

Déploiement des machines virtuelles Windows sous Proxmox VE

Contrôleur de domaine Windows Server 2022 et poste client Windows 11

Auteur	Julien
Environnement	Homelab — nœud d'hypervision « pve »
Hyperviseur	Proxmox VE 9.2.2
Machine hôte	Mini-PC GMKtec M5 Ultra — Ryzen 7 7730U — 32 Go
Systèmes déployés	Windows Server 2022 Standard · Windows 11 Professionnel
Date	Juillet 2026

Ce document décrit la création et la mise en service des machines virtuelles Windows du laboratoire, de l'importation des supports d'installation jusqu'à la validation du système invité. Il fait suite au document *Installation et sécurisation de Proxmox VE* et reflète une installation réelle, illustrée des captures correspondantes.

Deux machines sont déployées selon une procédure commune : **SRV-AD-01**, futur contrôleur de domaine Active Directory, et **PC-CLIENT-01**, poste client destiné à rejoindre ce domaine et à recevoir les stratégies de groupe. La configuration est volontairement homogène entre les deux machines ; les écarts sont signalés à chaque étape concernée par un encadré **Variante Windows 11**.

La promotion du contrôleur de domaine, la jonction du poste au domaine et le déploiement des stratégies de groupe font l'objet de documents distincts.

Sommaire

- 1** Contexte et prérequis
- 2** Choix techniques et justifications
- 3** Préparation des supports d'installation
- 4** Création des machines virtuelles
- 5** Installation de Windows Server 2022
- 6** Installation de Windows 11 Professionnel
- 7** Configuration post-installation
- 8** Synthèse comparative des deux machines
- 9** Points de vigilance
- 10** Aide-mémoire

1. Contexte et prérequis

1.1 État de l'infrastructure

L'hyperviseur est installé, sécurisé et opérationnel. Les éléments suivants sont en place et conditionnent les choix décrits dans ce document.

Élément	Configuration
Nœud d'hypervision	pve — 192.168.1.200/24
Stockage local	Répertoire sur SSD 240 Go — images ISO, sauvegardes
Stockage vmdata	LVM-thin sur NVMe 1 To — disques de machines virtuelles
Réseau	Pont vmbr0 rattaché à nic0, réseau à plat 192.168.1.0/24
Compte d'administration	julien@pve (realm Proxmox VE, double authentification active)

La segmentation en VLAN est prévue dans une seconde phase. L'infrastructure est volontairement construite en réseau à plat afin de valider le fonctionnement des services avant d'introduire la complexité du filtrage inter-VLAN. Ce séquençement permet, en cas d'anomalie après segmentation, d'écarter immédiatement une erreur de configuration des machines virtuelles.

1.2 Conventions retenues

Élément	Convention	SRV-AD-01	PC-CLIENT-01
Identifiant de VM	100–199 serveurs, 200–299 postes clients	101	201
Nom de machine	Rôle abrégé et numéro, 15 caractères maximum	SRV-AD-01	PC-Client-01
Ordre de démarrage	Priorité aux services dont dépendent les autres machines	order=1	Aucun

La limite de quinze caractères sur le nom de machine n'est pas une contrainte de Proxmox mais de Windows : au-delà, le nom NetBIOS est tronqué silencieusement, ce qui provoque des incohérences dans l'annuaire. Aligner le nom de la machine virtuelle sur le futur nom d'hôte Windows évite toute ambiguïté à l'exploitation.

1.3 Supports d'installation nécessaires

Support	Provenance	Taille	Destination
Windows Server 2022 (évaluation)	Microsoft Evaluation Center	5,61 Gio	SRV-AD-01
Windows 11 25H2 (multi-éditions)	Microsoft	7,21 Gio	PC-CLIENT-01
virtio-win.iso (0.1.285)	fedorapeople.org — dépôt stable	753 Mio	Les deux

2. Choix techniques et justifications

2.1 Configuration matérielle virtuelle retenue

Paramètre	SRV-AD-01	PC-CLIENT-01	Rôle
Machine	q35	q35	Chipset virtuel à bus PCI Express
Micrologiciel	OVMF (UEFI)	OVMF (UEFI)	Firmware UEFI, démarrage sécurisé
Disque EFI	Clés préinscrites	Clés préinscrites	Variables du micrologiciel
Module TPM	v2.0 — recommandé	v2.0 — obligatoire	Puce cryptographique virtuelle
Contrôleur de stockage	VirtIO SCSI single	VirtIO SCSI single	Contrôleur paravirtualisé
Carte réseau	VirtIO sur <code>vmbr0</code>	VirtIO sur <code>vmbr0</code>	Interface haute performance
Agent QEMU	Activé	Activé	Canal hyperviseur / invité
Processeur	1 socket, 2 cœurs, <code>host</code>	1 socket, 2 cœurs, <code>host</code>	Jeu d'instructions complet
Mémoire	4096 / 2048 Mio	4096 / 2048 Mio	Mémoire dynamique
Disque système	80 Gio	64 Gio	Volume provisionné à la demande

2.2 Chipset q35 plutôt que i440fx

Proxmox propose deux chipsets virtuels. Le `i440fx` reproduit une carte mère à bus PCI des années 1990 ; le `q35` reproduit un chipset Intel moderne à bus PCI Express.

Le `q35` a été retenu parce qu'il correspond au matériel réel qu'attendent les systèmes Windows récents, qu'il gère nativement le PCI Express — indispensable si un passage de périphérique en accès direct devient nécessaire ultérieurement, notamment pour le futur pare-feu virtualisé — et qu'il constitue la configuration recommandée par Proxmox pour toute nouvelle machine virtuelle Windows.

2.3 Micrologiciel UEFI plutôt que BIOS hérité

Le choix d'OVMF aligne les machines virtuelles sur les standards actuels : partitionnement GPT, démarrage sécurisé, prise en charge des disques de plus de 2 To. Il s'agit d'un prérequis absolu pour Windows 11, et retenir le même micrologiciel pour le serveur garantit une configuration homogène sur l'ensemble du parc virtuel.

Le **disque EFI** associé est un volume de quelques mégaoctets jouant le rôle de la mémoire non volatile d'une carte mère physique : il conserve les variables du micrologiciel et les entrées de démarrage. L'option **clés de préinscription** y installe d'emblée les certificats Microsoft — dans leur version 2023, qui succède aux certificats de 2011 arrivés à expiration — ce qui rend le démarrage sécurisé immédiatement opérationnel.

Le démarrage sécurisé activé ici concerne uniquement les machines virtuelles. Il est indépendant du *Secure Boot* désactivé dans le BIOS du serveur physique lors de l'installation de l'hyperviseur : les deux couches sont distinctes et n'interagissent pas.

2.4 Module TPM 2.0

Le TPM virtuel fournit un stockage matériel de clés cryptographiques. Windows 11 en fait un prérequis strict, contrôlé pendant l'installation : sans TPM 2.0 associé au démarrage sécurisé, l'installateur refuse de poursuivre. Windows Server 2022 ne l'exige pas, mais il est activé également afin de maintenir une configuration identique entre les machines et d'ouvrir la possibilité de démontrer le chiffrement BitLocker et les fonctions de protection des identifiants.

2.5 Contrôleur VirtIO SCSI et agent QEMU

Un contrôleur émulé classique fait croire au système invité qu'il dialogue avec une véritable carte SATA, ce qui impose à l'hyperviseur de traduire chaque échange. Le contrôleur **VirtIO** est paravirtualisé : le système invité sait qu'il est virtualisé et communique directement avec l'hyperviseur, sans couche d'émulation. Le gain en débit et en latence est important, au prix d'un pilote à charger pendant l'installation — d'où la présence du support `virtio-win.iso` sur les deux machines.

La variante **single** affecte un contrôleur distinct à chaque disque, ce qui permet d'attribuer un fil d'exécution d'entrées/sorties dédié par disque (option *IO thread*).

L'**agent QEMU** est un service installé côté Windows qui dialogue avec l'hyperviseur. Il autorise l'arrêt propre de la machine depuis l'interface Proxmox, remonte l'adresse IP de la machine virtuelle dans l'interface, et suspend momentanément les écritures disque au moment d'une sauvegarde ou d'un instantané, garantissant leur cohérence.

2.6 Stockage sur pool LVM-thin

Les disques des machines virtuelles sont placés sur le volume `vmdata`, un pool LVM-thin de 931 Go créé sur le NVMe de 1 To.

Allocation à la demande. Un disque déclaré à 80 Go ne consomme que l'espace réellement écrit : après installation, Windows Server occupe environ 15 à 20 Go, Windows 11 environ 25 Go. Les sept machines virtuelles prévues peuvent ainsi déclarer des volumes confortables sans immobiliser la capacité correspondante.

Performance. LVM-thin expose un volume de bloc brut, sans système de fichiers intermédiaire, contrairement à une image de disque posée sur un répertoire. La chaîne d'accès est plus courte et la latence plus faible.

Instantanés disponibles. Contrairement à une idée répandue, le format `qcow2` n'est pas nécessaire pour disposer d'instantanés : LVM-thin implémente nativement la copie sur écriture au niveau du volume logique. Les instantanés sont donc pris en charge, bien que le format du disque soit imposé en `raw`.

Rejet des blocs. L'option *Abandonner* (`discard` / `TRIM`) activée sur le disque complète le dispositif : lorsque Windows supprime des fichiers, les blocs correspondants sont réellement rendus au pool au lieu de rester comptabilisés comme occupés.

Séparation des rôles. Le SSD système de 240 Go héberge l'hyperviseur, les images ISO et les sauvegardes ; le NVMe de 1 To héberge exclusivement les disques des machines virtuelles. Les deux domaines de panne sont distincts et la charge d'entrées/sorties est répartie sur deux périphériques.

Limite à surveiller. Le sur-approvisionnement implique qu'un pool saturé met en défaut *toutes* les machines virtuelles qu'il héberge, avec un risque réel de corruption. Le taux de remplissage doit être surveillé (`pvesm status` , notifications par courriel) et ne jamais dépasser 80 %.

2.7 Éditions Windows retenues

Windows Server 2022 Standard. Ce qui distingue l'édition Datacenter — nombre illimité de machines virtuelles Windows incluses dans la licence, espaces de stockage direct, réplica de stockage complet, machines virtuelles blindées, réseau défini par logiciel — n'a aucun usage dans le périmètre de ce laboratoire. Les rôles mis en œuvre (AD DS, DNS, DHCP, stratégies de groupe, partages SMB) sont identiques dans les deux éditions. L'édition Standard correspond par ailleurs à ce que déploient réellement les PME, cible professionnelle de ce projet.

L'édition *Core*, proposée en première position par l'assistant, ne dispose d'aucune interface graphique et s'administre exclusivement en ligne de commande. La mention **expérience de bureau** est donc impérative, et ce choix est irréversible sans réinstallation complète.

Windows 11 Professionnel. L'image multi-éditions propose Famille et Professionnel. L'édition Famille ne dispose pas du composant de jonction de domaine : elle ne peut ni rejoindre un annuaire Active Directory, ni recevoir de stratégies de groupe, ni être administrée à distance en Bureau à distance en tant qu'hôte. Elle est donc inutilisable dans ce contexte.

Deux choix irréversibles à l'installation. Pour le serveur, l'édition *expérience de bureau* ; pour le poste client, l'édition *Professionnel*. Une erreur sur l'un ou l'autre impose une réinstallation complète de la machine concernée.

2.8 Mode d'activation

L'activation automatique de machines virtuelles (AVMA) est un mécanisme propriétaire reposant sur un canal de communication entre la machine virtuelle et un hôte Hyper-V licencié en édition Datacenter. Ce canal n'existe pas sur un hyperviseur KVM : une clé AVMA saisie dans une machine virtuelle hébergée sur Proxmox retourne une erreur d'activation.

En l'absence de licence en volume (MAK ou KMS) disponible, la version d'évaluation a été retenue, conformément aux conditions d'utilisation Microsoft pour un environnement de test : 180 jours pour Windows Server 2022, période d'essai équivalente pour Windows 11 non activé, dont les seules restrictions portent sur la personnalisation de l'interface.

```
slmgr /dlv          # état et durée restante de l'activation
slmgr /rearm        # réinitialisation de la période d'évaluation
```

3. Préparation des supports d'installation

Les images ISO sont déposées sur le stockage `local`, qui accepte le type de contenu *images ISO*. Le pool `vmdata`, de type LVM-thin, ne peut accueillir que des disques de machines virtuelles et de conteneurs.

Depuis l'interface web : **Nœud pve → local → Images ISO**. Deux méthodes coexistent.

Méthode	Usage	Remarque
Téléverser	Images Windows téléchargées au préalable sur le poste d'administration	Le transfert transite par le navigateur : ne pas fermer l'onglet avant la fin
Télécharger depuis l'URL	Images disposant d'un lien direct (virtio, Debian, PBS)	Le bouton <i>Query URL</i> renseigne automatiquement le nom et l'empreinte

Adresse du support de pilotes paravirtualisés :

```
https://fedorapeople.org/groups/virt/virtio-win/direct-downloads/stable-virtio/virtio-win.iso
```

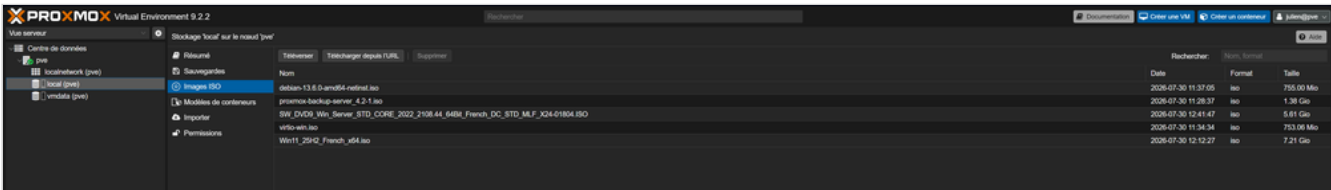


Figure 1 — Stockage local : supports d'installation importés. La session est ouverte avec le compte d'administration dédié `julien@pve`, conformément à la politique de sécurisation de l'hyperviseur.

4. Création des machines virtuelles

Bouton **Créer une VM** en haut à droite de l'interface. La case **Avancé**, en bas de la fenêtre, doit être cochée dès le premier onglet : plusieurs champs nécessaires restent masqués sans elle.

La procédure ci-dessous décrit la création de **SRV-AD-01**. Elle est reproduite à l'identique pour **PC-CLIENT-01**, à l'exception des points signalés en encadré bleu.

4.1 Onglet Général

Champ	Valeur
Nœud	pve
VM ID	101
Nom	SRV-AD-01
Démarrer à l'amorçage	Coché
Ordonnancement du démarrage	1

L'ordonnancement garantit que le contrôleur de domaine redémarre avant les autres machines virtuelles après une coupure d'alimentation. Sans cette précaution, le serveur de fichiers et les postes clients peuvent démarrer alors qu'Active Directory et le service DNS ne sont pas encore disponibles, ce qui provoque des échecs d'ouverture de session et d'accès aux partages.

Variante Windows 11

VM ID 201 , nom PC-Client-01 . Le champ *Démarrer à l'amorçage* reste **décoché** et aucun ordonnancement n'est défini : un poste client n'a pas vocation à monopoliser des ressources en permanence, il est démarré à la demande lors des tests de stratégies de groupe.

Créer: Machine virtuelle

Général

Système d'exploitation

Système

Disques

Processeur

Mémoire

Réseau

Confirmation

Nœud:

pve

VM ID:

101

Nom:

SRV-AD-01

Ajouter à la haute dispo:

☐

Démarrer à l'amorçage:

☒

Ordonnancement du démarrage et de l'arrêt:

1

Délai de démarrage:

default

Délai d'attente de l'arrêt:

default

vCPU Architecture:

Par défaut (Host Architecture)

Étiquettes

Aucune étiquette

+

Aide

Avancé ☒

Retour

Suivant

Figure 2 — Onglet Général : identification de la machine et priorité de démarrage.

4.2 Onglet Système d'exploitation

Champ	Valeur
Utiliser une image de média (ISO)	Sélectionné
Stockage / Image ISO	local / image Windows Server 2022
Type	Microsoft Windows
Version	11/2022/2025
Ajouter un périphérique contenant les pilotes VirtIO	Coché — local / virtio-win.iso

Le champ *Version* ne sert pas seulement à identifier le système : il applique en arrière-plan un jeu d'optimisations propres à Windows, notamment la gestion de l'horloge et les extensions Hyper-V *enlightenments*. Windows Server 2022 partage son noyau avec Windows 11, d'où la valeur commune `win11` enregistrée dans la configuration des deux machines.

Variante Windows 11

Sélectionner l'image `Win11_25H2_French_x64.iso`. Les champs *Type* et *Version* restent identiques, ainsi que le lecteur de pilotes VirtIO.

Créer: Machine virtuelle

Général **Système d'exploitation** Système Disques Processeur Mémoire Réseau Confirmation

☒ Utiliser une image de média (ISO)

Stockage: local

Image ISO: SW_DVD9_Win_Server

☐ Utiliser le lecteur CD/DVD de l'hôte

☐ N'utiliser aucun média

Système d'exploitation de l'invité:

Type: Microsoft Windows

Version: 11/2022/2025

☒ Ajouter un périphérique contenant les pilotes VirtIO

Stockage: local

Image ISO: virtio-win.iso

Avancé ☒ Retour Suivant

Figure 3 — Onglet *Système d'exploitation* : support d'installation Windows et support de pilotes paravirtualisés montés simultanément.

4.3 Onglet Système

Champ	Valeur
Carte graphique	Par défaut
Machine	q35
BIOS	OVMF (UEFI)
Ajouter un disque EFI / Stockage EFI	Coché / vmdata
Clefs de préinscription	Coché
Ajouter un module TPM / Stockage / Version	Coché / vmdata / v2.0
Contrôleur SCSI	VirtIO SCSI single
Agent QEMU	Coché

Variante Windows 11

Configuration strictement identique, mais deux paramètres passent du statut recommandé au statut **obligatoire** : le module **TPM 2.0** et les **clefs de préinscription**, qui activent le démarrage sécurisé. Leur absence entraîne le message « *Ce PC ne peut pas exécuter Windows 11* » dès le début de l'installation, sans possibilité de poursuivre.

Créer: Machine virtuelle

Général

Système d'exploitation

Système

Disques

Processeur

Mémoire

Réseau

Confirmation

Carte graphique: Par défaut

Machine: q35

Micrologiciel

BIOS: OVMF (UEFI)

Ajouter un disque EFI: ☒

Stockage EFI: vmdata

Format: Image disque brute (raw)

Clefs de préinscription: ☒

Contrôleur SCSI: VirtIO SCSI single

Agent QEMU: ☒

Ajouter un module TPM: ☒

Stockage TPM: vmdata

Format: Image disque brute (raw)

Version: v2.0

Aide

Avancé ☒

Retour

Suivant

Figure 4 — Onglet Système : micrologiciel UEFI, disque EFI avec clés préinscrites, module TPM 2.0 et contrôleur paravirtualisé.

4.4 Onglet Disques

Champ	Valeur	Justification
Bus / périphérique	SCSI 0	Cohérent avec le contrôleur VirtIO SCSI
Stockage	vmdata	Disques de VM sur le NVMe dédié
Taille	80 Gio	Système, journaux, mises à jour cumulatives, SYSVOL
Format	raw (imposé)	Contrainte du stockage LVM-thin
Cache	Aucun cache	Choix de sécurité en l'absence d'onduleur
Abandonner (discard)	Coché	Restitution des blocs libérés au pool
Émulation de SSD	Coché	Windows désactive la défragmentation planifiée
IO thread	Coché	Fil d'exécution d'entrées/sorties dédié

Un disque virtuel peut être agrandi à chaud ultérieurement, mais **jamais réduit**. Le provisionnement fin rend le surdimensionnement gratuit tant que l'espace n'est pas écrit : il est donc préférable de voir large dès la création.

Variante Windows 11

Taille du disque ramenée à **64 Gio**, valeur qui couvre exactement le minimum requis par Microsoft. Une valeur inférieure est refusée par l'installateur au même titre qu'un TPM manquant. Toutes les autres options sont conservées à l'identique.

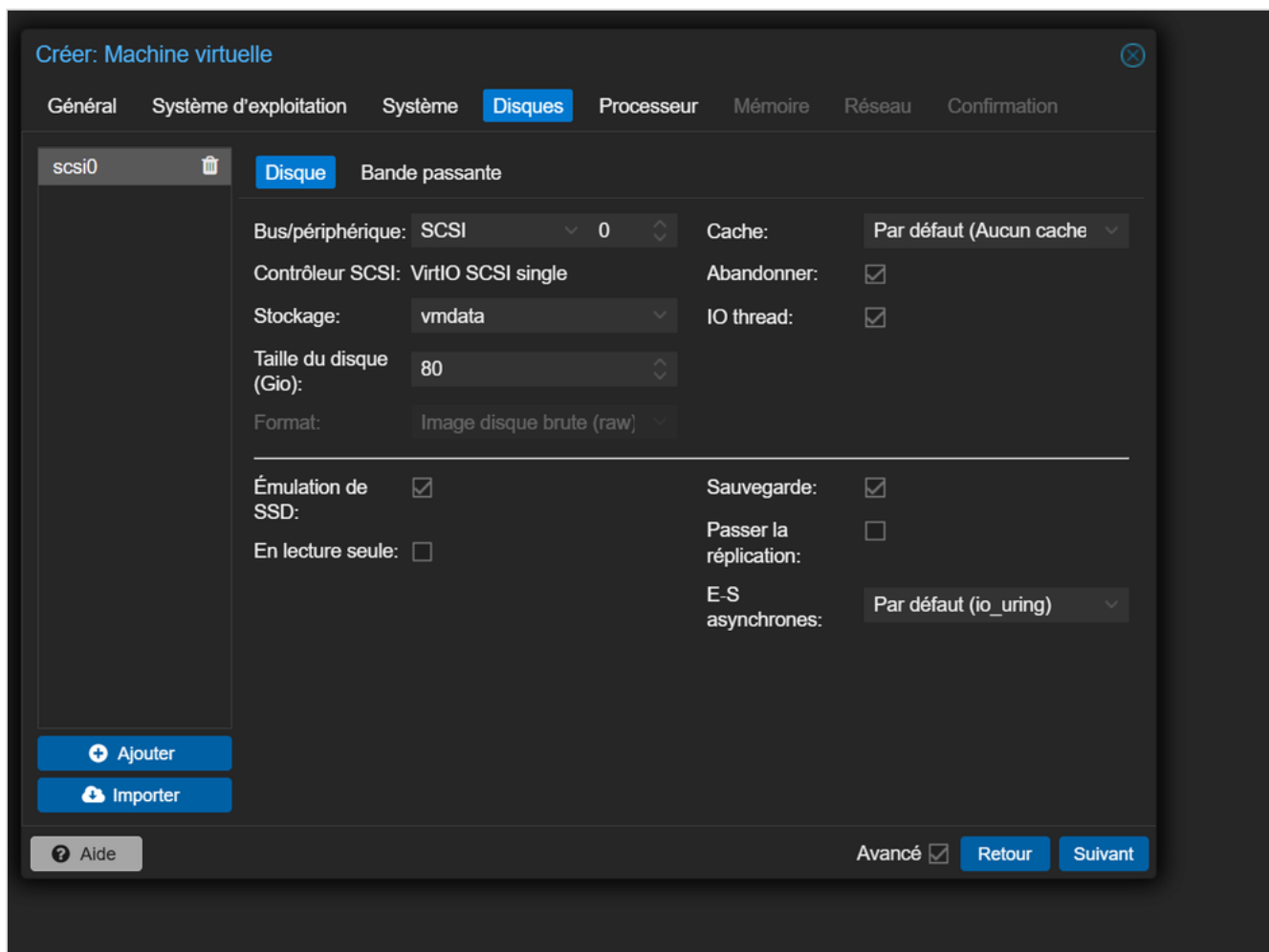


Figure 5 — Onglet Disques : disque système de 80 Gio sur le pool vmdata, avec rejet des blocs, émulation SSD et fil d'exécution dédié.

4.5 Onglet Processeur

Champ	Valeur
Supports de processeur (sockets)	1
Cœurs	2
Type	host
Extra CPU Flags	Tous sur <i>Default</i>

Un seul socket suffit : la simulation de plusieurs sockets n'a d'intérêt que sur des configurations NUMA importantes. Deux cœurs couvrent largement les besoins d'un contrôleur de domaine, dont la consommation processeur est faible en régime établi, et correspondent également au minimum exigé par Windows 11. Le processeur hôte exposant seize fils d'exécution, cette réservation laisse la marge nécessaire aux autres machines virtuelles prévues. Un ajustement à la hausse reste possible à tout moment selon la charge observée.

Le type `host` expose le jeu d'instructions complet du processeur physique, dont AES-NI, utile au chiffrement SMB et TLS. Les drapeaux processeur restent sur *Default* puisqu'ils sont déjà hérités du processeur réel ; les forcer manuellement n'aurait de sens qu'avec un type de processeur générique.

Contrepartie assumée : le type `host` interdit la migration à chaud vers un nœud équipé d'un processeur différent. Sans conséquence sur une infrastructure à nœud unique.

Créer: Machine virtuelle

Général Système d'exploitation Système Disques **Processeur** Mémoire Réseau Confirmation

Supports de processeur: 1 Type: host
Cœurs: 2 Total de cœurs: 2

Processeurs virtuels: 2 Unités processeur: 100
Limite d'utilisation processeur: illimité Activer NUMA: ☐
Affinité processeur: Tous les cœurs

Extra CPU Flags:

État	Valeur	Flag	Description	Supported On
Default	- ☐ ☒ ☐ +	nested-virt	Controls nested virtualization, namely 'svm' for AMD CPUs and 'vmx' for Intel CPUs. Live migration still only works if it's the same flag on both sides. Use a CPU model similar to the host, with the same vendor, not x86-64-vX!	pve
Default	- ☐ ☒ ☐ +	aes	Activate AES instruction set for HW acceleration.	pve
Default	- ☐ ☒ ☐ +	amd-ssbd	Improves Spectre mitigation performance with AMD CPUs. best used with 'virt-ssbd'	pve

Aide Avancé ☒ Retour Suivant

Figure 6 — Onglet Processeur : deux cœurs sur un socket unique, jeu d'instructions du processeur hôte. Les drapeaux listés en partie basse restent sur leur valeur par défaut.

4.6 Onglet Mémoire

Champ	Valeur
Mémoire	4096 Mio
Mémoire minimale	2048 Mio
Élasticité mémoire (ballooning)	Activée
Fusion des pages mémoire identiques (KSM)	Activée

La machine démarre avec 4 Go. Lorsque l'hyperviseur constate que sa mémoire physique devient tendue, il demande au pilote *balloon* installé dans le système invité de réserver de la mémoire et de la restituer à l'hôte, jusqu'à un plancher de 2 Go. La pression retombée, le mécanisme s'inverse. Le mécanisme KSM complète le dispositif en fusionnant les pages mémoire identiques entre machines virtuelles, particulièrement rentable lorsque plusieurs systèmes Windows cohabitent sur le même hôte.

Ces deux mécanismes sont ce qui rend crédible l'hébergement de sept machines virtuelles sur 32 Go de mémoire physique.

Le pilote *balloon* doit être installé côté Windows, faute de quoi la machine conserve sa mémoire maximale en permanence. Il fait partie des VirtIO Guest Tools installés en section 7. Par ailleurs, un contrôleur de domaine charge sa base d'annuaire en mémoire : un plancher trop bas dégrade les temps de réponse aux authentications, d'où la valeur volontairement haute de 2 Go.

Variante Windows 11

Valeurs identiques. Windows 11 exige 4 Go de mémoire, contrôlés au moment de l'installation : la valeur maximale doit donc être fixée à 4096 Mio avant le premier démarrage. Le plancher de 2048 Mio ne s'applique qu'ensuite, lorsque le système est installé et sous faible charge.

Créer: Machine virtuelle

Général Système d'exploitation Système Disques Processeur **Mémoire** Réseau Confirmation

Mémoire (MiB): 4096

Mémoire minimale (MiB): 2048

Partages: Par défaut (1000)

Élasticité mémoire (ballooning): ☒

Autoriser la fusion des pages mémoire identiques KSM: ☒

? Aide Avancé ☒ Retour Suivant

Figure 7 — Onglet Mémoire : mémoire dynamique comprise entre 2 et 4 Go, fusion des pages identiques activée.

4.7 Onglet Réseau

Champ	Valeur
Pont	vmb0
Étiquette de VLAN	Aucune
Modèle	VirtIO (paravirtualisé)
Pare-feu	Décoché
Adresse MAC	Automatique

Le modèle VirtIO suit la même logique que le contrôleur de stockage : absence d'émulation, débit supérieur et charge processeur réduite. Windows ne reconnaîtra pas cette carte pendant l'installation ; l'absence de connectivité au premier démarrage est un comportement attendu et non un incident.

L'étiquette de VLAN reste vide conformément à la stratégie de déploiement progressif. Lors de l'activation de la segmentation, seul ce champ évoluera : les adresses IP resteront inchangées.

Le pare-feu Proxmox reste désactivé au niveau de l'interface. Le filtrage est assuré par le pare-feu Windows côté invité, puis par le pare-feu périmétrique entre VLAN en seconde phase. Empiler trois niveaux de filtrage dès la mise en service rendrait tout diagnostic réseau difficile.

Variante Windows 11

Configuration identique. L'absence de pilote réseau pendant l'installation a toutefois une conséquence spécifique à Windows 11, traitée en section 6.3 : la phase de configuration initiale exige normalement une connexion Internet.

The screenshot shows the 'Créer: Machine virtuelle' (Create: Virtual Machine) wizard in Proxmox, specifically the 'Réseau' (Network) tab. The configuration is as follows:

- Tab Selection:** Général, Système d'exploitation, Système, Disques, Processeur, Mémoire, **Réseau**, Confirmation.
- Network Configuration:**
 - ☐ Aucun périphérique réseau
 - Pont (bridge): vmbr0
 - Modèle: VirtIO (paravirtualisé)
 - Étiquette de VLAN: aucun VLAN
 - Adresse MAC: auto
 - Pare-feu: ☐
- Advanced Settings:**
 - Déconnecter: ☐
 - Limite de débit (MB/s): unlimited
 - MTU: Identique au pont
 - Multiqueue: (empty)
- Footer:** Aide, Avancé ☒, Retour, Suivant.

Figure 8 — Onglet Réseau : carte paravirtualisée rattachée au pont vmbr0, sans étiquette de VLAN.

4.8 Confirmation

La case *Démarrer après création* est laissée décochée : l'ordre d'amorçage doit être vérifié avant le premier démarrage.

Créer: Machine virtuelle

Général
Système d'exploitation
Système
Disques
Processeur
Mémoire
Réseau
Confirmation

Clef ↑	Valeur
agent	1
balloon	2048
bios	ovmf
boot	order=scsi0;ide2;ide0;net0
cores	2
cpu	host
efidisk0	vmdata:1,efitype=4m,pre-enrolled-keys=1
ide0	local:iso/virtio-win.iso,media=cdrom
ide2	local:iso/SW_DVD9_Win_Server_STD_CORE_2022_2108.44_64Bit_French_DC_STD_MLF_...
machine	q35
memory	4096
name	SRV-AD-01
net0	virtio,bridge=vmbro
nodename	pve
numa	0
onboot	1

☐ Démarrer après création

Avancé ☒
Retour
Terminer

Figure 9a — Récapitulatif de SRV-AD-01, première partie : agent QEMU, ballooning, micrologiciel UEFI, cœurs et type de processeur, disque EFI et supports optiques.

Créer: Machine virtuelle

Général Système d'exploitation Système Disques Processeur Mémoire Réseau Confirmation

Clef ↑	Valeur
ide2	local:iso/SW_DVD9_Win_Server_STD_CORE_2022_2108.44_64Bit_French_DC_STD_MLF_...
machine	q35
memory	4096
name	SRV-AD-01
net0	virtio,bridge=vbr0
nodename	pve
numa	0
onboot	1
ostype	win11
scsi0	vmdata:80,discard=on,ssd=on,iotthread=on
scsihw	virtio-scsi-single
sockets	1
startup	order=1
tpmstate0	vmdata:1,version=v2.0
vmid	101

☐ Démarrer après création

Avancé ☒ Retour Terminer

Figure 9b — Récapitulatif de SRV-AD-01, seconde partie : type de système, disque système, contrôleur, ordonnancement du démarrage et module TPM.

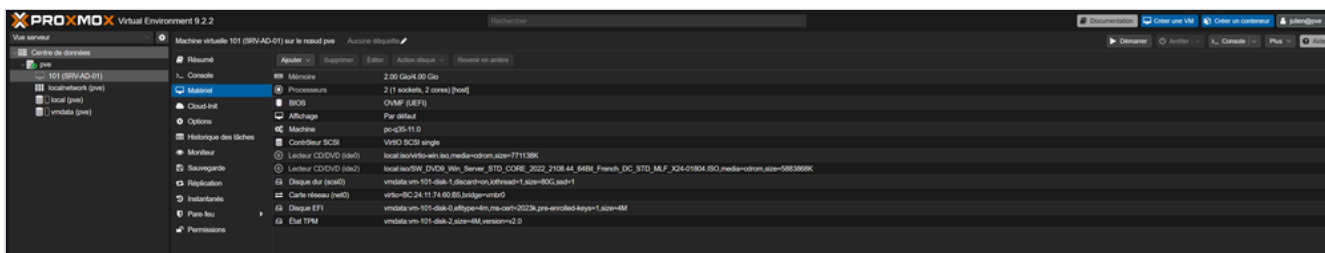


Figure 10 — Inventaire matériel de la machine créée : deux lecteurs optiques, disque système, carte réseau, disque EFI et état TPM.

La création génère **trois volumes logiques** sur le pool : `vm-101-disk-0` (EFI, 4 Mo), `vm-101-disk-1` (système, 80 Go) et `vm-101-disk-2` (TPM, 4 Mo). Une machine Windows en UEFI avec TPM ne se limite donc pas à un unique volume, ce qui explique la numérotation observée lors d'un inventaire du pool avec `lvs`.

4.9 Ordre d'amorçage

Par défaut, Proxmox place le disque système en tête de l'ordre d'amorçage. Ce disque étant vide, le micrologiciel UEFI tente de démarrer dessus, échoue, puis bascule sur le support optique. Selon les versions d'OVMF, cette bascule peut aboutir au shell UEFI et donner l'impression d'un échec d'installation.

Correction : **VM → Options → Ordre d'amorçage**, puis glisser-déposer pour placer le support d'installation Windows en première position.

Position	Périphérique	Contenu
1	ide2	Image d'installation Windows
2	scsi0	Disque système
3	ide0	Pilotes VirtIO — non amorçable, doit rester monté
4	net0	Amorçage réseau

L'ordre initial sera rétabli après l'installation, une fois le système présent sur le disque.

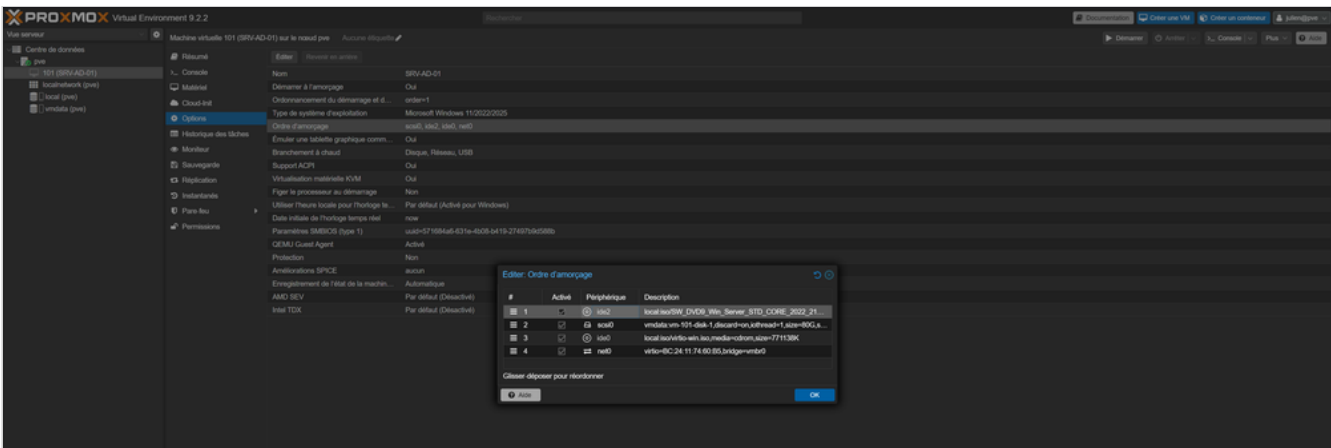


Figure 11 — Édition de l'ordre d'amorçage de SRV-AD-01 : le support d'installation est remonté en première position par glisser-déposer.

L'option *Utiliser l'heure locale pour l'horloge temps réel* est automatiquement positionnée sur *Activé pour Windows* grâce au type de système déclaré. Windows lit l'horloge matérielle en heure locale, Linux en temps universel : sans ce réglage, la machine afficherait un décalage horaire. Sur un contrôleur de domaine, une dérive d'horloge supérieure à cinq minutes met en échec l'authentification Kerberos ; sur un poste membre, elle empêche l'ouverture de session.

4.10 Configuration obtenue pour le poste client

La même séquence appliquée avec les variantes signalées aboutit à la configuration suivante pour **PC-CLIENT-01**.

Créer: Machine virtuelle

Général
Système d'exploitation
Système
Disques
Processeur
Mémoire
Réseau
Confirmation

Clef ��	Valeur
agent	1
balloon	2048
bios	ovmf
boot	order=scsi0;ide2;ide0;net0
cores	2
cpu	host
efidisk0	vmdata:1,efitype=4m,pre-enrolled-keys=1
ide0	local:iso/virtio-win.iso,media=cdrom
ide2	local:iso/Win11_25H2_French_x64.iso,media=cdrom
machine	q35
memory	4096
name	PC-Client-01
net0	virtio,bridge=vmbro
nodename	pve
numa	0
ostype	win11

☐ Démarrer après création

Avancé ☒
Retour
Terminer

Figure 12a — Récapitulatif de PC-CLIENT-01, première partie : image Windows 11 25H2 montée, absence de démarrage automatique et d'ordonnancement.

Créer: Machine virtuelle

Général
Système d'exploitation
Système
Disques
Processeur
Mémoire
Réseau
Confirmation

Clef ↑	Valeur
cpu	host
efidisk0	vmdata:1,efitype=4m,pre-enrolled-keys=1
ide0	local:iso/virtio-win.iso,media=cdrom
ide2	local:iso/Win11_25H2_French_x64.iso,media=cdrom
machine	q35
memory	4096
name	PC-Client-01
net0	virtio,bridge=vmbro
nodename	pve
numa	0
ostype	win11
scsi0	vmdata:60,discard=on,ssd=on,iothread=on
scsihw	virtio-scsi-single
sockets	1
tpmstate0	vmdata:1,version=v2.0
vmid	201

☐ Démarrer après création

Avancé ☒
Retour
Terminer

Figure 12b — Récapitulatif de PC-CLIENT-01, seconde partie : disque de 64 Gio, contrôleur VirtIO SCSI single et module TPM 2.0.

Editer: Ordre d'amorçage

#	Activé	Périphérique	Description
1	☒	ide2	local:iso/Win11_25H2_French_x64.iso,media=cdrom,size...
2	☒	scsi0	vmdata:vm-201-disk-1,discard=on,iothread=1,size=64G,s...
3	☒	ide0	local:iso/virtio-win.iso,media=cdrom,size=771138K
4	☒	net0	virtio=BC:24:11:5A:7E:63,bridge=vmbro

Glisser-déposer pour réordonner

? Aide
OK

Figure 13 — Ordre d'amorçage de PC-CLIENT-01 après correction. La description du disque confirme la taille de 64 Go et les options de rejet et de fil d'exécution dédié.

5. Installation de Windows Server 2022

5.1 Accès à la console

La console est accessible de deux manières depuis l'interface : intégrée au panneau de la machine virtuelle, ou en fenêtre séparée via le bouton **Console** situé en haut à droite. La seconde option est nettement plus fluide et doit être privilégiée pendant l'installation.

La console noVNC n'a vocation à servir que pour l'installation et le dépannage réseau. L'administration quotidienne se fera ensuite en Bureau à distance, avec le presse-papiers partagé et la résolution native.

La combinaison Ctrl+Alt+Suppr est interceptée par le système du poste d'administration et n'atteint pas la machine virtuelle. Utiliser le bouton dédié de la barre latérale noVNC (icône A, touches supplémentaires).

5.2 Séquence d'installation

Au démarrage, appuyer sur une touche lorsque s'affiche l'invite d'amorçage sur support optique. Le message ne reste affiché que quelques secondes ; en cas d'échec, la machine tombe dans le shell UEFI, dont on sort par la commande `exit` suivie d'une sélection manuelle dans le gestionnaire d'amorçage.

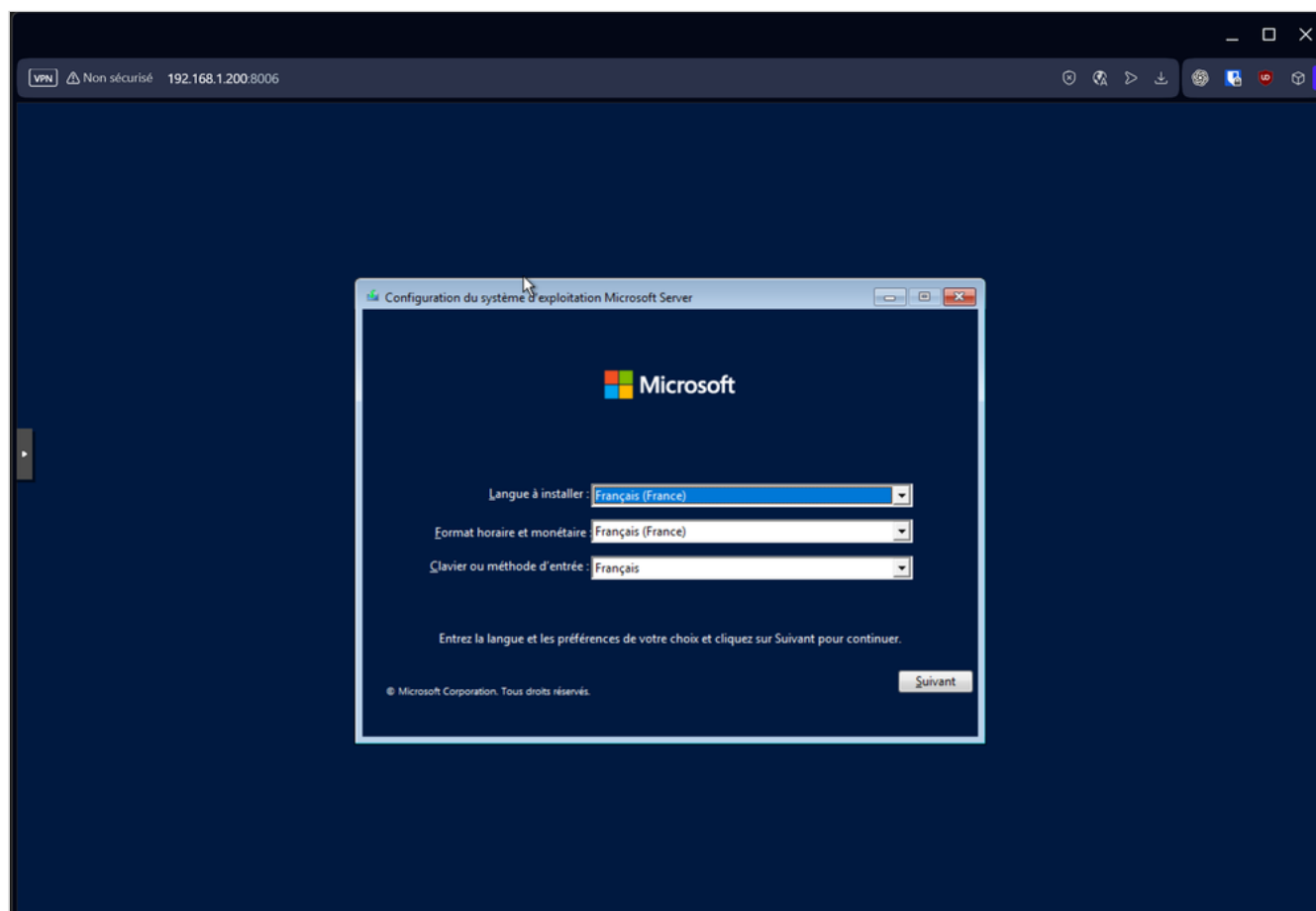


Figure 14 — Premier écran de l'installateur affiché dans la console en fenêtre séparée : langue, format horaire et disposition du clavier.

Écran	Choix
Langue, format horaire, clavier	Français (France) / Français
Clé de produit	Je n'ai pas de clé de produit
Système à installer	Windows Server 2022 Standard (expérience de bureau)
Contrat de licence	Accepté
Type d'installation	Personnalisé : installer uniquement Windows

La première ligne de la liste des éditions correspond à *Core*, dépourvue d'interface graphique. La mention (*expérience de bureau*) est impérative pour disposer des consoles d'administration Active Directory et de l'éditeur de stratégies de groupe.

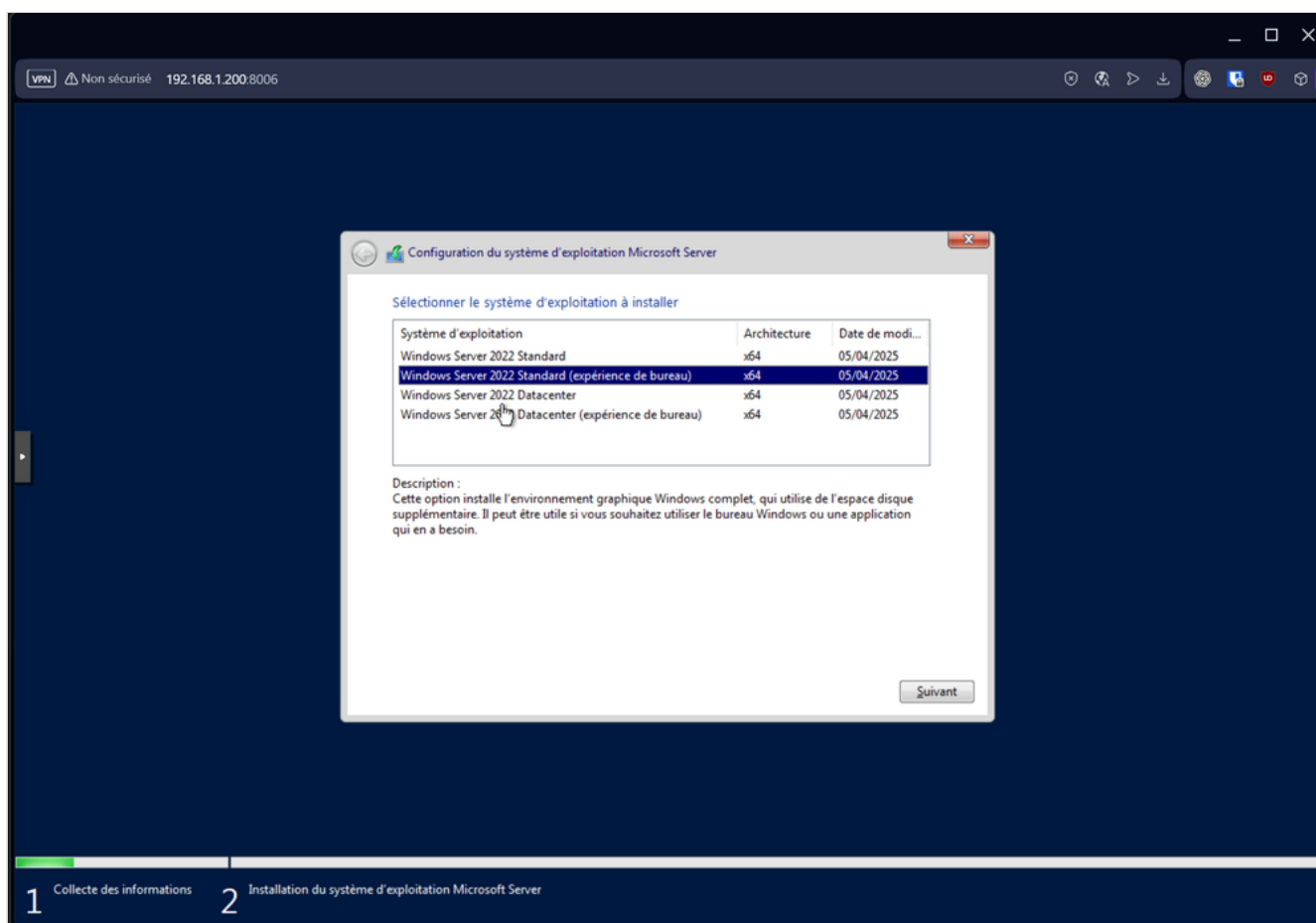


Figure 15 — Sélection de l'édition. La description confirme l'installation de l'environnement graphique complet, par opposition à l'édition Core proposée en première ligne.

5.3 Chargement du pilote de stockage

L'écran de sélection du disque s'affiche vide, accompagné du message indiquant qu'aucun lecteur n'a été trouvé. Ce comportement est attendu : l'installateur embarque les pilotes des contrôleurs SATA et SAS classiques, mais pas celui du contrôleur paravirtualisé VirtIO SCSI. Le disque existe côté hyperviseur, mais le système invité n'a aucun moyen de dialoguer avec lui.

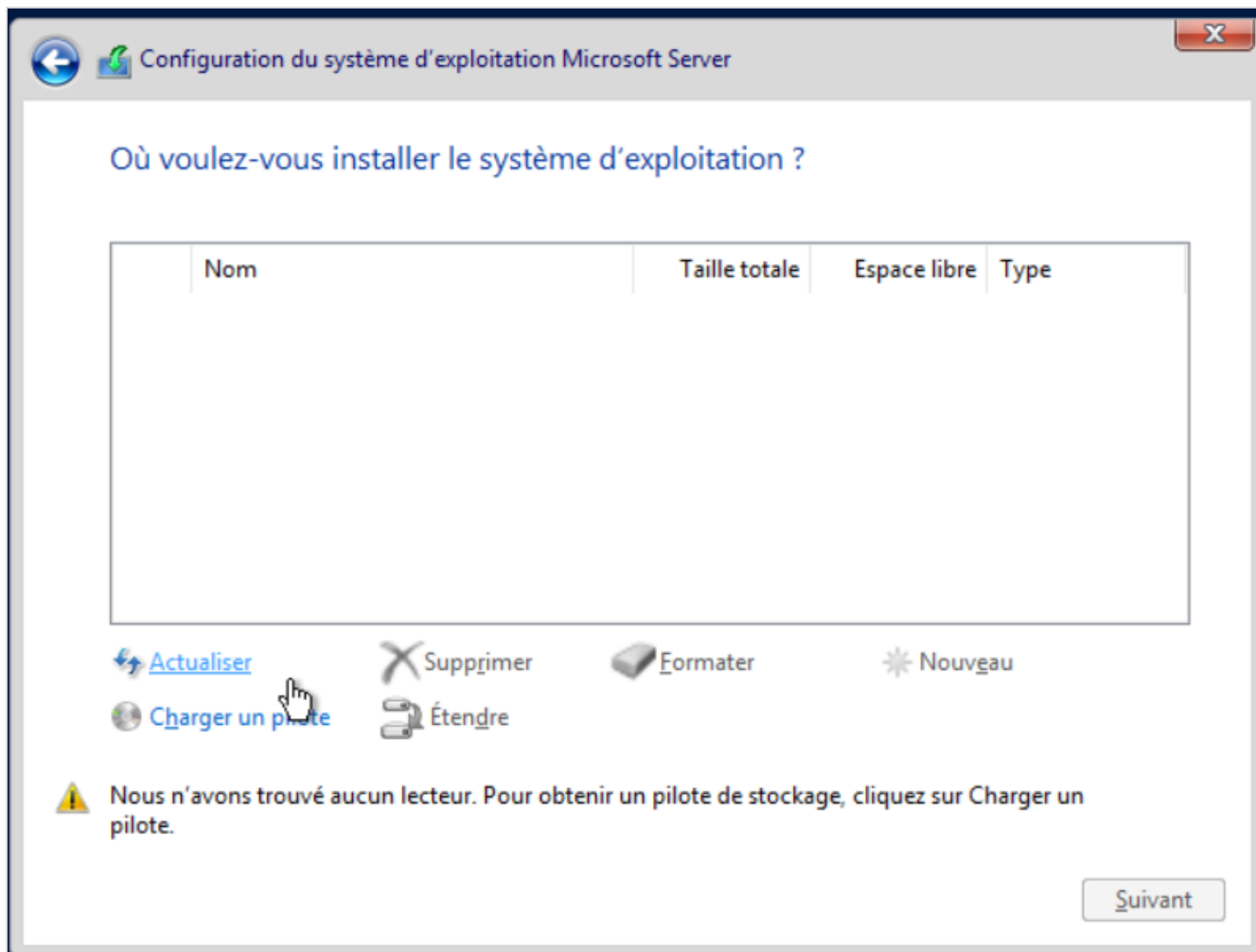


Figure 16 — Aucun lecteur détecté : conséquence directe du choix d'un contrôleur paravirtualisé, avant chargement du pilote.

Cliquer sur **Charger un pilote**. L'installateur analyse automatiquement le support virtio-win monté et propose les variantes disponibles du pilote `vioscsi`. Sélectionner celle correspondant au système installé :

```
D:\amd64\2k22\vioscsi.inf    → Red Hat VirtIO SCSI pass-through controller
```

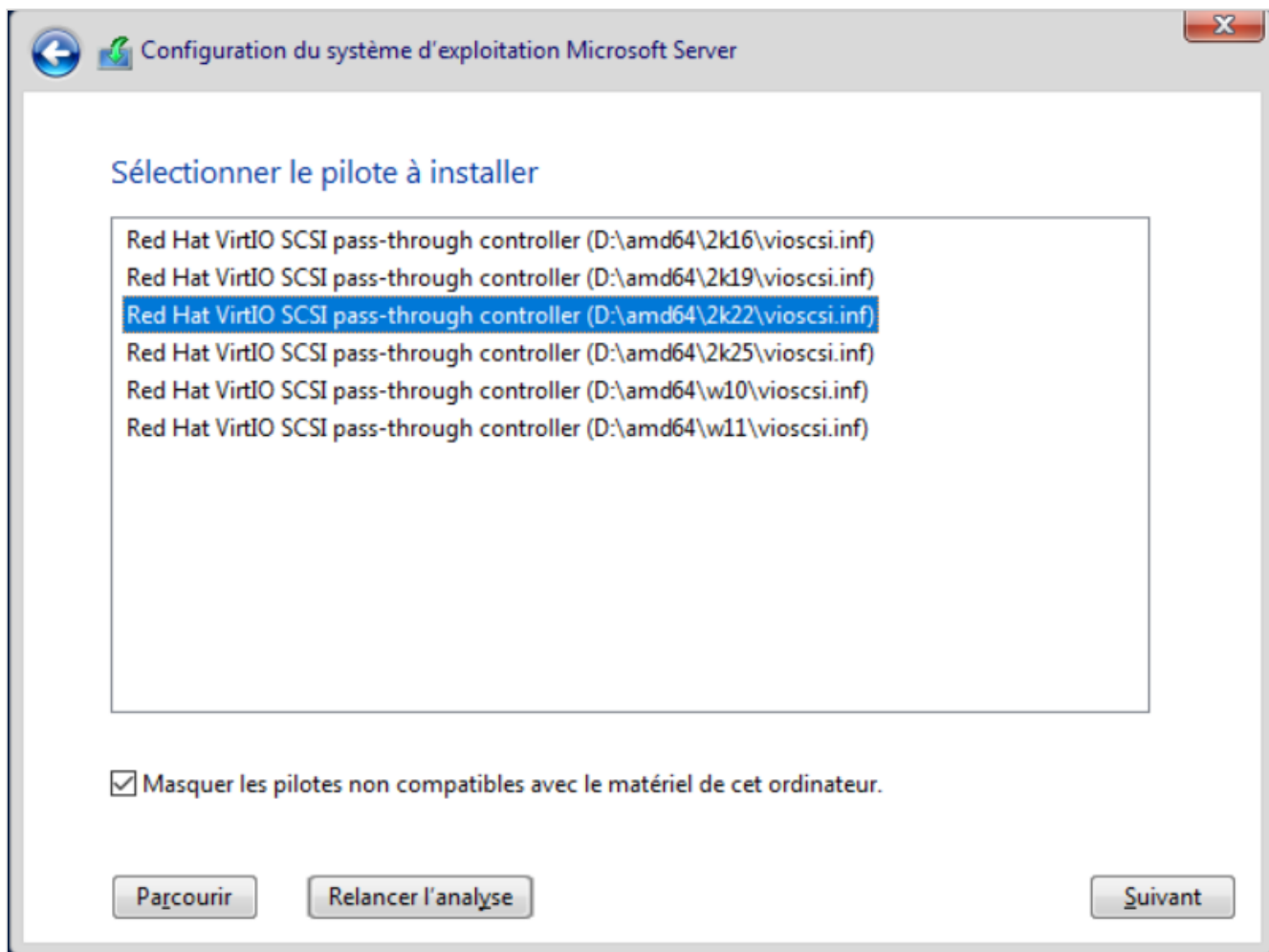


Figure 17 — Variantes du pilote proposées par le support virtio-win. La version 2k22 correspond à Windows Server 2022.

La case *Masquer les pilotes non compatibles* filtre sur l'identifiant du périphérique, identique pour toutes les variantes : les six versions restent donc affichées. Le choix de la version correspondant au système installé relève de l'opérateur. Le même support permet également de charger le pilote réseau `NetKVM` via le bouton *Parcourir*.

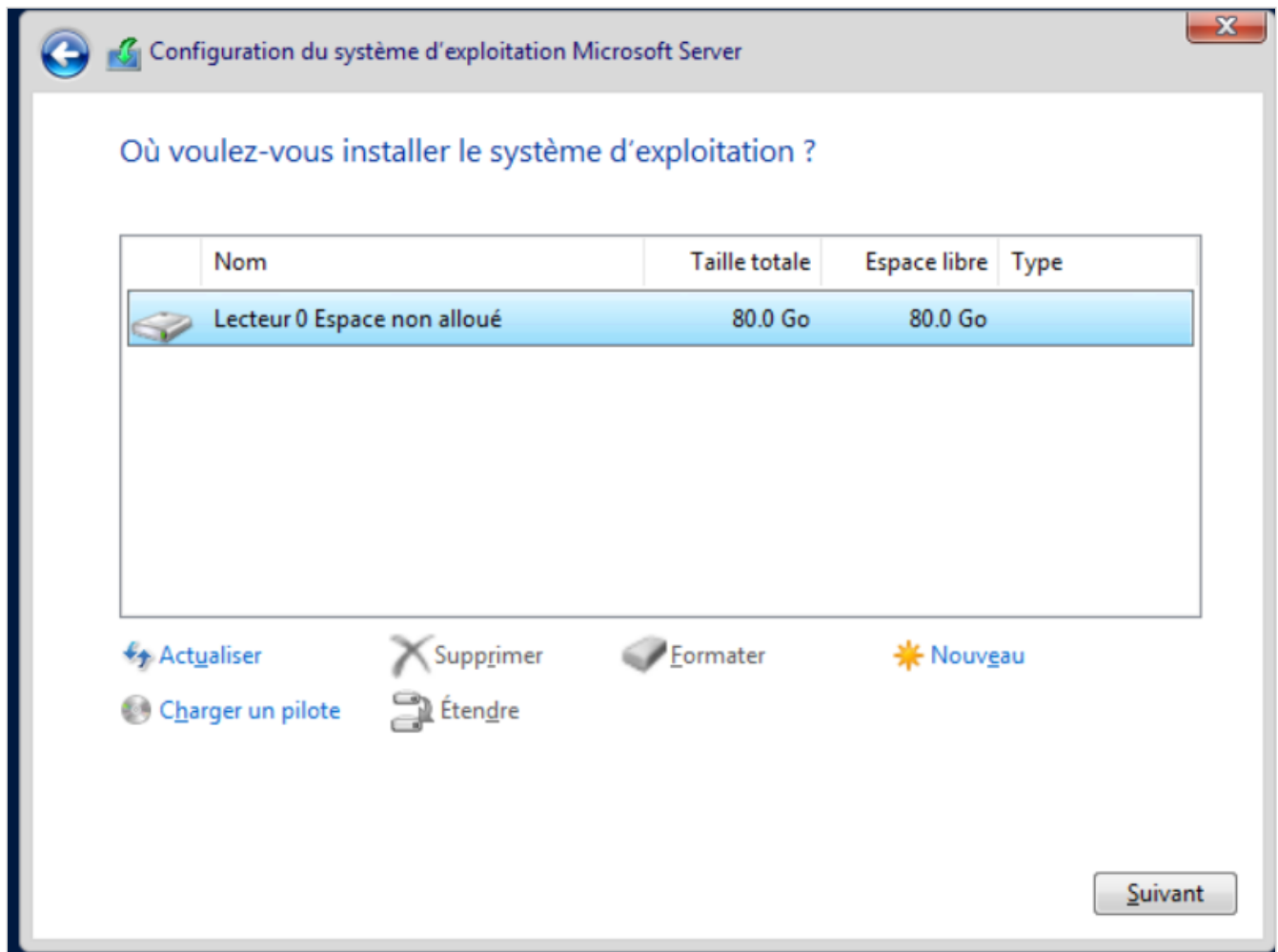


Figure 18 — Le disque de 80 Go apparaît en espace non alloué une fois le pilote chargé.

5.4 Partitionnement et copie

Aucune partition ne doit être créée manuellement. En laissant l'espace non alloué sélectionné, Windows génère automatiquement les quatre partitions requises par un démarrage UEFI/GPT : partition de récupération, partition système EFI, partition réservée Microsoft et partition principale.

L'installation enchaîne ensuite copie des fichiers, préparation, installation des fonctionnalités et plusieurs redémarrages automatiques. Compter dix à quinze minutes.

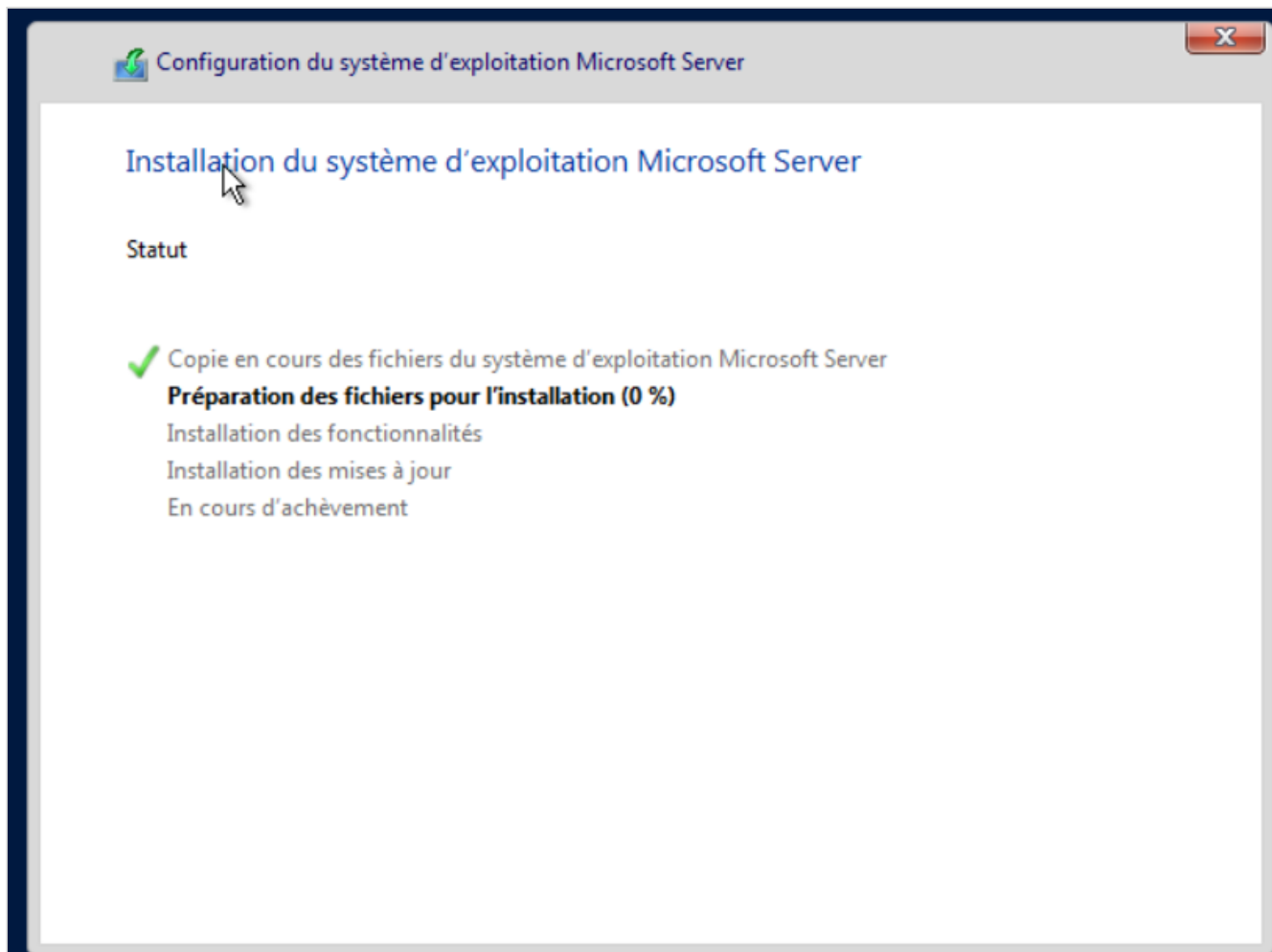


Figure 19 — Progression de l'installation du système.

À l'issue, le système demande la définition du mot de passe du compte `Administrateur`. Ce compte sera utilisé jusqu'à la promotion de la machine en contrôleur de domaine.



Figure 20 — Premier démarrage : système installé et opérationnel, date et heure correctes, ce qui confirme le réglage automatique de l'horloge temps réel.

6. Installation de Windows 11 Professionnel

La séquence reprend celle de la section 5 : amorçage sur le support optique, choix de la langue, puis chargement du pilote de stockage sur l'écran de sélection du disque. Trois points différents et sont détaillés ci-après.

6.1 Choix de l'édition

L'image multi-éditions propose plusieurs systèmes. Sélectionner impérativement **Windows 11 Professionnel**.

Windows 11 Famille ne peut pas rejoindre un domaine Active Directory. Cette édition ne dispose ni du composant de jonction de domaine, ni de l'éditeur de stratégies de groupe locales, ni du rôle serveur de Bureau à distance. Elle rend la machine inutilisable dans le périmètre de ce laboratoire, et le choix est irréversible sans réinstallation complète.

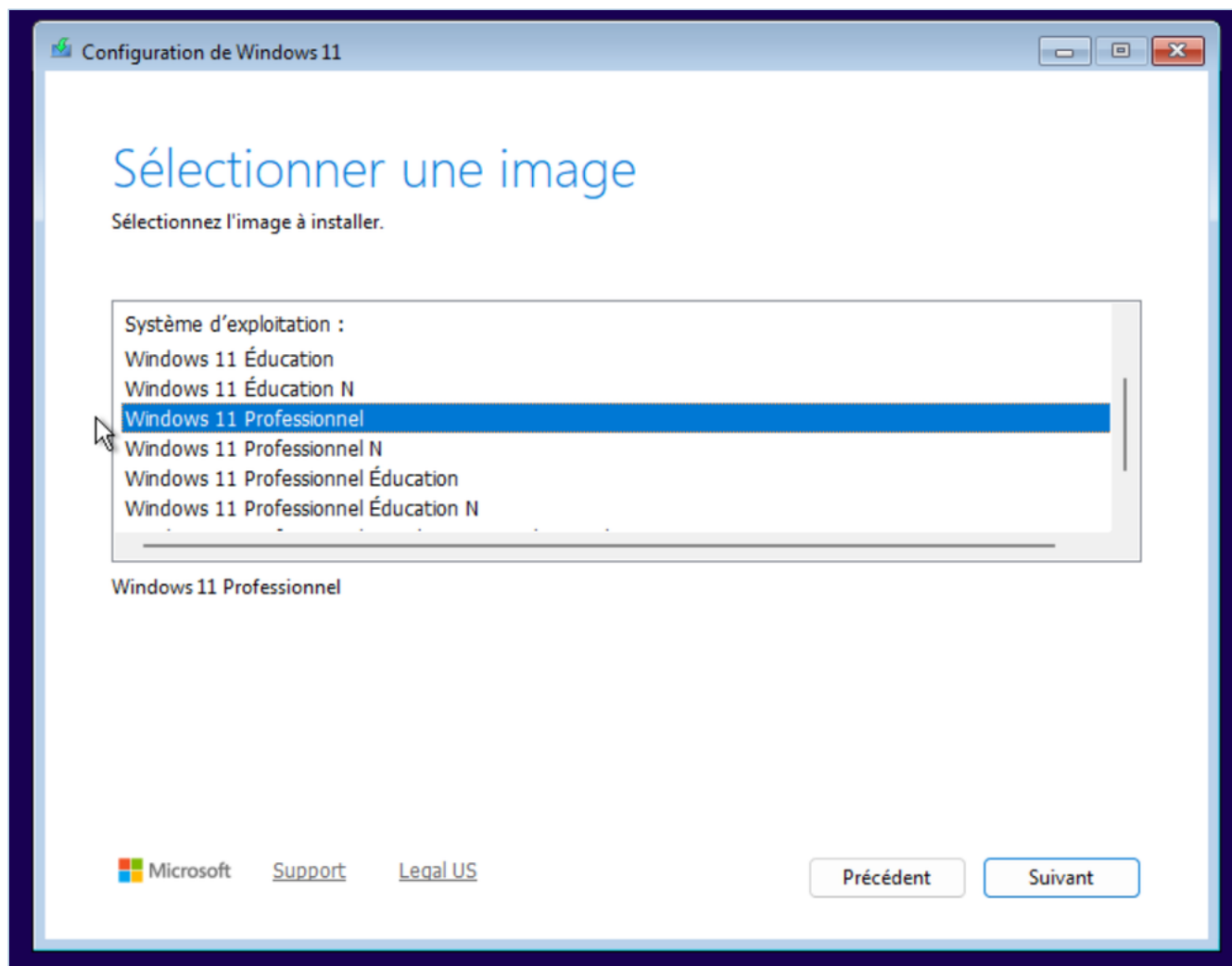


Figure 21 — Sélection de l'édition. L'image multi-éditions propose une dizaine de systèmes ; seule l'édition Professionnel permet la jonction à un domaine Active Directory.

6.2 Chargement du pilote de stockage

L'interface d'installation de Windows 11 25H2 diffère sensiblement de celle de Windows Server 2022 : elle **n'analyse pas automatiquement** les supports montés et présente une liste vide. Le dossier contenant le pilote doit être désigné manuellement par le bouton *Parcourir*.

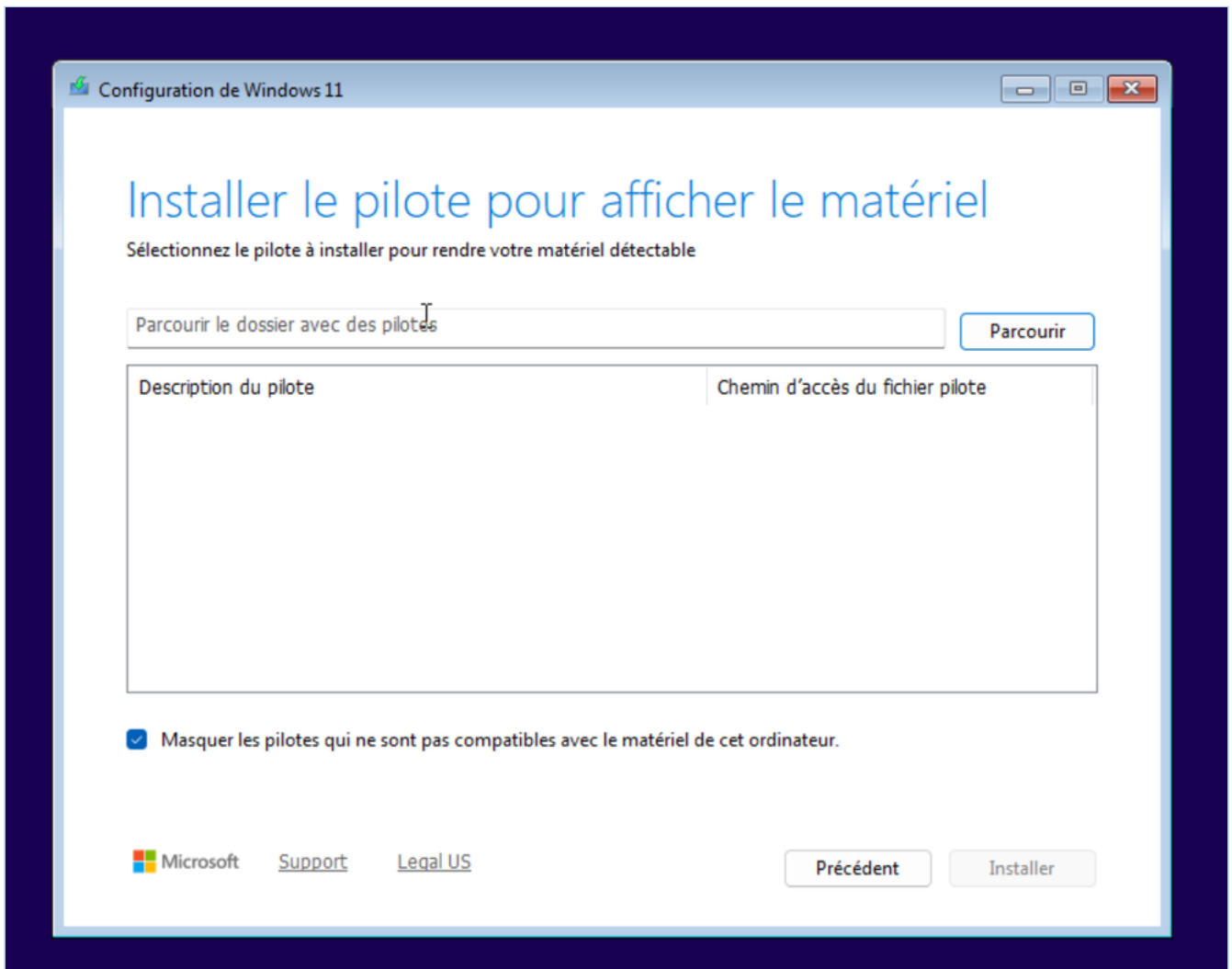


Figure 22 — Interface de chargement de pilote de Windows 11 25H2 : contrairement à celle de Windows Server 2022, aucune analyse automatique n'est effectuée.

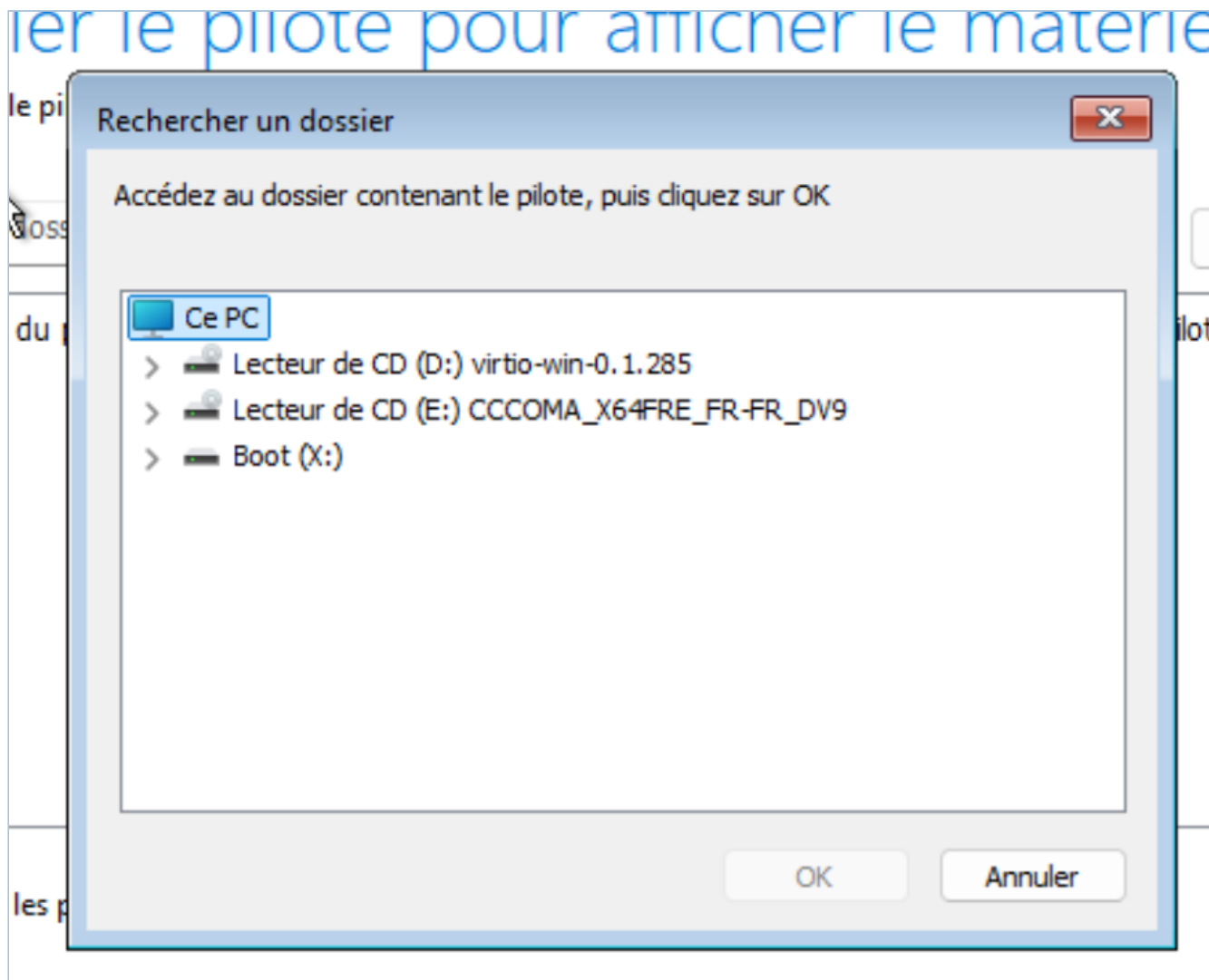


Figure 23 — Sélection du dossier. Le lecteur D: contient les pilotes virtio-win 0.1.285, le lecteur E: le support d'installation Windows et le lecteur X: le disque temporaire de l'installateur.

Chemin à désigner, puis **Installer** :

D:\amd64\w11\vioscsi.inf → Red Hat VirtIO SCSI pass-through controller

[CAPTURE À INSÉRER]

Pilote w11 sélectionné et disque de 64 Gio détecté

Le disque apparaît une fois le pilote installé

6.3 Création d'un compte local

Depuis la version 24H2, la phase de configuration initiale de Windows 11 (OOBE) impose une connexion Internet et la création d'un compte Microsoft. Sur cette machine virtuelle, la carte réseau paravirtualisée n'est pas encore reconnue par le système : aucun réseau n'est disponible et l'assistant se bloque sur l'écran de connexion, sans possibilité de poursuivre.

Un compte local est par ailleurs indispensable ici : il constituera le compte d'administration de secours de la machine une fois celle-ci jointe au domaine, indépendamment de l'annuaire.

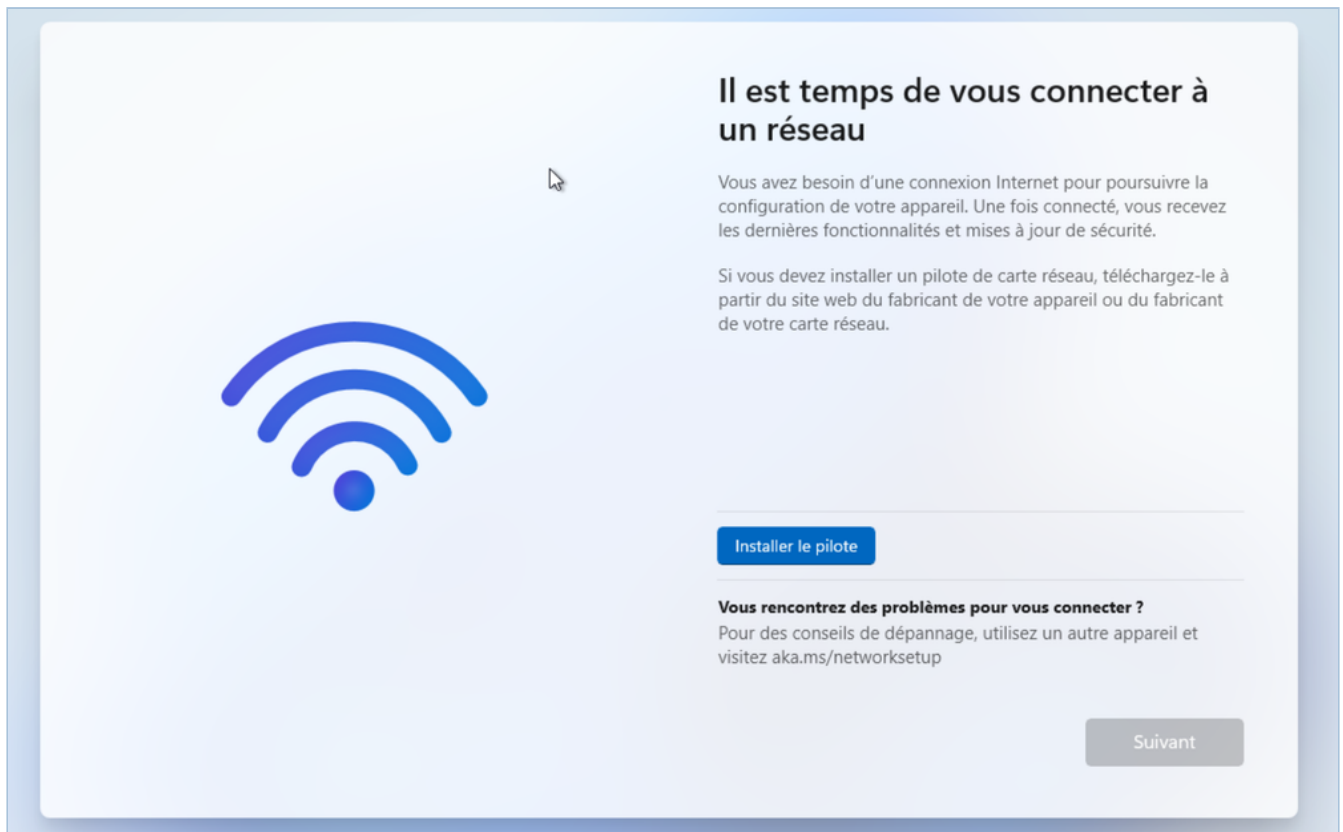


Figure 24 — Écran bloquant de la configuration initiale. Aucun réseau n'est détecté, le bouton Suivant reste inactif et la seule action proposée est l'installation d'un pilote de carte réseau.

Pourquoi ne pas utiliser le bouton « Installer le pilote » proposé sur cet écran. Il permettrait effectivement de charger NetKVM depuis `D:\amd64\w11` et de rétablir la connectivité immédiatement. Mais dès que la connexion Internet fonctionne, l'assistant impose réellement la création d'un compte Microsoft : c'est précisément l'absence de réseau qui laisse une porte de sortie. L'ordre retenu est donc compte local d'abord, puis installation groupée de l'ensemble des pilotes paravirtualisés une fois le bureau ouvert — une seule opération au lieu de deux, et le pilote réseau arrive en même temps que le ballooning et l'agent QEMU.

Sur cet écran, ouvrir une invite de commandes par la combinaison **Maj + F10**, puis appliquer l'une des deux méthodes suivantes.

Méthode 1 — versions 24H2 et 25H2. Ouvre directement l'assistant de création de compte local, sans redémarrage :

```
start ms-cxh:localonly
```

Méthode 2 — versions antérieures à 24H2. Redémarre la machine et fait apparaître l'option *Je n'ai pas de connexion Internet* dans l'assistant :

```
oobe\bypassnro
```

Renseigner ensuite le nom du compte, un mot de passe et les trois questions de sécurité obligatoires. Le système achève sa configuration et ouvre la session sur le bureau.

Si la combinaison **Maj + F10** ne produit aucun effet, la touche de fonction est probablement interceptée par le navigateur du poste d'administration. Basculer la console noVNC en plein écran par le bouton dédié de la barre latérale résout le problème dans la majorité des cas ; sur un ordinateur portable, la combinaison **Fn + Maj + F10** peut également être nécessaire.

Si la seconde méthode retourne une erreur indiquant que le fichier est introuvable, le script a été retiré par une mise à jour cumulative. Il peut être réactivé par la clé de registre correspondante, la machine redémarrant ensuite sur un assistant proposant à nouveau l'option hors ligne :

```
reg add HKLM\SOFTWARE\Microsoft\Windows\CurrentVersion\OOBE /v BypassNRO /t  
REG_DWORD /d 1 /f  
shutdown /r /t 0
```

[CAPTURE À INSÉRER]

Invite de commandes ouverte pendant l'OOBE

Contournement de l'obligation de compte Microsoft en l'absence de pilote réseau

[CAPTURE À INSÉRER]

Création du compte local

Compte d'administration local, conservé comme accès de secours après jonction au domaine

7. Configuration post-installation

Cette section s'applique indifféremment aux deux machines.

7.1 Installation des VirtIO Guest Tools

Première opération à réaliser après l'ouverture de la première session, avant toute autre configuration. Tant que ces pilotes ne sont pas installés, la machine n'a ni réseau, ni mémoire dynamique effective, ni communication avec l'hyperviseur.

Le support `virtio-win.iso` est toujours monté dans la machine virtuelle. La procédure est identique sur les deux systèmes :

1. Ouvrir l'**Explorateur de fichiers**, puis *Ce PC*.
 2. Identifier le lecteur optique contenant les pilotes. Deux lecteurs sont présents : celui du support d'installation Windows et celui des pilotes, reconnaissable à son étiquette de volume `virtio-win-0.1.285`. La lettre attribuée varie selon la machine, elle ne doit pas être supposée.
 3. Ouvrir ce lecteur et lancer `virtio-win-guest-tools.exe` situé à la racine, par un clic droit puis *Exécuter en tant qu'administrateur*.
 4. Valider l'invite de contrôle de compte d'utilisateur, accepter le contrat de licence, laisser l'installation complète (option par défaut), puis **Terminer**.
 5. **Redémarrer la machine**. Les pilotes ne sont pleinement actifs qu'après ce redémarrage.
- Ce paquet unique installe l'ensemble des composants paravirtualisés :

Composant	Fonction
NetKVM	Pilote de la carte réseau paravirtualisée
Balloon	Active réellement la mémoire dynamique configurée en section 4.6
QEMU Guest Agent	Arrêt propre, remontée de l'adresse IP, cohérence des sauvegardes
vioserial, viornng, qxl	Canal série, générateur d'aléa matériel, pilote d'affichage

Variante Windows 11

Aucune différence de procédure, mais deux points d'attention. D'une part, l'installation intervient juste après la création du compte local : c'est à ce moment que la machine récupère enfin sa connectivité réseau, conformément à l'ordre des opérations justifié en section 6.3. D'autre part, le filtre SmartScreen peut signaler l'exécutable comme provenant d'un éditeur inconnu ; cliquer sur *Informations complémentaires* puis *Exécuter quand même*. La signature du paquet reste vérifiable dans les propriétés du fichier, onglet *Signatures numériques* — l'éditeur attendu est Red Hat.

Si le lecteur des pilotes n'apparaît plus dans l'Explorateur, le support a été démonté côté hyperviseur. Le remonter depuis **VM → Matériel → Lecteur CD/DVD** en sélectionnant à nouveau `virtio-win.iso` sur le stockage `local`, sans avoir besoin d'éteindre la machine.

[CAPTURE À INSÉRER]

Assistant d'installation des VirtIO Guest Tools

Installation groupée de l'ensemble des pilotes paravirtualisés

[CAPTURE À INSÉRER]

Gestionnaire de périphériques après redémarrage

Absence de périphérique non reconnu : tous les pilotes paravirtualisés sont opérationnels

7.2 Vérifications

Contrôle	Emplacement	Résultat attendu
Agent QEMU fonctionnel	Proxmox → VM → Résumé	Adresse IP de la machine affichée
Mémoire dynamique active	Proxmox → VM → Résumé	Consommation inférieure au maximum alloué
Pilotes complets	Gestionnaire de périphériques	Aucun périphérique inconnu
Réseau	Invite de commandes — <code>ipconfig</code>	Adresse obtenue sur 192.168.1.0/24

[CAPTURE À INSÉRER]

Résumé de la VM dans Proxmox

Remontée de l'adresse IP par l'agent QEMU, confirmant la communication hyperviseur / invité

7.3 Rétablissement de l'ordre d'amorçage

Le système étant installé sur le disque, replacer `scsi0` en première position dans **Options → Ordre d'amorçage**. Les deux lecteurs optiques peuvent rester montés : ils ne sont plus amorçables et le support virtio reste utile pour d'éventuelles réinstallations de pilotes.

7.4 Instantané de référence

Avant toute configuration de rôle ou jonction au domaine, prendre un instantané depuis **VM → Instantanés → Prendre un instantané**, nommé par exemple `01-systeme-nu`. Il permet de revenir à un système propre et à jour sans réinstaller, notamment en cas d'erreur pendant la promotion du contrôleur de domaine ou lors des tests de stratégies de groupe.

8. Synthèse comparative des deux machines

Paramètre	SRV-AD-01	PC-CLIENT-01
Identifiant de VM	101	201
Système	Windows Server 2022 Standard (expérience de bureau)	Windows 11 25H2 Professionnel
Rôle	Contrôleur de domaine AD DS, DNS	Poste membre du domaine, cible des GPO
Machine / BIOS	q35 / OVMF (UEFI)	q35 / OVMF (UEFI)
TPM 2.0	Activé (recommandé)	Activé (obligatoire)
Démarrage sécurisé	Clés préinscrites	Clés préinscrites (obligatoire)
Processeur	1 socket / 2 cœurs / <code>host</code>	1 socket / 2 cœurs / <code>host</code>
Mémoire	4096 / 2048 Mio	4096 / 2048 Mio
Disque système	80 Gio sur <code>vmdata</code>	64 Gio sur <code>vmdata</code>
Contrôleur / réseau	VirtIO SCSI single / VirtIO sur <code>vmbr0</code>	VirtIO SCSI single / VirtIO sur <code>vmbr0</code>
Démarrage automatique	Oui — <code>order=1</code>	Non — démarrage à la demande
Pilote vioscsi	<code>amd64\2k22</code>	<code>amd64\w11</code>
Spécificité d'installation	Édition <i>expérience de bureau</i> impérative	Édition <i>Professionnel</i> impérative, création d'un compte local
Activation	Évaluation 180 jours	Non activé (restrictions de personnalisation uniquement)

9. Points de vigilance

- Cocher la case **Avancé** dès le premier onglet de l'assistant, sous peine de voir plusieurs paramètres nécessaires rester masqués.
- Limiter le nom de la machine virtuelle à quinze caractères pour rester compatible avec le nommage NetBIOS.

- Renseigner l'ordonnancement de démarrage du contrôleur de domaine : il doit précéder les machines qui en dépendent.
- Ne pas oublier l'option **Abandonner** sur le disque, sans laquelle le volume ne fait que croître dans le pool.
- Activer TPM 2.0 et les clés de préinscription **avant** le premier démarrage de la machine Windows 11 : l'installateur contrôle ces prérequis dès son lancement, au même titre que la taille du disque et la quantité de mémoire.
- Placer le support d'installation en tête de l'ordre d'amorçage avant le premier démarrage.
- Sélectionner l'édition **expérience de bureau** pour le serveur et **Professionnel** pour le poste client : ces deux choix sont irréversibles.
- Charger la variante du pilote `vioscsi` correspondant au système installé (`2k22` ou `w11`), en tenant compte du fait que l'installateur de Windows 11 n'analyse pas les supports automatiquement.
- Prévoir la création d'un compte local sur Windows 11, la carte réseau n'étant pas fonctionnelle pendant la configuration initiale.
- Installer les VirtIO Guest Tools avant toute autre configuration : réseau, mémoire dynamique et agent en dépendent.
- Surveiller le taux de remplissage du pool LVM-thin et ne jamais dépasser 80 %.
- Prendre un instantané de référence avant l'installation des rôles ou la jonction au domaine.

10. Aide-mémoire

Côté hyperviseur :

```
qm config 101          # configuration complète de la machine virtuelle
qm start 101           # démarrage
qm shutdown 101        # arrêt propre (nécessite l'agent QEMU)
qm snapshot 101 nom     # instantané
qm listsnapshot 101     # liste des instantanés
qm agent 101 ping       # test de l'agent QEMU
lvs -a                 # volumes logiques du pool
pvesm status            # occupation des stockages
```

Côté système invité :

```
slmgr /dlv             # état de l'activation et durée restante
slmgr /rearm            # réinitialisation de la période d'évaluation
Get-NetAdapter          # état des cartes réseau (PowerShell)
Get-Service QEMU-GA     # état du service agent QEMU
```

Configuration initiale de Windows 11 (invite ouverte par Maj + F10) :

```
start ms-cxh:localonly  # création directe d'un compte local (24H2 / 25H2)
oobe\bypassnro          # redémarrage avec option hors ligne (versions antérieures)
```