

AGELAIOS

Le système d'exploitation en source ouverte qui
garantit l'interopérabilité des matériels tactiques
coalisés

Dix opérateurs, une demi-journée. Deux bataillons neutralisés.

Mai 2025, Estonie. Un exercice interallié réunit plus de seize mille militaires de douze pays. Une équipe d'une dizaine d'opérateurs de drones ukrainiens tient le rôle de la force adverse. En une demi-journée, elle porte au compte de la simulation dix-sept véhicules blindés et une trentaine de frappes complémentaires. Deux bataillons sont considérés comme neutralisés.

L'exercice a joué son rôle en révélant une faiblesse avant qu'elle ne coûte. Il a mis en évidence un déséquilibre flagrant entre les doctrines et les moyens de communication décentralisés dont disposent les Ukrainiens, et ceux de l'OTAN. Nous nous positionnons en réponse.

SOURCE Exercice Hedgehog et Siil 2025, Estonie, mai 2025. Effectifs et cadre de l'exercice publiés par les forces de défense estoniennes et par l'OTAN. Bilan de la manœuvre rapporté par la presse à partir de témoignages de participants et de responsables estoniens.

Les enseignements du terrain.

01

La dispersion garantit la survivabilité

Un poste de commandement centralisé est une cible que l'on trouve, caractérise et frappe. La fonction se répartit donc sur des dizaines de nœuds mobiles : véhicules, drones, capteurs déportés et équipes débarquées. **Chacun doit rester autonome, servi par un non-spécialiste, et rejoindre la flotte dès que la liaison réapparaît.**

02

Le spectre est contesté en permanence

En Baltique, brouillage et falsification du signal satellitaire perturbent jusqu'aux trafics maritime et aérien civils. Sur le front, un rapport de référence a estimé les pertes de drones ukrainiens à environ dix mille par mois, principalement du fait de la guerre électronique. **Un système qui suppose le signal disponible n'est pas un système de combat.**

03

Le mode dégradé est le mode par défaut

Un équipement qui refuse de démarrer pour une signature expirée, un serveur de licences injoignable ou une mise à jour interrompue est abandonné. En juillet 2025, une panne satellitaire mondiale a privé des unités ukrainiennes de liaison pendant environ deux heures et demie. **Un matériel doit démarrer, toujours, et dégrader explicitement sa posture plutôt que refuser le service.**

04

Les cycles tactiques et industriels divergent

Une contre-mesure apparaît désormais en deux à trois jours, tandis qu'une requalification prend des années. Les composants les plus demandés exigent des dizaines de semaines d'approvisionnement et disparaissent du marché en quelques années. Une architecture liée à une pile propriétaire ou à une famille de matériel transfère ces risques au programme. **L'abstraction transforme le changement de cible en intégration, pas en réécriture complète.**

En 2026, un produit tactique crédible doit opérer décentralisé dans un spectre contesté, savoir se taire, exploiter l'IA générative dans le cycle mesure/contre-mesure, évoluer en quelques semaines, rester fabriquable malgré une supply chain contestée et interopérer nativement en coalition. Notre socle rend ces exigences opérationnelles dès le premier jour.

SOURCE Interférences GNSS en mer Baltique, campagnes de mesure et rapports publics 2024 et 2025. Estimation des pertes de drones, rapport RUSI, mai 2023. Interruption du service satellitaire commercial, juillet 2025, déclarations publiques des autorités ukrainiennes. Analyses publiées sur les cycles d'adaptation en Ukraine, 2025 et 2026. Délais d'approvisionnement et compression des cycles de vie des composants, rapports publics de la filière électronique, 2025 et 2026.

Accélérer la modification suppose une couche système standard. Personne ne la vend, tout le monde la paie.

L'offre européenne est dense en applications de haut niveau : situation tactique, commandement, capteurs, autonomie, aide à la décision. Sous ces applications, chaque acteur réécrit la même couche technique. Cryptographie, gestion des clés, pilotes matériels, transport résilient, formats d'échange, mise à jour, gestion de flotte.

Cette couche n'est le cœur de métier de personne. Elle est financée une fois par éditeur, une fois par programme, puis une fois encore à chaque requalification. L'interopérabilité, elle, reste trop souvent un lot de travail négocié après coup, alors qu'elle devrait être une propriété du système.

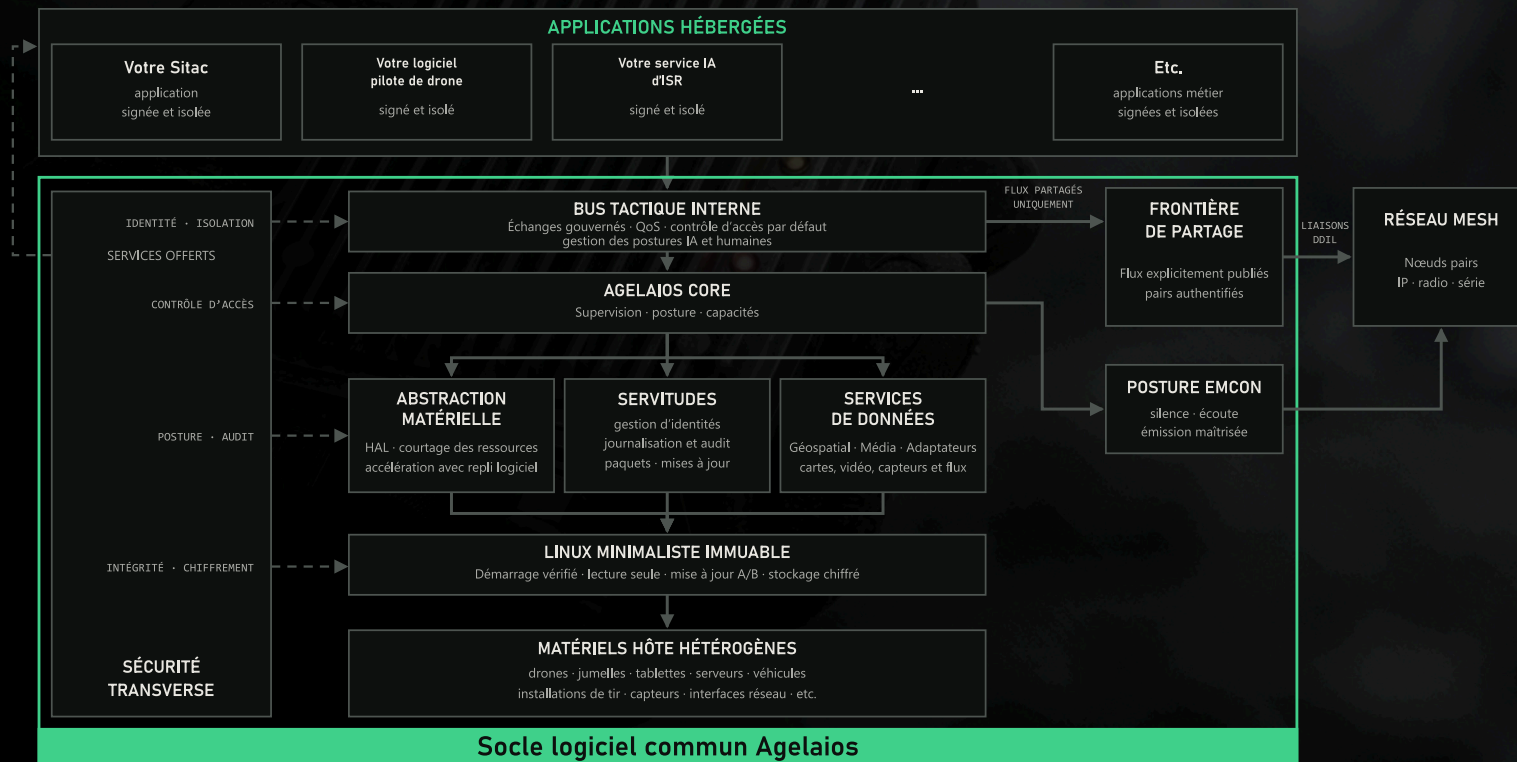
Une seule couche technique.

Autant de réimplémentations que d'acteurs.

Un seul payeur au bout de la chaîne.

Une architecture qui prétend survivre à un engagement réel en 2026 se juge à son coût de modification, pas à sa richesse fonctionnelle.

Les Ukrainiens ont Delta, les Américains ont Lattice, nous proposons la couche européenne d'interopérabilité.



Les fonctionnalités de base que toutes les applications finissent par demander sont distribuées de série.

Vidéo et transcodage

Codecs répandus, paquets temps réel conforme, colorimétrie et profondeurs de bits maîtrisées, acquisition de caméras industrielles.

Pistes tactiques

Modèle de piste normalisé, cycle de vie, affiliation, corrélation, fusion de sources hétérogènes.

Géographie et terrain

Carroyages de série pour faciliter les échanges radio, élévation, ligne de vue et intervisibilité, tuiles hors ligne, services cartographiques standard.

Partage et coalition

Diffusion de flux média et de pistes tactiques, posture de coalition de série, infrastructure de clés de flotte.

Symbologie

Symboles normalisés et graphiques tactiques, importés et exportés sans conversion propriétaire.

Temps

Sources de temps disciplinées, y compris en l'absence de signaux satellitaires ou de serveurs de temps.

Sources civiles

Trafic aérien, trafic maritime, position, alertes, versés comme objets neutres dans la même image.

Réseau maillé

Exploitation des couches physiques disponibles, filaires comme radio, avec discipline d'émission contrôlée au niveau du système.

Ce sont les fonctions que les équipes réécrivent aujourd'hui à chaque fois. Ce ne sont pas celles qui font gagner un marché.

Quatorze familles de normes supportées de série dès août 2026

Nous proposons des implémentations de référence des principaux STANAG et standards applicables, disponibles dès la mise en route, sans développement ni passerelle.

01 · Géodésie et cartographie

- WGS-84 (STANAG 2211)
- MGRS · UTM · GEOREF
- STANAG 3809 (DTED) · MIL-PRF-89020
- OGC WMTS (WebMercatorQuad)
- OGC API Features · WMS 1.3.0 · WFS 2.0.0
- GeoPackage (OGC 12-128r)
- OGC 3D Tiles · Cesium quantized-mesh 1.0
- STAC 1.0.0
- PMTiles v3 · MBTiles · MVT
- GDAL · PROJ

02 · Cryptographie

- FIPS 204 (ML-DSA-65)
- FIPS 203 (ML-KEM) · X25519MLKEM768
- NSA CNSA 2.0
- FIPS 186-5 · RFC 8032 (Ed25519)
- FIPS 140-3 · CMVP
- FIPS 180-4 · 197 · 202
- BLAKE3
- TLS 1.3 (RFC 8446)
- RFC 9106 (Argon2)
- RFC 6238 (TOTP)

03 · Sécurité système et évaluation

- UEFI Secure Boot · TPM 2.0 (ISO/IEC 11889)
- fs-verity · IMA · dm-verity
- NIST SP 800-207 · SP 800-53
- Bell-LaPadula · Biba
- NIST SP 800-88 rev.1
- Critères communs (ISO/IEC 15408 · 18045)
- CSPN (ANSSI)
- RGS (ANSSI)
- RFC 8785 (JSON Canonicalization)

04 · Infrastructure de clés et chaîne logicielle

- X.509 (RFC 5280)
- The Update Framework (TUF)
- SPDX (ISO/IEC 5962) · CycloneDX
- SLSA · NIST SSDF (SP 800-218)
- NIST NVD / CVE

05 · Pistes tactiques et renseignement

- STANAG 4676 (NATO ISR Tracking)
- STANAG 4607 (GMTI)
- STANAG 4545 (NSIF)
- STANAG 7023 (imagerie primaire)
- STANAG 4559 (NSILI)

06 · Vidéo et média

- UIT-T H.264 · H.265 + RFC 6184 · 7798
- H.266/VVC (RFC 9328)
- STANAG 4609 · MISB ST 0601/0102 (KLV)
- UIT-R BT.601/709/2020/2100 · SMPTE P010/V210
- GiGE Vision · GenICam · PFNC
- OpenTelemetry · W3C Trace Context · Parquet

07 · Symbologie et graphiques tactiques

- APP-6(D/E) (STANAG 2019)
- MIL-STD-2525C/D
- NVG (NATO Vector Graphics)

08 · Interopérabilité C2 et messagerie

- Cursor-on-Target · TAK Protocol v1
- STANAG 5525 (JC3IEDM / MIP)
- ADaP-3 · APP-11 (FORMETS)
- FMN · NATO NISP

09 · Sources civiles et usage dual

- GeoJSON (RFC 7946)
- NMEA-0183
- APRS (TNC2)
- ADS-B (dump1090 / readsb · OpenSky)
- AIS · AISStream.io
- GTFS-Realtime
- DATEX II
- TLE · propagation SGPA
- USGS · GDACS · Global Fishing Watch

10 · Classification et coalition

- STANAG 4774 / ADaP-4774
- STANAG 4778 / ADaP-4778
- IGI 1300 (SGDSN)
- II 901 (SGDSN)

11 · Drones et effecteurs

- MAVLink
- STANAG 4586
- ONVIF (Profile S/T)

12 · Liaisons et temps

- QUIC (RFC 9000)
- JetStream · en périphérie et en nœud complet
- STANAG 5066 (HF)
- UIT-R P.525 · P.526 · P.833
- Longley-Rice / ITM · deux rayons
- NTP (RFC 5905) · NTS (RFC 8915) · PTP (IEEE 1588)

13 · Intelligence artificielle de mission

- Principes OTAN d'IA responsable (2021)
- Règlement (UE) 2024/1689 (AI Act)
- ISO/IEC 42001 · 23894 · TR 24028
- Avis du Comité d'éthique de la défense

14 · Ingénierie, documentation et accessibilité

- W3C WCAG 2.2 (niveau AA)
- W3C CSP Level 3
- WebAssembly · WASI
- BCP-47 · Unicode CLDR
- RG Aéro 000 40/42 · AQAP 2110/2210
- ISO/IEC/IEEE 12207 · 15288 · ISO/IEC 25010
- ASD S1000D (Issue 5.0)
- ISO/IEC 27001 · ISO 9001

■ SUPPORTÉ ■ PARTIEL ■ PRÉVU ■ ÉCART ASSUMÉ

Des preuves, pas des intentions.

2800+

tests automatisés au vert sur le dépôt de référence.

429

pages de documentation utilisateur illustrée au standard ASD S1000D, maintenues en cohérence avec les spécifications et le code.

9

chaînes d'intégration continue, avec build reproductible bit à bit.

6 à 7

maturité TRL, démontrée sur émulateurs et sur équipements commerciaux.

774

spécifications structurantes encadrant le produit.

Agelaios est conçu comme un socle auditable, spécifié et documenté, prêt à embarquer rapidement dans n'importe quel projet ou programme.

Deux éditions, un seul socle.

Standard Edition

Sera publiée en source ouverte sous licence Apache 2.0

Recettes et chaîne de construction du système d'exploitation.

Interfaces applicatives et interfaces binaires stables.

Kit de développement pour créer, gérer et publier des modules.

Émulateurs x86-64 et ARM64.

Kits de mise en route pour les calculateurs répandus.

Bus de messages, maillage réseau et postures d'émission.

Découverte des nœuds et gestion de flotte selon un modèle ouvert.

Cryptographie de classe commerciale.

Démarrage vérifié classique et installation directe.

Couches d'abstraction matérielle et gestion des interfaces.

Protocoles d'interopérabilité.

Documentation de mise en œuvre : portage en une journée, premier module en une heure.

La Program Edition est basée sur la Standard Edition, mais y ajoute ce que la mise en service opérationnel impose en termes de responsabilités industrielles.

Program Edition

Tout le cœur ouvert, plus ce qui suit

Buils qualifiés et certifiés.

Cryptographie post-quantique en service, ML-DSA et ML-KEM.

Émulateurs de plateformes spécifiques.

Démarrage vérifié et mesuré de qualité industrielle, installation A et B.

Infrastructure de clés de flotte et services associés.

Fédération des identités et coalition selon les standards alliés.

Contrôle d'accès par rôles et politiques complètes.

Nomenclature logicielle signée et validation complète de la chaîne.

Provisionnement industriel et gestion des secrets.

Support à long terme et observabilité en service.

Gestion de flotte, magasin d'applications et de modules certifiés.

Services de rejeu de mission.

Gestion d'inventaire.

Même base, mêmes interfaces, mêmes standards. L'équipe passe de la Standard Edition à la Program Edition dès que le programme part en service.

Bâtir le standard avec l'écosystème.

Le standard ne vaut que par le nombre d'acteurs qui l'utilisent. Le cœur est ouvert précisément pour que chacun puisse l'essayer, le porter sur son matériel et vérifier par lui-même la pertinence de la solution. Tout cela sans accord préalable, sans accord de confidentialité, sans rendez-vous.



Programme de certification

C'est une offre, pas une barrière. Elle garantit qu'un équipement fonctionne avec le socle sans travail d'intégration préalable, sur le modèle de ce que pratiquent depuis longtemps les marchés grand public. Un fabricant fait certifier son matériel, un éditeur la compatibilité de son logiciel. Plus les équipements certifiés sont nombreux, plus l'intérêt d'adhérer au standard grandit : l'écosystème entier y gagne.



Gouvernance technique

Elle est ouverte à nos partenaires : un standard se construit avec ceux qui l'emploient. Elle reste tenue, dans un premier temps, par une direction unique et des règles publiées. Un standard qui se décide en comité n'avance plus, et l'ouverture n'a d'intérêt que si les décisions continuent d'être prises.

6 personnes, une vision partagée et des parcours que la BITD réunit rarement.

Matériel durci

Nous avons conçu des munitions et des calculateurs pour environnements sévères.



Programmes

Nous avons conduit des programmes chez les grands donneurs d'ordres.



Marchés publics

Nous savons répondre à la commande publique française et européenne.



IA générative

Nous la maîtrisons partout où elle impacte : de la spécification à la validation.

27 ans

Conseiller principal.
Programmes de défense et transformation industrielle.

10 ans

Direction de programme.
Développement de produits sous contraintes fortes.

Penrose Tactical

Société multinationale de défense, implantée en Europe et en Asie-Pacifique, basée en France. Nous sommes des anciens de l'industrie de défense et nous y revenons pour servir, avec pour calendrier celui que la situation impose.

NOTRE MANIFESTE

Maîtriser l'IA générative dans le cycle de développement invalide une part de l'avantage financier et technologique de nos compétiteurs, la souveraineté cesse d'être une affaire de budget pour redevenir une affaire de méthode.

Nous avons pour ambition de contribuer à un standard européen plus ouvert et interopérable, coalisé par construction pour toutes les plateformes : drones, munitions rôdeuses, véhicules, robots, fantassins, plateformes lourdes.



Le code est prêt, mettez-le à l'épreuve !

<https://agelaios.penrosetactical.com>

Les briques technologiques décrites au présent document demeurent la propriété exclusive de leur éditeur.
La remise du présent document n'emporte aucune licence ni cession. Toute mention d'une marque tierce
reste la propriété de son détenteur et ne constitue pas un endossement.

Document public, diffusion autorisée sans restriction.

ver. 20260820