

OpenInterop : état de l'art des standards d'interopérabilité

Stefane Fermigier (Abilian SAS) · 30 octobre 2026 · DRAFT

Version 0.3

Licence CC BY 4.0

Ce document recense les standards, protocoles et formats existants pertinents pour chaque domaine de l'initiative OpenInterop. L'objectif est de ne pas réinventer la roue : pour chaque besoin, identifier les standards existants, suffisants ou à adapter, ainsi que les vrais manques.

Définition retenue d'un standard ouvert (EIFv1, 2004) : une spécification publiée et librement accessible, dont l'usage n'est soumis à aucune restriction juridique ou financière, qui permet des mises en œuvre concurrentes et relève d'une gouvernance indépendante et transparente. Cette définition est conforme à l'article 4 de la LCEN, selon lequel les spécifications techniques d'un standard ouvert sont « publiques et sans restriction d'accès ni de mise en œuvre ». Elle est celle de la doctrine proposée (cf. [doctrine](#), §2 et principe 2), qui exclut les licences FRAND.

Au-delà des interfaces : l'interopérabilité ne se limite pas aux APIs techniques. Elle couvre cinq niveaux, définis dans la [doctrine](#) (§2) :

- technique (connectivité) ;
- syntaxique (formats) ;
- sémantique (signification des données) ;
- organisationnel (processus) ;
- juridique (cadres légaux).

Ce document se concentre sur les trois premiers niveaux, mais les **contrats sémantiques** (comportements attendus au-delà de la simple interface) sont aussi importants que les API.

1. Standards transverses

Ces standards sont pertinents pour tous les domaines d'OpenInterop.

1.1 Identité, authentification et autorisation

Standard	Fonction	Maturité	Notes
OpenID Connect 1.0	Authentification fédérée	Mature, standard de fait	Remplace SAML pour les nouveaux déploiements

Standard	Fonction	Maturité	Notes
OAuth 2.0 (RFC 6749) + RFC 9700 (BCP 240)	Autorisation déléguée	Mature	RFC 9700 (janvier 2025) fixe les bonnes pratiques de sécurité. OAuth 2.1 , qui consolide l'ensemble, reste un projet IETF (draft-ietf-oauth-v2-1-15, mars 2026) : toute exigence formelle doit viser OAuth 2.0 et ses extensions publiées
SAML 2.0	Fédération d'identité	Mature, legacy	Encore très présent dans l'existant public/entreprise
SCIM 2.0 (RFC 7643-44)	Provisioning d'identités inter-domaines	Mature	Automatisation de la gestion des comptes utilisateurs
WebAuthn Level 3 (W3C)	Authentification forte sans mot de passe	Mature (Recommandation W3C, août 2026)	Résistant au phishing
LDAP	Annuaire	Mature, legacy	Omniprésent dans les SI existants
eIDAS 2.0 + ARF	Portefeuille d'identité numérique européen (EUDI Wallet)	En cours de déploiement	Recommandé pour les services transfrontaliers
OpenID4VP 1.0 (OpenID Foundation)	Présentation d'attributs vérifiables	Spécification finale (2025), adoption émergente	Lié au wallet EUDI
Verifiable Credentials 2.0 (W3C)	Attestations vérifiables	Recommandation W3C (2025), adoption émergente	Credentials décentralisés

Identité décentralisée et EUDI Wallet

Standard	Fonction	Maturité	Notes
Decentralized Identifiers (DIDs) (W3C)	Identifiants persistants contrôlés par l'utilisateur	Émergent	Fondation de l'identité auto-souveraine

Le projet EuroID Connect vise à fournir les outils open source manquants pour l'implémentation d'eIDAS 2.0 : stacks turnkey pour émetteurs/vérificateurs, SDKs pour OpenID4VP, bibliothèques SCIM pour provisioning consenti. L'écosystème européen est encore fragmenté et manque d'outillage accessible aux PME.

Évaluation : Le socle OIDC + OAuth 2.0 (avec les bonnes pratiques du RFC 9700) + SCIM est solide et suffisant pour la plupart des cas d'usage. SAML reste nécessaire pour la compatibilité legacy. eIDAS 2.0 / EUDI Wallet est un chantier stratégique pour le secteur public mais l'outillage open source est encore immature.

1.2 APIs et communication inter-services

Standard	Fonction	Maturité	Notes
OpenAPI 3.1 / 3.2	Spécification d'APIs REST	Mature, standard de fait	Obligatoire pour la documentation et l'interopérabilité ; version 3.2 publiée en septembre 2025, compatible avec 3.1
REST (style architectural)	Communication synchrone	Mature	Sur HTTP/2, HTTP/3
GraphQL	Requêtes complexes sur APIs	Mature	Complément à REST pour les cas de requêtage flexible
AsyncAPI 3.x	Spécification d'APIs asynchrones	En maturation	Pour les architectures événementielles
AMQP 1.0 (ISO/IEC 19464:2014)	Messagerie inter-applications	Mature	Standard ISO
MQTT 5.0	Messagerie légère (IoT, événements)	Mature	Adapté aux environnements contraints
gRPC / Protocol Buffers	Communication inter-services haute performance	Mature	Très utilisé en microservices, moins ouvert
WebSocket (RFC 6455)	Communication bidirectionnelle temps réel	Mature	Complémentaire à HTTP pour le temps réel
Webhooks	Notifications inter-services	Standard de fait	Pas de spécification formelle unique

Formats hypermedia et conventions REST

Au-delà d'OpenAPI, plusieurs formats structurent la manière dont les APIs REST exposent leurs ressources et leurs liens :

Format / Convention	Fonction	Maturité	Notes
HAL (Hypertext Application Language)	Format hypermedia léger pour APIs REST	Mature	Liens entre ressources, largement adopté
JSON:API	Convention complète pour APIs REST (pagination, filtrage, relations)	Mature	Spécification stricte, réduit les choix d'implémentation
Collection+JSON	Format hypermedia pour collections de données	Mature	Adapté aux listes et formulaires
Siren	Format hypermedia orienté actions	Mature	Inclut les actions possibles sur les ressources
Hydra (W3C)	Vocabulaire pour APIs hypermedia en JSON-LD	En maturation	Étend JSON-LD avec des descriptions d'API
OData (OASIS)	Protocole REST pour requêtage de données structurées	Mature	Porté par Microsoft, largement utilisé en entreprise

Format / Convention	Fonction	Maturité	Notes
HATEOAS (principe REST)	Hypermedia As The Engine Of Application State	Principe architectural	Peu implémenté en pratique malgré son importance théorique

Évaluation : OpenAPI + REST forme le socle commun. Le choix d'un format hypermedia (HAL, JSON:API, etc.) dépend du contexte ; JSON:API et HAL sont les plus adoptés. AsyncAPI est à promouvoir pour les cas asynchrones. gRPC est très utilisé mais moins interopérable que REST.

1.3 Formats de données généraux

Standard	Fonction	Maturité
JSON (RFC 8259)	Sérialisation de données	Mature, standard de fait
JSON Schema (Draft 2020-12+)	Validation de structures JSON	Mature
JSON-LD 1.1 (W3C)	Données liées en JSON	Mature
XML 1.0 (W3C) + XSD 1.1	Sérialisation et validation	Mature, legacy
CSV (RFC 4180)	Données tabulaires simples	Mature
Apache Parquet	Données analytiques colonnes	Mature
Apache Avro 1.12	Sérialisation binaire haute performance	Mature
Protocol Buffers (Proto3)	Sérialisation binaire structurée	Mature
UTF-8 (RFC 3629)	Encodage de caractères	Obligatoire

1.4 Formats documentaires

Standard	Fonction	Maturité
ODF 1.3 / 1.4 (OASIS ; ISO/IEC 26300 pour la version 1.2)	Documents éditables (texte, tableur, présentation)	Mature ; ODF 1.4 standard OASIS depuis octobre 2025
OOXML (ISO/IEC 29500)	Documents Office (compatibilité Microsoft)	Mature, standard ISO ; gouvernance dominée par un éditeur, hors de la définition du standard ouvert retenue (dérogation, doctrine §6.1)
PDF 2.0 (ISO 32000-2:2020)	Documents non éditables	Mature
PDF/A-4 (ISO 19005-4:2020)	Archivage long terme	Mature
Markdown (CommonMark 0.30+)	Documentation technique	Mature
HTML5 + CSS3 (W3C)	Contenu web	Mature

1.5 Sémantique et données liées

Standard	Fonction	Maturité
RDF 1.1 / RDFS / OWL 2	Représentation sémantique	Mature ; RDF 1.2 en Candidate Recommendation au W3C (avril 2026)
SPARQL 1.1	Requêtage de graphes de connaissances	Mature ; SPARQL 1.2 en cours au W3C

Standard	Fonction	Maturité
DCAT-AP v3.0	Catalogues de données (découverte transfrontalière)	Mature
Core Vocabularies (UE)	Vocabulaires communs (Person, Business, Location, Evidence)	Mature

1.6 Réseau et transport

Standard	Fonction	Maturité
TLS 1.3 (RFC 8446)	Chiffrement du transport	Mature, obligatoire
HTTP/2, HTTP/3	Protocoles de communication web	Mature
QUIC v1 (RFC 9000)	Transport optimisé	Mature
IPv6 (RFC 8200)	Protocole réseau	Mature
DNSSEC (RFC 4033-35)	Sécurité DNS	Mature
SFTP (RFC 4250)	Transfert de fichiers sécurisé	Mature

2. Outils collaboratifs

2.1 Gestion documentaire et fichiers

Standard	Fonction	Maturité	Notes
CMIS (OASIS)	Content Management Interoperability Services	Mature	Standard historique pour les GED ; adoption en déclin
WebDAV (RFC 4918)	Édition de fichiers à distance	Mature	Largement supporté (Nextcloud, SharePoint, etc.)
WOPI (Microsoft)	Édition collaborative en ligne	De fait	Spécification publiée (MS-WOPI) mais gouvernance unilatérale, donc hors de la définition du standard ouvert retenue ; écosystème serveur FOSS désormais diversifié (cs3org/wopiserver en prod au CERN, WOPIX en Java, Karadav en PHP) ; clients : Collabora Online, ONLYOFFICE, Euro-Office
OCM (OpenCloudMesh)	Partage de fichiers fédéré entre fournisseurs EFSS	Mature, en cours de normalisation à l'IETF (groupe de travail ocm)	Implémenté par CERN-Box, Nextcloud, OpenCloud, ownCloud, Seafile ; spec issue de la CS3 Community

Standard	Fonction	Maturité	Notes
CS3APIs	API commune pour services Sync & Share	Mature	Implémentation de référence : Reva (Go) ; portée par la CS3 Community européenne

Évaluation : WebDAV reste le standard de base pour l'accès aux fichiers. CMIS est mature mais son adoption faiblit. WOPI est un cas intéressant. Microsoft pilote seul la spécification, mais l'écosystème d'implémentations serveur open source s'est diversifié (cs3org/wopiserver, WOPIX, Karadav). La spécification est donc ouverte dans les faits par la pratique ; sa gouvernance la place pourtant hors de la définition du standard ouvert retenue (cf. [doctrine](#), §2 et §6.1). OCM (désormais en cours de normalisation à l'IETF) et CS3APIs, issus de la CS3 Community européenne (depuis 2014, recherche + industrie), apportent la couche manquante de fédération inter-fournisseurs et constituent un précédent direct à articuler plutôt qu'à dupliquer. Pour l'édition souveraine, le consortium Euro-Office développe un fork AGPLv3 d'ONLYOFFICE, brique d'édition libre embarquable (version 1.0 en juin 2026). Annoncé en mars 2026 et emmené par IONOS et Nextcloud, il réunit notamment Abilian, EuroStack, XWiki, OpenProject, Open-Xchange, Soverin, BTactic et Office.EU ; Proton soutient le projet.

2.2 Calendrier, contacts, tâches

Standard	Fonction	Maturité	Notes
CalDAV (RFC 4791)	Accès aux calendriers	Mature	
CardDAV (RFC 6352)	Accès aux contacts	Mature	
iCalendar (RFC 5545)	Format d'événements	Mature	
vCard 4.0 (RFC 6350)	Format de contacts	Mature	
JMAP (RFC 8620+)	Protocole moderne pour email, calendrier, contacts	En maturation	Successeur potentiel de CalDAV/ CardDAV, promu par Fastmail ; JMAP Contacts publié (RFC 9610, 2024), JMAP Calendars encore à l'état de projet IETF

Évaluation : CalDAV/CardDAV + iCalendar/vCard est un socle solide et bien implémenté. JMAP est prometteur mais l'adoption reste limitée.

2.3 Messagerie et communication

Standard	Fonction	Maturité	Notes
SMTP / IMAP	Email	Mature	Socle universel
JMAP (RFC 8620)	Accès email moderne	En maturation	Alternative à IMAP, plus efficace
Matrix (matrix.org)	Messagerie instantanée décentralisée	Mature (1.0 en 2019, v1.19 en juillet 2026), adoption en croissance	Adopté par l'État français (Tchap), fédéré
XMPP (RFC 6120-6122)	Messagerie instantanée	Mature	Fédéré, extensible, mais adoption en déclin côté entreprise

Standard	Fonction	Maturité	Notes
IRC (RFC 1459 / 2810-2813)	Messagerie texte historique	Mature	Toujours actif dans des niches techniques
ActivityPub (W3C)	Réseau social fédéré	Mature (W3C Rec, 2018), adoption entreprise faible	Fediverse (Mastodon, etc.)
SIP / WebRTC	Voix / visio	Mature	Standards ouverts pour la communication temps réel

Évaluation : Matrix est le standard le plus prometteur pour la messagerie instantanée interopérable, avec une adoption significative dans le secteur public français et européen. ActivityPub ouvre des perspectives pour les usages sociaux / flux d'activité.

2.4 Syndication et flux d'activité

Standard	Fonction	Maturité	Notes
Activity Streams 2.0 (W3C)	Format JSON-LD pour les flux d'activité	Mature	Format sous-jacent d'ActivityPub
Atom (RFC 4287) / RSS 2.0	Syndication de contenus	Mature	Toujours très utilisé
AtomPub (RFC 5023)	Protocole de publication REST	Mature	Protocole de transport historique de CMIS

2.5 Composition d'interfaces et portlets

Standard / Spécification	Fonction	Maturité	Notes
JSR 286 (Portlet 2.0)	Standard Java de composants de portail	Mature, en déclin	Utilisé par Liferay, eXo ; modèle historique de composition d'UI
WSRP (OASIS)	Intégration de portlets distantes via web services	Abandonné	Concept intéressant (composants UI distants) mais implémentation dépassée
OpenSocial	Standard de composants et d'APIs sociales pour portails	Abandonné (2014)	Concepts absorbés par Activity Streams 2.0 et ActivityPub (W3C Social Web WG) ; Apache Shindig était l'implémentation de référence
Web Components (W3C)	Composants web réutilisables natifs (Custom Elements, Shadow DOM)	Mature	Équivalent moderne des portlets, côté navigateur
RenderJS (Nexedi)	Framework de gadgets HTML5 composables	Mature (niche)	Chaque gadget = un document HTML autonome, composé dynamiquement, isolé (sans variables globales) ; communication par méthodes asynchrones

Standard / Spécification	Fonction	Maturité	Notes
			(Promises) ; utilisé par ERP5 et OfficeJS
XBlock (Open edX)	Framework de composants pédagogiques intégrables	Mature (niche)	Modèle composant avec état, vue et logique ; spécifique à Open edX mais le pattern (composants indépendants composés dans un runtime à services) est généralisable
LTI 1.3 (1EdTech / IMS Global)	Intégration d'outils externes dans des plateformes éducatives	Mature	Fondé sur OAuth 2.0 / OIDC ; applicable au-delà de l'éducation comme modèle d'intégration d'applications tierces

Évaluation : Le problème de la composition d'interfaces (intégrer des composants issus de plusieurs éditeurs dans une expérience unifiée) n'a pas de standard universel moderne. OpenSocial a tenté de le résoudre pour les portails sociaux mais a été abandonné ; ses concepts vivent dans ActivityPub. Web Components (W3C) est le socle natif côté navigateur. RenderJS et XBlock illustrent des approches intéressantes de composants autonomes et isolés, respectivement document-centric et runtime-à-services. Les patterns micro-frontends (Module Federation, import maps) sont prometteurs mais pas encore standardisés. LTI 1.3 est un bon modèle d'intégration sécurisée d'applications tierces, transposable au-delà de l'éducation.

2.6 Édition collaborative temps réel

Approche	Fonction	Maturité	Notes
CRDTs (Conflict-free Replicated Data Types)	Structures de données pour l'édition concurrente sans conflit	En maturation	Fondement théorique solide ; pas de standard formel unique ; implémenté par Yjs, Automerge, etc.
OT (Operational Transformation)	Algorithme de transformation pour l'édition collaborative	Mature	Utilisé historiquement par Google Docs ; plus complexe que les CRDTs

Évaluation : L'édition collaborative temps réel repose sur des algorithmes (CRDTs, OT) mais il n'existe pas de protocole standard d'interopérabilité entre éditeurs collaboratifs. C'est une lacune potentielle si l'on souhaite que des documents puissent être co-édités entre solutions différentes.

2.7 Recherche et découverte

Standard	Domaine	Maturité	Notes
Linked Data Fragments	Web sémantique	En maturation	Approche légère pour requêter du Linked Data distribué côté client
MCP (Model Context Protocol)	Agents IA	Émergent (2024) ; confié en décembre 2025 à l'Agentic AI Foundation (Linux Foundation)	Primitive resources, recherche exposée sous forme d'outils ; pas un standard de fédération

Standard	Domaine	Maturité	Notes
			inter-applicatif au sens classique, mais traction réelle
OData (OASIS)	Données structurées	Mature	Inclut \$search pour la recherche sur ressources OData
Open Discovery Initiative (NISO RP-19)	Recherche académique	Mature, niche	Bonnes pratiques pour services de discovery bibliothécaires
OpenSearch 1.1 (description)	Web	Mature, basique	Originellement A9/Amazon ; document de description d'un moteur, syndication de résultats. Permet l'agrégation simple multi-sources
SPARQL 1.1 Federation (clause SERVICE)	Web sémantique	Mature	Permet d'agréger des requêtes sur plusieurs endpoints SPARQL distants
SRU 2.0 + CQL	Bibliothèques / patrimoine	Mature	Standard Library of Congress ; vraie recherche fédérée multi-catalogues. Successeur de Z39.50 (ISO 23950)

Note : **Apache Solr API** et **Elasticsearch / OpenSearch (Amazon fork) API** sont des **interfaces de fait** de moteurs de recherche d'entreprise, pas des standards d'interopérabilité. Le **protocole OpenSearch** ci-dessus n'a rien à voir avec le **moteur OpenSearch** (fork Amazon d'Elasticsearch), son homonyme.

Évaluation : la **recherche fédérée d'entreprise** (interroger simultanément plusieurs solutions hétérogènes depuis un seul point d'entrée) est un domaine **mal standardisé**. OpenSearch (protocole) est trop pauvre pour des résultats riches. SRU/CQL est mûr mais cantonné aux bibliothèques ; Solr et Elasticsearch sont des APIs *de facto* propres à des moteurs spécifiques. MCP émerge mais cible les agents IA. C'est un **vrai trou**, comparable au constat sur la co-édition.

3. Cloud

3.1 Conteneurisation et orchestration

Spécifications d'images de conteneurs (OCI)

Standard	Fonction	Maturité	Notes
OCI Image Spec v1.1	Format d'images de conteneurs	Mature, gouvernance Linux Foundation	Portabilité des images entre runtimes conformes
OCI Runtime Spec v1.2	Exécution de conteneurs	Mature	
OCI Distribution Spec	Distribution de registres d'images	Mature	

Plateformes d'orchestration et de virtualisation

Plateforme	Origine	Maturité	Notes
CloudStack	Apache Software Foundation	Mature	Plateforme IaaS ; déploiements significatifs en Europe (Leaseweb...)
Kubernetes	Origine Google, versée à la CNCF en 2015	Mature	API déclarative ; écosystème associé : Helm Charts (packaging), CAPI / Cluster API (gestion déclarative multi-infrastructure)
OpenNebula	OpenNebula Systems (Espagne)	Mature	Plateforme IaaS unifiée (VMs, conteneurs, multi-cloud) ; utilisée notamment au CERN
OpenStack	OpenInfra Foundation, forte empreinte européenne (Cleura, OVHcloud, Open Telekom Cloud, StackIT, T-Systems...)	Mature	IaaS ; APIs documentées par service (Cinder, Keystone, Neutron, Nova...)
Proxmox VE	Proxmox Server Solutions (Autriche)	Mature	Plateforme de virtualisation (KVM + LXC) avec gestion de cluster
SlapOS	Nexedi (France)	Mature	Orchestration distribuée décentralisée (sans plan de contrôle central), POSIX-based ; utilisée en production par Rapid.Space
XCP-ng	Vates (France)	Mature	Fork open source de Citrix XenServer (Xen)

Évaluation : Au niveau **image** (OCI), l'interopérabilité est effective et la gouvernance est neutre. Au niveau **orchestration et virtualisation**, l'écosystème comprend plusieurs plateformes matures aux paradigmes variés (décentralisé / centralisé, IaaS / virtualisation, conteneurs / VMs). OpenInterop conçoit ses profils d'interopérabilité (SECA, observabilité, secrets...) pour qu'ils restent implémentables au-dessus de chacune. Les vrais problèmes de lock-in se situent au niveau des **services managés** (cf. 3.4), couche orthogonale à la plateforme d'orchestration retenue.

3.2 APIs de gestion d'infrastructure cloud (Control Plane)

L'absence d'API IaaS unifiée est le point de verrouillage structurel du cloud. Plusieurs initiatives tentent d'y remédier :

Standard / Spécification	Fonction	Maturité	Notes
SECA (Sovereign European Cloud API)	API ouverte de gestion d'infrastructure cloud	Émergent	Lancée en mars 2025 par Aruba, IONOS et Dynamo ; modèle déclaratif (spec/status) ; couvre compute, storage, network ; spécification OpenAPI
OCCI (Open Cloud Computing Interface)	API REST universelle pour IaaS	Mature mais inactive	Précurseur, modèle impératif ; manque de RBAC standardisé et de modèle déclaratif

Standard / Spécification	Fonction	Maturité	Notes
API OpenStack	APIs de gestion IaaS (compute, storage, network, identity)	Mature, standard de fait (cloud privé)	APIs impératives, fédérées par services (Nova, Cinder, Neutron, Keystone) ; très répandu mais complexe

SECA vs. alternatives : SECA se distingue par son modèle déclaratif (spec/status), son RBAC intégré (JWT + rôles), sa hiérarchie Tenant/Workspace et son alignement avec les pratiques GitOps. OCCI était précurseur mais n'a pas atteint l'adoption critique. OpenStack fournit des APIs de fait mais impératives et liées à une implémentation spécifique.

Complémentarité SECA / TOSCA : TOSCA décrit le « quoi » (topologie applicative), SECA fournit le « comment » (API d'exécution). Un orchestrateur TOSCA pourrait cibler des fournisseurs SECA-compatibles pour une portabilité complète.

3.3 Infrastructure as Code (IaC)

Standard / Approche	Fonction	Maturité	Notes
TOSCA (OASIS)	Standard formel de description de topologies cloud	Mature mais faible adoption	Complémentaire à une API de control plane (cf. ci-dessus)
HCL (HashiCorp Configuration Language)	Langage déclaratif d'IaC	Mature, standard de fait	Utilisé par Terraform et OpenTofu (implémentations)

Approche fonctionnelle et reproductible (Nix, Guix)

À côté de l'IaC « impératif descriptif » (HCL et dérivés), une approche fonctionnelle issue de la gestion de paquets s'est imposée pour la description déclarative d'environnements et de systèmes complets, avec une garantie de reproductibilité bit-à-bit :

Projet	Origine	Langage	Notes
Guix	Projet GNU (Ludovic Courtès, France, INRIA)	Guile Scheme	Gestionnaire de paquets fonctionnel + distribution (Guix System) ; descendant philosophique de Nix avec un langage unique pour les paquets et la configuration
Nix / NixOS	Pays-Bas (Eelco Dolstra, Utrecht University, 2003), NixOS Foundation	Nix expressions	Gestionnaire de paquets fonctionnel + distribution (NixOS) ; permet la description déclarative complète d'un système et garantit la reproductibilité des builds. Utilisé par certains acteurs pour le packaging d'environnements scientifiques et de chaînes CI/CD

Ces deux approches débordent du périmètre strict de l'IaC pour adresser aussi la **supply chain logicielle** (cf. 4.2) en fournissant des builds reproductibles par construction.

Note : Terraform, OpenTofu, Pulumi, Crossplane, SlapOS, Nix et Guix sont des **logiciels** implémentant des approches déclaratives, pas des standards en soi. HCL est l'interface sous-jacente la plus proche d'un standard de fait.

Évaluation : Il n'existe pas de standard d'IaC au sens strict. HCL (via OpenTofu) est le standard de fait pour l'IaC impératif descriptif. TOSCA est trop académique. Nix et Guix offrent une approche fonctionnelle et reproductible complémentaire, avec une forte assise européenne (INRIA pour Guix, Utrecht/NixOS Foundation pour Nix). Un langage de description d'infrastructure unifié et plus simple, soutenu par la filière, pourrait être un livrable OpenInterop (cf. note CSF, axe 2, chantier 6).

3.4 Services managés et portabilité

C'est le point de verrouillage principal. Les hyperscalers proposent des services managés propriétaires (bases de données, files d'attente, fonctions serverless, etc.) dont les APIs ne sont pas standardisées.

Standards et approches existants :

Standard / Interface	Fonction	Statut	Notes
API S3 (Amazon, de fait)	Stockage objet	Standard de fait (non formalisé)	Sans statut formel, l'API S3 d'Amazon est devenue une interface de fait : implémentée par MinIO, Ceph et la quasi-totalité des clouds européens. Spécification contrôlée par AWS seul, qui la fait évoluer sans concertation (cf. 3.4.1)
CloudEvents (CNCF)	Format d'événements cloud	Mature (projet CNCF diplômé, 2024)	Spécification ouverte
OpenTelemetry (CNCF)	Observabilité (logs, traces, métriques)	Signaux traces, métriques et logs stabilisés	En passe de devenir universel

3.4.1 Réversibilité du stockage objet

Aucun organisme de normalisation (IETF, ISO/IEC, ETSI, CEN) ne travaille sur l'API S3. Les références utiles pour en vérifier la réversibilité relèvent de plusieurs familles : normes de vocabulaire, programmes de tests, formats d'emballage et obligations réglementaires.

Standard / Interface	Fonction	Statut	Notes
SNIA CDMI (ISO/IEC 17826)	Interface de stockage cloud	Norme internationale	Seule norme formelle d'interface de stockage cloud ; adoption marginale. Modèle de métadonnées et d'export intéressant
SNIA Cloud Object Storage (Plugfests, Test Tools TWG)	Tests d'interopérabilité S3 multi-fournisseurs	Actif depuis 2024	Suites de tests open source en préparation ; Plugfests sous NDA ; ni spécification ni profil de conformité

Standard / Interface	Fonction	Statut	Notes
API OpenStack Swift	Stockage objet	Mature	API ouverte gouvernée par OpenInfra ; adoption minoritaire face à S3
CNCF COSI (Container Object Storage Interface)	Provisionnement de buckets depuis Kubernetes	En maturation	Plan de contrôle seulement
ceph/s3-tests	Suite de tests de compatibilité S3	Mature	Base naturelle d'un kit de tests de conformité
BagIt (RFC 8493)	Empaquetage avec inventaire et sommes de contrôle	Standard IETF	Candidat pour le format d'export
ISO/IEC 19941:2017	Interopérabilité et portabilité cloud	Norme internationale	Vocabulaire des facettes, dont la facette comportementale
ISO/IEC 19086	Cadre des accords de niveau de service cloud	Norme internationale	Modèle de définition des métriques
SWIPO	Codes de conduite IaaS et SaaS (2020)	Autorégulation	Largement déclaratif

Le Data Act (chapitre VI, applicable depuis septembre 2025) et la loi SREN fixent les obligations de changement de fournisseur ; les moyens techniques de les vérifier manquent encore. OpenInterop a engagé ce travail lors de l'atelier Track 6 du 9 octobre 2026 : profil de réversibilité, exigences, scorecard et scénarios de test (cf. [fiche cloud](#), §1.4), ainsi qu'un premier kit de test (projet S4).

Lacunes identifiées (chantiers potentiels OpenInterop) :

- **Stockage objet** : pas de profil ouvert de l'API S3, pas de format d'export standard, pas de suite de tests de réversibilité. Chantier engagé (cf. 3.4.1).
- **Logs** : pas de standard de format ni d'API de consultation unifié. OpenTelemetry fournit un modèle de données et un protocole (OTLP) stables pour les logs, mais les formats applicatifs restent hétérogènes et aucune API de consultation n'est standardisée. Un format commun + une API OpenAPI de consultation serait un livrable concret (cf. chantier 4 de la note CSF).
- **Secrets / coffre-fort** : gestion propriétaire des secrets = point de lock-in. L'API de HashiCorp Vault / OpenBao pourrait servir de base à un standard ouvert (cf. chantier 5 de la note CSF).
- **API IaaS unifiée** : c'est le chantier stratégique. SECA (cf. 3.2) est la tentative européenne la plus récente. Un langage de description agnostique permettant de décrire services, réseaux et stockage, puis de «recompiler» pour chaque cible cloud serait un livrable stratégique (cf. chantier 6 de la note CSF).

3.5 État du marché cloud européen

Une matrice compare les fonctionnalités de douze fournisseurs cloud européens (Upcloud, IONOS, Leaseweb, Hetzner, OVH, StackIT, Scaleway, Exoscale, Fuga Cloud, CloudSigma, Open Telekom Cloud, Rapid.Space). Elle montre que :

- Les services de base (VMs, stockage bloc, stockage objet S3-compatible) sont largement disponibles
- Les services d'orchestration managée sont proposés par la majorité des fournisseurs
- Les services avancés (serverless, NoSQL managé, files d'attente, PaaS) sont très inégalement couverts

- L'interopérabilité effective entre fournisseurs européens est limitée : chacun a ses propres APIs pour les services managés

Cela confirme que les chantiers de standardisation les plus urgents se situent au niveau des **services managés** et de la **portabilité applicative**, pas au niveau des conteneurs (déjà standardisés).

4. Cybersécurité

4.1 Threat intelligence et réponse

Standard	Fonction	Maturité	Notes
STIX 2.1	Structured Threat Information eXpression	Mature	
TAXII 2.1	Transport de données STIX	Mature	
OpenC2	Commandes automatisées de réponse aux menaces	En maturation	
SCAP (NIST)	Security Content Automation Protocol	Mature	
MITRE ATT&CK	Base de connaissances des tactiques adverses	Mature, standard de fait	Framework de référence, pas un protocole au sens strict

4.2 Supply chain logicielle

Standard	Fonction	Maturité	Notes
SPDX 3.0 (Linux Foundation)	Software Bill of Materials	Mature	La version 2.2.1 est normalisée ISO/IEC 5962:2021 ; la version 3.0 est en cours d'adoption à l'ISO
CycloneDX 1.7 (OWASP ; Ecma ECMA-424)	SBOM orienté sécurité	Mature	Version 1.6 normalisée ECMA-424 en 2024 ; version 1.7 publiée en octobre 2025
SLSA (Supply-chain Levels for Software Artifacts)	Framework de niveaux de sécurité de la chaîne de build	En maturation	Framework, pas un protocole
in-toto	Spécification d'attestation de chaîne de build	En maturation	
TUF (The Update Framework)	Spécification de mise à jour sécurisée de logiciels	Mature	

Note : Sigstore/cosign sont des **logiciels** implémentant des mécanismes de signature d'artefacts, pas des standards en soi. **Reproducible Builds** (initiative et critères) constitue par ailleurs une approche complémentaire à la garantie d'intégrité de la chaîne de build, avec deux gestionnaires de paquets fonctionnels qui en sont des implémentations de référence : Guix (GNU, France/INRIA) et Nix (Pays-Bas, NixOS Foundation), cf. 3.3.

4.3 Sécurité réseau et Zero Trust

Standard / Approche	Fonction	Maturité	Notes
Zero Trust Architecture (NIST SP 800-207)	Modèle de sécurité	Mature (principes)	
TLS 1.3	Chiffrement transport	Obligatoire	
mTLS	Authentification mutuelle	Mature	
SPIFFE	Spécification d'identité de service (Secure Production Identity Framework)	En maturation	SPIRE est une implémentation de référence

4.4 Sécurité applicative (WAF)

Standard / Ruleset	Fonction	Maturité	Notes
OWASP Core Rule Set (CRS)	Ensemble de règles de détection d'attaques web (SQLi, XSS, etc.)	Mature, standard de fait	Ruleset de référence pour les WAF ; implémenté par Coraza, ModSecurity, Le-WAF, etc.
OWASP Top 10	Classification des risques de sécurité applicative web	Mature	Référentiel, pas un protocole

4.5 Cryptographie post-quantique

- **Agilité cryptographique** : les systèmes doivent permettre le remplacement des primitives cryptographiques
- Standards NIST publiés en août 2024 : FIPS 203 (ML-KEM), FIPS 204 (ML-DSA), FIPS 205 (SLH-DSA) ; suivi des algorithmes suivants (FN-DSA, HQC)
- Schémas hybrides (classique + post-quantique) recommandés en transition
- Pertinent pour les données à durée de vie >10 ans

Évaluation : Les standards de threat intelligence (STIX/TAXII) et de SBOM (SPDX, CycloneDX) sont matures. Les chantiers OpenInterop en cybersécurité pourraient se concentrer sur l'interopérabilité des SOC (échange d'alertes, formats de logs de sécurité communs) et la standardisation des pratiques SBOM dans la filière.

5. Santé

5.1 Échange de données cliniques

Standard	Fonction	Maturité	Notes
HL7 FHIR R4/R5	Échange de données de santé via APIs REST	Mature, en adoption	Standard moderne de référence ; R6 en cours de publication
HL7 v2.x	Messagerie de données de santé	Mature, legacy	Encore très présent dans les SI hospitaliers
HL7 CDA	Documents cliniques structurés	Mature	
DICOM	Imagerie médicale	Mature	Standard universel en imagerie

Standard	Fonction	Maturité	Notes
IHE Profiles	Profils d'intégration inter-systèmes	Mature	Spécifient comment utiliser les standards ensemble
openEHR	Modélisation de dossiers médicaux	En maturation	Approche par archétypes

5.2 Identité et consentement patient

Standard	Fonction	Maturité
INS (Identité Nationale de Santé)	Identification des patients (France)	En déploiement
SAML / OIDC	Authentification professionnels de santé	Mature
MHDS (IHE)	Mobile Health Document Sharing	En maturation

5.3 Interopérabilité pharmaceutique et administrative

Standard	Fonction	Maturité
FHIR Medication	Prescriptions et médicaments	En maturation
PN13	Standard français pharmacie	Mature (France)
SESAM-Vitale	Tiers payant	Mature (France)

5.4 Cadre réglementaire santé

- **Espace européen des données de santé (EHDS)** : règlement (UE) 2025/327, en vigueur depuis le 26 mars 2025, applicable par étapes à partir de mars 2027 ; impose un format européen d'échange des dossiers de santé informatisés, dont les spécifications techniques seront fixées par actes d'exécution
- **CI-SIS** (Cadre d'Interopérabilité des SI de Santé, ANS) : référentiel français
- **Ségur du Numérique en Santé** : programme de financement de l'interopérabilité

Évaluation : FHIR est le standard de référence pour les nouveaux développements. Le secteur santé est l'un des plus avancés en matière de standardisation d'interopérabilité, avec des cadres réglementaires contraignants (EHDS, Ségur). Les chantiers OpenInterop en santé pourraient se concentrer sur les interfaces entre le SI de santé et les outils collaboratifs / cloud (partage sécurisé de documents, messagerie professionnelle interopérable, hébergement HDS).

6. Collectivités locales

6.1 Échanges de données et démarches

Standard	Fonction	Maturité	Notes
API Particulier / API Entreprise (DINUM)	Échange de données de référence	En déploiement	Dites-le-nous une fois
FranceConnect	Authentification des usagers	Mature	Fondé sur OIDC
Démarches Simplifiées	API de dépôt de dossiers	Mature	
ACTES	Transmission des actes au contrôle de légalité	Mature (France)	
Hélios / PES v2	Échanges comptables	Mature (France)	

6.2 Données géospatiales

Standard	Fonction	Maturité
OGC API (Features, Maps, Tiles)	APIs modernes de données géospatiales	En maturation
GeoJSON (RFC 7946)	Format géospatial léger	Mature
GML (ISO 19136:2020)	Format géospatial complet	Mature
INSPIRE	Directive européenne sur l'infrastructure de données géospatiales	Mature

6.3 Open Data

Standard	Fonction	Maturité
DCAT-AP	Catalogue de données ouvertes	Mature
CSVW (W3C)	Métadonnées pour CSV	Mature
Schema.data.gouv.fr	Schémas de données réglementaires	En déploiement

6.4 Facturation électronique

Standard	Fonction	Maturité
Factur-X / ZUGFeRD	Facture hybride (PDF + XML structuré)	Mature
EN 16931-1:2017	Norme européenne de facturation électronique	Mature, obligatoire
Chorus Pro	Plateforme de facturation publique (France)	Mature

Évaluation : Le domaine des collectivités locales repose largement sur des standards nationaux spécifiques (ACTES, PES, Hélios). L'interopérabilité entre éditeurs de solutions pour collectivités pourrait se concentrer sur : les échanges de données usagers (avec FranceConnect comme socle), la portabilité des données entre solutions de GED/GRC/démarches en ligne et les formats d'échange de données métier (état civil, urbanisme, etc.).

7. Technologies émergentes transverses

7.1 Intelligence artificielle

Standard	Fonction	Maturité
ONNX	Format d'échange de modèles ML	Mature
PMML	Format de modèles classiques	Mature, legacy
Model Cards	Documentation de modèles	En maturation
AI Act (UE)	Cadre réglementaire	En vigueur depuis août 2024, application progressive jusqu'en 2027

7.2 Signatures et confiance numérique

Standard	Fonction	Maturité
PAdES	Signatures sur PDF	Mature
XAdES	Signatures sur XML	Mature

Standard	Fonction	Maturité
CAdES	Signatures CMS	Mature
eIDAS	Cadre réglementaire de confiance	Mature

8. Synthèse des manques

Standards suffisants (à adopter, pas à réinventer)

- Identité : OIDC + OAuth 2.0 (avec RFC 9700) + SCIM
- APIs : OpenAPI 3.1+ + REST
- Conteneurs : OCI (gouvernance Linux Foundation neutre). Au niveau orchestration et virtualisation, plusieurs plateformes matures coexistent : CloudStack, Kubernetes, OpenNebula, OpenStack, Proxmox VE, SlapOS, XCP-ng
- Formats documentaires : ODF, PDF, JSON
- Santé : FHIR
- Facturation : Factur-X / EN 16931
- Sécurité transport : TLS 1.3

Standards existants mais adoption insuffisante (à promouvoir)

- CalDAV / CardDAV pour le collaboratif
- SCIM 2.0 pour le provisioning d'identités (maillon manquant critique)
- Matrix pour la messagerie interopérable
- OpenTelemetry pour l'observabilité
- SBOM (SPDX / CycloneDX) pour la supply chain
- AsyncAPI pour les échanges asynchrones
- DCAT-AP pour les catalogues de données
- CloudEvents pour les notifications inter-applications
- Sigma pour les règles de détection portables
- OCSF pour les logs de sécurité normalisés
- Nix et Guix pour la description fonctionnelle d'environnements et les builds reproductibles

Lacunes identifiées (chantiers potentiels OpenInterop)

Lacune	Domaine	Priorité	Approche suggérée
API de logs unifiée	Cloud	Haute	Standard fondé sur OpenTelemetry + API OpenAPI
Gestion de secrets standardisée	Cloud / Cybersécurité	Haute	API inspirée de Vault / OpenBao
API IaaS unifiée / description d'infrastructure	Cloud	Stratégique	SECA est la tentative la plus récente ; à évaluer et potentiellement soutenir
Portabilité des services managés	Cloud	Stratégique	Abstraction des APIs propriétaires (au-delà du compute/storage/network)
Interopérabilité entre solutions collaboratives	Collaboratif	Haute	Profils d'interopérabilité (SSO, partage de docs, annuaire)

Lacune	Domaine	Priorité	Approche suggérée
Échange de données entre solutions collectivités	Collectivités	Moyenne	Formats d'échange métier standardisés
Interfaçage SI santé / outils collaboratifs	Santé / Collaboratif	Moyenne	APIs de partage sécurisé de documents médicaux
Indicateur d'interopérabilité mesurable	Transverse	Haute	Indicateur à méthode publique, calculé à partir des rapports de conformité ; la conformité exige 100 % des critères obligatoires, sans compensation (cf. doctrine , §5.2 et §5.4)
Interopérabilité des SOC / alertes de sécurité	Cybersécurité	Moyenne	Formats de logs de sécurité + échange d'alertes
Contrats sémantiques (comportements attendus)	Transverse	Haute	Au-delà des APIs : définir les comportements garantis (ex. : exportation massive, SLA)
Schémas de données transverses partagés	Transverse	Haute	JSON Schema pour User, Document, Event, etc.
Outillage open source EUDI Wallet / eIDAS 2.0	Identité	Moyenne	SDKs OIDC4VP, stacks émetteurs/vérificateurs, bibliothèques SCIM consenties
Composition d'interfaces multi-éditeurs	Collaboratif	Moyenne	Standard de « contrat de widget » (Web Components, LTI, RenderJS...)
Co-édition inter-solutions	Collaboratif	Basse	Protocole fondé sur les CRDTs ; champ de recherche
Recherche fédérée inter-solutions	Collaboratif	Moyenne	Profil OpenSearch enrichi + mappings de types de résultats (document, message, événement, contact) ; inspiration SRU/CQL et MCP

Paradigme data-centric vs. app-centric

Un constat transversal : la plupart des solutions actuelles suivent une approche **app-centric** où les données sont enfermées dans les applications, créant des silos et des duplications. L'interopérabilité suppose une transition vers une approche **data-centric** où les données sont un actif partagé, gouverné indépendamment des applications qui les traitent. OpenInterop doit promouvoir ce changement de paradigme par :

- Des formats de données ouverts et des schémas partagés
- Des APIs d'exportation/importation complètes et sans dépendances propriétaires
- Des mécanismes de portabilité centrés sur les données autant que sur les applications

Références

Cadres européens d'interopérabilité

- **EIF (European Interoperability Framework)** — Commission européenne. Une proposition de cadre technique (EIF-TS, projet de l'auteur, voir plus bas) le décline en 7 profils d'interopérabilité concrets. <https://joinup.ec.europa.eu/collection/nifo-national-interoperability-framework-observatory/european-interoperability-framework>
- **EIFv1 (2004)** — Définition stricte des normes ouvertes (à privilégier sur l'EIFv2 de 2010). <https://ec.europa.eu/idabc/servlets/Docd552.pdf?id=19529>
- **Interoperable Europe Act** — Règlement (UE) 2024/903. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/903>
- **ETSI, Interoperability Best Practices (2011-2013)** — brochure méthodologique sponsorisée par la Commission européenne. Décrit la démarche top-down (objectifs / fonctionnels / détaillés, ITU-T I.130), les proformas ICS/IFS, le langage TTCN-3, le modèle Plugtests™ et la chaîne validation/tests. Les proformas ICS/IFS servent de modèle à la déclaration de conformité, et les Plugtests à l'essai croisé de la doctrine (cf. [doctrine](#)).
- **ETSI White Paper N°3** — *Achieving Technical Interoperability — the ETSI Approach*.

Réglementations européennes

- **Data Act** — Règlement (UE) 2023/2854, entré en vigueur le 11 janvier 2024, applicable depuis le 12 septembre 2025. Chapitre VI : changement de fournisseur de services de traitement de données. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/2854>
- **Cyber Resilience Act** — Règlement (UE) 2024/2847. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/2847>
- **NIS2** — Directive (UE) 2022/2555 sur la sécurité des réseaux et des systèmes d'information. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2022/2555>
- **AI Act** — Règlement (UE) 2024/1689. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1689>
- **eIDAS 2.0** — Règlement (UE) 2024/1183 modifiant le règlement eIDAS. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1183>
- **EHDS (European Health Data Space)** — Règlement (UE) 2025/327, en vigueur depuis le 26 mars 2025. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2025/327>
- **Arrêt CJUE Alphabet e.a. (C-233/23, 25 février 2025)** — Une entreprise dominante qui refuse l'interopérabilité de sa plateforme avec l'application d'un tiers peut abuser de sa position ; seules une impossibilité technique ou une atteinte à l'intégrité ou à la sécurité de la plateforme justifient le refus. <https://curia.europa.eu/juris/liste.jsf?num=C-233/23>

Cadre français

- **RGI v2.0 (Référentiel Général d'Interopérabilité)**, approuvé par arrêté du 20 avril 2016 — En vigueur mais reconnu comme « en friche » par le CNLL ; à actualiser. <https://www.numerique.gouv.fr/publications/interoperabilite/>
- **Assemblée nationale, rapport n° 3054** de la commission d'enquête sur les dépendances structurelles et les vulnérabilités systémiques dans le secteur du numérique, juillet 2026 — Proposition n° 12 : rendre le RGI obligatoire dans les marchés publics.
- **LCEN (Loi pour la confiance dans l'économie numérique)**, 2004 — Définition des normes ouvertes (art. 4). <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000801164>
- **Circulaire du Premier Ministre du 5 février 2026** sur la commande publique numérique.
- **Loi SREN (loi n° 2024-449 du 21 mai 2024 visant à sécuriser et à réguler l'espace numérique)** — Encadrement des services cloud ; l'ARCEP précise les exigences d'interopérabilité et de portabilité.

Documents de travail OpenInterop / CSF

- Stefane Fermigier, « Note au CSF : plan d'action détaillé sur l'interopérabilité », nov. 2025. <https://pad.cloud.abilian.com/s/HLoX9YJ7V>
- « Plan d'actions CSF Cloud — Synthèse d'idées prospectives », 5 piliers (socle technique, conformité, levier économique/juridique, écosystème, Design Authority, que la [doctrine](#) nomme désormais « autorité technique »).
- Stefane Fermigier, « Matrice des fonctionnalités du cloud européen » — Comparaison de 12 fournisseurs européens. <https://pad.cloud.abilian.com/s/z3OQJl9ZP>
- Stefane Fermigier, « Cadre Interopérabilité Européen – Spécification Technique (EIF-TS) » — Draft de cadre technique modernisé. <https://pad.cloud.abilian.com/s/cjGr8FlsT>

Prises de position et analyses

- Stefane Fermigier, « *L'interopérabilité, clé de l'efficacité collaborative et de la souveraineté* », Abilian, novembre 2025 — Concept d'interopérabilité opposable, approche data-centric vs. app-centric. <https://abilian.com/fr/news/interopabilite-efficacite-collaborative-souverainete/>
- Stefane Fermigier, « A Note on Interoperability » — Analyse des critères EIFv1, processus IETF, interopérabilité opposable. <https://pad.cloud.abilian.com/s/PML5HPAYB>
- Stefane Fermigier, « Notes sur l'étude OPIEC sur l'interopérabilité » — RGI en friche, compétences, IA sémantique. <https://pad.cloud.abilian.com/s/kloq65kWU>
- CNLL, « Interopérabilité cloud : le CNLL prend position ». <https://cnll.fr/news/interopabilite-cloud-le-cnll-prend-position/>
- Stefane Fermigier, « Interoperability Thoughts », déc. 2024. <https://euro-stack.com/blog/2024/12/interoperability-thoughts>

Projets et initiatives

- **SECA** (Sovereign European Cloud API) — API ouverte de gestion d'infrastructure cloud, lancée en mars 2025 par Aruba, IONOS et Dynamo. <https://www.secapi.cloud/>
- **EuroID Connect** — Projet d'outillage open source EUDI Wallet / eIDAS 2.0. https://pad.cloud.abilian.com/s/FmVO8D_9
- **CS3 Community** — Communauté européenne (depuis 2014) de fournisseurs, développeurs et utilisateurs de services Sync & Share et de stockage cloud. 70+ institutions, conférences annuelles. <https://www.cs3community.org/>
- **ScienceMesh** — Plateforme d'interopérabilité (IOP) inter-fournisseurs EFSS, pilotée dans le cadre de la CS3 Community. <https://sciencemesh.io/>
- **Reva** — Implémentation de référence des CS3APIs (en Go). <https://reva.link/>
- **Euro-Office** — Suite bureautique collaborative souveraine (fork AGPLv3 d'ONLYOFFICE) annoncée en mars 2026 par un consortium européen emmené par IONOS et Nextcloud (avec Abilian, EuroStack, XWiki, OpenProject, Open-Xchange, Soverin, BTactic, Office.EU ; Proton en soutien). <https://github.com/Euro-Office>
- **Guix** — Gestionnaire de paquets fonctionnel et distribution (projet GNU, France / INRIA) ; builds reproductibles. <https://guix.gnu.org/>
- **Nix / NixOS** — Gestionnaire de paquets fonctionnel et distribution (Pays-Bas, NixOS Foundation) ; builds reproductibles. <https://nixos.org/>
- **OpenNebula** — Plateforme IaaS unifiée (Espagne), utilisée notamment au CERN. <https://opennebula.io/>
- **OpenStack** — Plateforme IaaS open source à forte empreinte européenne (OpenInfra Foundation). <https://www.openstack.org/>

- **Proxmox VE** — Plateforme de virtualisation KVM+LXC (Autriche). <https://www.proxmox.com/en/proxmox-virtual-environment/>
- **SlapOS** — Orchestration distribuée décentralisée (Nexedi, France) ; utilisée en production par Rapid.Space. <https://slapos.nexedi.com/>
- **XCP-ng** — Fork open source de XenServer (Vates, France). <https://xcp-ng.org/>
- **Laboratoire I4C** (Interoperability 4 Cloud) — Laboratoire commun IMT-TSP / industriels de l'interopérabilité ; pourrait contribuer à constituer l'autorité technique (cf. [doctrine](#), §7).
- **OW2** — Communauté de logiciels libres européenne hébergeant OpenInterop. <https://www.ow2.org/>
- **ETSI** — Organisme européen de standardisation (protocoles, télécoms, IoT, eIDAS) ; modèle méthodologique sur la validation/tests (CTI, Plugtests™). <https://www.etsi.org/>
- **Fondation EuroStack**. <https://eurostack.eu/>
- **APELL** (Association Professionnelle Européenne du Logiciel Libre). <https://apell.info/>

Documents OpenInterop

- [Note de vision OpenInterop](#)
- [Fiche transverse](#)
- [Fiche collaboratif](#)
- [Fiche cloud](#)
- [Fiche cybersécurité](#)
- [Doctrine OpenInterop \(proposition\)](#)
- Atelier cloud du 9 octobre 2026 (réversibilité du stockage objet), documents de travail