirtualisation est utilisée pour créer des postes de travail virtuels avec de bonnes performances.
Avantages	<p>Amélioration des performances : la paravirtualisation permet d'accéder directement aux ressources matérielles, ce qui améliore les performances des machines virtuelles.</p> <p>Simplicité du hyperviseur : le hyperviseur paravirtuel est plus simple à développer et à maintenir que le hyperviseur complet.</p> <p>Compatibilité avec les systèmes d'exploitation invités : la paravirtualisation nécessite une modification du système d'exploitation invité, ce qui peut limiter la compatibilité avec certains systèmes d'exploitation.</p>
Inconvénients	<p>L'inconvénient de cette technique est donc la dépendance d'un OS virtualisé vis à vis d'un autre qui se crée par ce mécanisme de driver. En effet si l'OS 1 tombe en panne, l'OS 2 ne pourra plus accéder au matériel.</p> <p>Les OS invités doivent être légèrement modifié pour prendre en compte l'environnement virtuel.</p> <p>Complexité de la mise en œuvre : la paravirtualisation nécessite une modification du système d'exploitation invité, ce qui peut rendre la mise en œuvre plus complexe.</p> <p>Compatibilité avec le matériel : la paravirtualisation nécessite un support matériel, ce qui peut limiter la compatibilité avec certains matériels.</p>
Produits	Xen

	<p>KVM</p> <p>VMware Paravirtualized Guest</p> <p>Hyper-V Server</p>
Exemple 1	<p>Un utilisateur souhaite créer un poste de travail virtuel pour travailler à domicile. L'utilisateur souhaite que le poste de travail virtuel soit performant et compatible avec les applications qu'il utilise.</p> <p>L'utilisateur décide d'utiliser la paravirtualisation pour créer le poste de travail virtuel. L'hyperviseur paravirtuel est installé sur le matériel physique, et le système d'exploitation invité est modifié pour communiquer directement avec le hyperviseur.</p> <p>L'utilisation de la paravirtualisation permet à l'utilisateur de créer un poste de travail virtuel performant et compatible avec ses applications. Le poste de travail virtuel a accès directement aux ressources matérielles, ce qui réduit la latence et améliore le débit.</p> <p>En résumé, la paravirtualisation peut être utilisée dans une variété d'applications pour améliorer les performances des machines virtuelles.</p>
Exemple 2	<p>Une entreprise utilise un centre de données pour héberger ses serveurs web.</p> <p>Les serveurs web sont soumis à une charge importante, et l'entreprise souhaite améliorer leurs performances.</p> <p>L'entreprise décide d'utiliser la paravirtualisation pour créer des machines virtuelles qui exécutent les serveurs web. Le hyperviseur paravirtuel est installé sur le matériel physique, et les systèmes d'exploitation invités sont modifiés pour communiquer directement avec le hyperviseur.</p> <p>L'utilisation de la paravirtualisation permet à l'entreprise d'améliorer les performances des serveurs web. Les machines virtuelles ont accès directement aux ressources matérielles, ce qui réduit la latence et améliore le débit.</p>

4. Virtualisation assisté par matériel

Définition	Le support de la virtualisation peut être intégré au processeur ou assisté par celui-ci, le matériel se chargeant, par exemple, de
-------------------	--

	<p>virtualiser les accès mémoire ou de protéger le processeur physique des accès le plus bas niveau.</p> <p>La virtualisation assistée par le matériel (HAV) est une technique de virtualisation qui utilise des extensions matérielles pour améliorer les performances et la sécurité des machines virtuelles.</p> <p>Les extensions matérielles pour la virtualisation sont des fonctionnalités ajoutées aux processeurs et aux autres composants matériels pour faciliter la virtualisation. Ces extensions permettent au hyperviseur d'accéder directement aux ressources matérielles, ce qui réduit la charge de travail du hyperviseur et améliore les performances.</p>
Applications	<p>La HAV est utilisée dans une variété d'applications, notamment :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Les centres de données : la HAV est utilisée pour créer des environnements de virtualisation hautes performances et sécurisées. <input type="checkbox"/> Les serveurs web : la HAV est utilisée pour créer des environnements de serveurs web hautement disponibles. <input type="checkbox"/> Les postes de travail virtuels : la HAV est utilisée pour créer des postes de travail virtuels avec de bonnes performances.
Avantages	<p>-Simplification de la virtualisation logicielle,</p> <p>-Réduction de la dégradation de performances.</p> <p>Amélioration des performances : la HAV permet au hyperviseur d'accéder directement aux ressources matérielles, ce qui réduit la charge de travail du hyperviseur et améliore les performances.</p> <p>Amélioration de la sécurité : la HAV peut améliorer la sécurité des machines virtuelles en facilitant la mise en œuvre des fonctionnalités de sécurité.</p> <p>Simplicité de la mise en œuvre : la HAV peut simplifier la mise en œuvre de la virtualisation en rendant le hyperviseur plus efficace.</p> <p>La HAV est une technique de virtualisation efficace qui peut être utilisée pour améliorer les performances et la sécurité des machines virtuelles.</p>

Inconvénients	<p>Solutions propriétaires et ne suivent aucun standard.</p> <p>Compatibilité avec le matériel : la HAV nécessite un matériel compatible, ce qui peut limiter la compatibilité avec certains matériels.</p> <p>Coût : la HAV peut entraîner un coût supplémentaire pour les matériels compatibles.</p>
Produits	<p>Intel VT-x</p> <p>AMD-V</p> <p>SLAT (Second Level Address Translation)</p>
Exemple	<p>Une entreprise utilise un centre de données pour héberger ses serveurs web. Les serveurs web sont soumis à une charge importante, et l'entreprise souhaite améliorer leurs performances et leur sécurité.</p> <p>L'entreprise décide d'utiliser la HAV pour créer des machines virtuelles qui exécutent les serveurs web. Le matériel physique est compatible avec la HAV, et le hyperviseur est mis à jour pour prendre en charge la HAV.</p> <p>L'utilisation de la HAV permet à l'entreprise d'améliorer les performances et la sécurité des serveurs web. Les machines virtuelles ont accès directement aux ressources matérielles, ce qui réduit la latence et améliore le débit. Les fonctionnalités de sécurité de la HAV aident à protéger les machines virtuelles contre les attaques.</p> <p>Un laboratoire de test utilisant KVM avec Intel VT-x pour tester plusieurs OS sans perte de performance.</p> <p>En résumé, la HAV est une technique de virtualisation efficace qui peut être utilisée pour créer des environnements virtuels performants et sécurisés.</p>

Conclusion

En résumé : le besoin détermine le type d'hyperviseur

Tableau 1: Choix type hyperviseur

Contexte	Exemples de cas métiers	Hyperviseur	Profil des utilisateurs de l'hyperviseur
En entreprise ou pour un usage personnel	<ul style="list-style-type: none"> • Tester un OS • Créer un environnement de test • Développer une application et la tester sur différents systèmes 	type 2	Profils multiples : <ul style="list-style-type: none"> • développeur • ingénieur/administrateur réseau • technicien • profil non technique pour utiliser un outil spécifique
En entreprise, dans des architectures en production	<ul style="list-style-type: none"> • Créer un serveur • Remplacer des machines physiques par des VM (réduction des coûts) • Tests en environnement de pré-production 	type 1	Profils orientés réseau : <ul style="list-style-type: none"> • Ingénieur réseaux/cloud • Administrateur réseau