



L'irruption récente des drones dans les conflits modernes

Dernier épisode de la lutte du glaive contre le bouclier

Yves FOURNIER



Plan de l'exposé

- La lutte millénaire du glaive et du bouclier
- Qu'est-ce qu'un drone ?
- Histoire des drones jusqu'à la guerre en Ukraine
- Typologie des drones
- Cycle de vie (sic) des drones – systèmes de production
- Importance tactique et stratégique mise en valeur pendant la guerre en Ukraine
- Quelques éléments de technologie
- Adaptation des armées et des doctrines stratégiques dans les différents pays du monde



Une histoire (très) ancienne

- Dans la Chine ancienne, un marchand vendait des lances et des boucliers sur un marché. Il vantait ses marchandises en criant :
« Mon bouclier est si solide que rien ne peut le percer ! »
- Puis, désignant ses lances :
« Ma lance est si acérée qu'elle perce n'importe quoi ! »
- Un passant lui demanda alors : *« Que se passe-t-il si tu utilises ta lance contre ton bouclier ? »*
- Le marchand resta sans voix.
- Han Fei (韓非, ~280–233 av. J.-C.), philosophe légiste de la fin de la période des Royaumes combattants



Une histoire sans fin

- L'Antiquité — La maîtrise du corps à corps
 - Chars de guerre contre formations de piquiers (Mésopotamie – Egypte)
 - Phalange contre cavalerie lourde (Grecs)
 - Cohorte avec Pilum contre bouclier souple (Romains)
- Moyen âge – Armes de jet – utilisation du fer
 - Arcs et arbalètes contre armures (haut moyen-âge)
 - Les fortifications et le siège enceinte circulaire contre trébuchets
- Renaissance et époque moderne (XIV^eme – XVII^eme)
 - Le bastion contre le canon
 - Mousquet et baïonnette



Une histoire sans fin

- Guerres napoléoniennes
 - Armées de masse contre guérilla
- Révolution industrielle
 - Canon rayé, balle Minié, fusils à culasse, mitrailleuses contre tranchées et blindage naval
- Première guerre mondiale
 - Gaz de combat, tanks et aviation contre tranchées
- Seconde guerre mondiale
 - Guerre éclair contre défense en profondeur
 - Supériorité aérienne contre radar et brouillage radio
 - Bombe atomique et dissuasion



Une histoire sans fin

- Guerre froide

Attaque	Défense
Missile balistique (ICBM)	Bouclier antimissile (SDI, puis systèmes actuels)
Sous-marin nucléaire	Sonar, guerre anti-sous-marine
Bombardier furtif (B-2)	Radar à basse fréquence, infrarouge
Missile de croisière	Défense de pointe (Patriot, CIWS)
Drone kamikaze	Brouillage électronique, laser de défense
Cyberattaque	Cyberdéfense, air gap



La dialectique de l'armement

- Aucune arme n'est définitive, aucune défense n'est absolue. Chaque innovation crée une vulnérabilité nouvelle que l'adversaire s'empresse d'exploiter
- **La perfection de l'un appelle inévitablement la perfection de l'autre**



Emergence de l'idée de drone

- Drone : engin motorisé sans équipage humain (vient de l'anglais bourdonner)
- V1 et V2 allemands
- Drones de reconnaissance (années 1970)
- MQ-1 Predator drone d'attaque après reconnaissance 2003
- Tir commandé à distance par un opérateur lointain (Irak)
- Drones de loisir ont permis aux ukrainiens de repousser l'invasion russe en 2022 (renseignement visuel)



La révolution offensive des drones

- Le drone armé dissocie radicalement le risque du tireur et le risque de la cible. Conséquences profondes :
 - Suppression politique du coût humain pour l'attaquant
 - Frappes continues 24h/24, par tous temps
 - Capacité de ciblage individualisé (targeted killing)
- La démocratisation de la frappe de précision
 - Des groupes non-étatiques (Houthis, Hezbollah) opèrent des flottes de drones
 - Des acteurs étatiques modestes (Azerbaïdjan, Éthiopie) ont renversé des conflits par les drones
 - Des drones civils modifiés (DJI Mavic) larguent des grenades en Ukraine



La révolution offensive des drones

- L'essaim — La saturation comme doctrine
 - La prochaine frontière offensive est l'essaim autonome : des centaines ou milliers de petits drones coordonnés par algorithme pour saturer simultanément toutes les défenses. Aucun système actuel ne peut intercepter un essaim massif à coût raisonnable. La Chine et les États-Unis testent activement des essaims de 1 000+ drones.



Les réponses défensives

- Les missiles

Système défensif	Coût par interception	Coût du drone attaquant
Missile Patriot	~3 000 000 \$	~2 000 000 \$ (missile balistique)
Missile Stinger	~38 000 \$	~20 000 \$ (Shahed)
Missile Patriot	~3 000 000 \$	~500 \$ (drone FPV ukrainien)

- L'absurdité économique est criante : utiliser un missile à 3 millions pour abattre un drone à 500 dollars est une stratégie perdante à long terme. La saturation par drones bon marché vise précisément à épuiser les stocks de défense



Les réponses défensives

- La guerre électronique — Brouiller et aveugler
 - Brouillage GPS : désorienter les drones guidés par satellite
 - Brouillage radio : couper la liaison de données
 - Leurres électroniques : tromper le système de navigation
- Limite : les drones autonomes (guidage inertiel, vision par ordinateur) n'ont plus besoin de signal externe — le brouillage devient inefficace contre eux.
- Les lasers à haute énergie — La réponse économique
- Les canons à grande cadence de tir
- La défense active par drones intercepteurs



Les réponses défensives

- L'intelligence artificielle dans la détection
- La détection est le premier défi : les petits drones ont une signature radar minimale, volent bas, sont lents (difficiles à distinguer des oiseaux). Les réponses :
 - Radar à très haute résolution spécifique aux drones
 - Détection acoustique par réseau de microphones (signature sonore unique)
 - Détection optique par caméras et IA
 - Fusion de capteurs — combiner radar, acoustique, optique, infrarouge



Bayraktar TB2

- Drone de conception turque
- Haute altitude (27 000 pieds)
- Longue distance 150 km
- Moteur thermique 100 cv
- Hélice à pas variable
- 700 kg
- 5 millions €





DJI Mavic 3

- Drone quadricopter chinois
- Loisir et observation
- Cinéma
- Adaptable à des munitions
- Utilisé au début de la guerre d'Ukraine
- Largement copié et adapté
- Autonomie max 45 mn
- Rayon d'action max 32 km
- Vitesse 75 km/h
- Banni aux USA (2025)



Shahed-136/Geran-2

- Drone à voilure fixe de conception iranienne
- Licence achetée par la Russie (Geran) et fabriqué en masse
- Moteur de 50 ch quatre-cylindres à plat à deux temps
- 1700 km – 185 km/h
- 50 000\$
- 40 kg explosifs
- Sensible au brouillage (composants dual-use)
- Production cumulée 25 000





Drones d'interception

- Sting développé par l'Ukraine à partir de 2023
- (Wild Hornets – Frelons sauvages)
- Montre son efficacité depuis mi 2025
- 80% de Shahed abattus pas ce type de drone
- 5 000\$
- Fabriqué 10 000/mois depuis debut 2026





Lancet-3 Zara

- Drone russe moyenne distance
- Munition rôdeuse
- Hélice et moteur électrique
- 110 km/h
- Rayon d'action 40 km
- Faible charge explosive (3 kg)





Drones FPV Ukraine

- Drones en kit d'abord depuis la Chine puis depuis les ateliers spécialisés en Ukraine (Chassis, hélices, moteurs, ESC, munitions)
- Rayon d'action 10 km
- Logique DIY (Do it Yourself)
- Très grande diversité des configurations





Sea Baby

- Drone maritime kamikaze
- Très efficace en mer Noire
- 250 000\$
- 500 à 1500 kg explosifs
- Rayon d'action jusqu'à 1500 km
- Fabriqué par SBU service de sécurité de l'Ukraine
- Contribue a la protection du couloir des céréales
- Rend inutile une flotte conventionnelle pour maitriser des couloirs maritimes





UJ-22

- Drone d'attaque larguant des obus de mortier de 82 mm
- Vitesse 120 km/h
- Rayon d'action 500 km
- Moteur à essence 2 temps
- 100 000€
- Moins compétitif que le Shahed





Synthèse des drones

Famille	Exemple	Portée	Coût	Rôle principal
MALE	Bayraktar TB2	150 km	~5 M\$	Frappe / ISR
Reconnaissance tactique	DJI Mavic 3	7 km	2 000 \$	Observation / réglage artillerie
FPV kamikaze	Diversifiés	3–20 km	300–800 \$	Destruction directe
FPV fibre optique	Diversifiés	5–15 km	~1 500 \$	Anti-brouillage
Munition rôdeuse légère	Shahed-136	2 000 km	20–50 k\$	Infrastructure / terreur
Munition rôdeuse précise	Lancet-3	70 km	~35 k\$	Antichar / anti-artillerie
Maritime USV	Sea Baby	800 km	~250 k\$	Frappe navale
Longue portée	UJ-22	800 km	~100 k\$	Frappe stratégique
Logistique	Divers	5–20 km	variable	Ravitaillement



Ce que l'Ukraine a changé

- **1. La verticalité est mortelle** — Tout ce qui bouge à découvert est observable et frappable. Le champ de bataille est devenu **transparent** du dessus.
- **2. Le coût asymétrique est une doctrine** — Il est stratégiquement rationnel de dépenser 500 \$ pour tenter de détruire un matériel à 3 millions.
- **3. L'innovation distribuée bat la bureaucratie** — Des ingénieurs civils ukrainiens dans des garages ont produit des innovations plus rapides que les complexes militaro-industriels.
- **4. La mer peut être contestée sans marine** — La flotte russe de mer Noire fut mise en échec par des bateaux-drones construits artisanalement.
- **5. La profondeur stratégique rétrécit** — Les frappes à 1 500 km de profondeur signifient qu'il n'y a plus d'arrière totalement sûr.

Le glaive de Han Fei vole désormais seul, coûte le prix d'un téléphone, et peut être construit dans un appartement.



Changements stratégiques apportés par les drones

Dimension	Avant les drones	Avec les drones
Coût de la frappe	Élevé	Très bas
Risque pour l'attaquant	Fort	Quasi nul
Accès à la frappe de précision	Grandes puissances	Acteurs non-étatiques
Temps de réaction défensive	Heures/jours	Secondes
Coût de la défense	Proportionné	Disproportionné



De l'atelier à l'industrie de guerre

- Les usines centralisées étaient des **cibles prioritaires** russes
- Les chaînes d'approvisionnement internationales étaient **coupées ou incertaines**
- Les composants électroniques étaient soumis à **embargo partiel** (composants dual-use)
- Le temps de développement industriel classique se comptait en **années**, pas en semaines

- *Ne pas construire de grandes usines, mais créer un écosystème de production dispersé, redondant, difficile à détruire — inspiré de la logique des réseaux informatiques.*



Les trois niveaux de production

- **Niveau 1 — L'artisanat de guerre : les ateliers individuels**
 - Des centaines d'ateliers informels dispersés sur tout le territoire.
 - Un appartement, garage ou entrepôt de 50 à 200 m²
 - Une équipe de 3 à 8 personnes, investissement 10 000 à 50 000€
 - 50 à 500 drones/mois
- **Niveau 2 — Les PME spécialisées (20 à 200 personnes)**
 - Fabricants de châssis
 - Intégrateurs électroniques
 - Développeurs firmware
- **Niveau 3 — Les acteurs industriels structurés**
 - Ukrspecsystems
 - Dronarium et consorts (20 000/ mois)
 - Ukrainian Drones (consortium de coordination et d'achats groupés de composants)



La chaîne d'approvisionnement

Le défi central

- Les composants critiques

Composant	Source principale	Vulnérabilité
Moteurs brushless	Chine (DJI, T-Motor, Emax)	Contrôle export chinois
ESC (contrôleurs moteur)	Chine, Taiwan	Dual-use, restrictions
Batteries LiPo	Chine	Transport aérien complexe
Caméras FPV	Chine (Caddx, RunCam)	Disponibilité
Modules vidéo	Chine (DJI O3, Walksnail)	Embargo partiel
Contrôleurs de vol	International (Betaflight FC)	Moins critique
Explosifs/détonateurs	Production locale ou militaire	Contrôle militaire
Fibre optique (bobines)	International	Relativement disponible



La localisation progressive

- **Batteries** : plusieurs entreprises ukrainiennes commencèrent la production de batteries LiPo et Li-Ion pour drones — encore insuffisante mais croissante.
- **Châssis et pièces mécaniques** : largement localisés grâce aux machines CNC et imprimantes 3D.
- **Explosifs et têtes militaires** : production entièrement locale, intégrée au système militaire.
- **Composants électroniques de base** : résistances, condensateurs, câblage localisés.
- **Composants avancés** (puces, modules radio) : encore très dépendants de l'import.



Le financement

Un modèle hybride unique

- **Le crowdfunding de guerre**
 - Fonds "Come Back Alive"
 - "Serhiy Prytula Charity Foundation"
 - Collectes locales
- **Le financement d'État**
 - "Army of Drones" (2022)
 - Fonds de défense
 - Partenariats publics-privés
- **Le financement occidental**
 - Programmes bilatéraux
 - Transferts technologiques
 - Livraisons directe de composants



La résilience industrielle

Résister aux frappes

- **La dispersion comme doctrine**
 - Aucune usine centrale ne produit plus de 5% de la capacité totale
 - Toutes régions, adresses secrètes, déménagement fréquent
- **La redondance des capacités**
- **Les sites souterrains**
- **La mobilité industrielle**
 - Unités en conteneurs mobiles



La formation

Créer les compétences à grande échelle

- **Les écoles de pilotes FPV**

- Formation initiale
- Formation avancée
- Plusieurs milliers formés chaque année

- **La formation des assembleurs**

- **Le rôle de la diaspora**

- Ingénieurs dans les entreprises tech occidentales contribuent à distance
- Formation d'Ukrainiens envoyés à l'étranger pour acquérir des compétences spécifiques
- Achats et expéditions de composants difficiles à obtenir localement



L'innovation continue

La boucle courte

- **Boucle de rétroaction ultra-courte** entre le front et les concepteurs
 - Problème identifié au front (brouillage, défense ennemie)
 - ↓ (heures ou jours)
 - Remontée aux ingénieurs via Telegram/Signal
 - ↓ (jours)
 - Modification du design ou du firmware
 - ↓ (jours)
 - Test sur le terrain
 - ↓ (jours)
 - Déploiement à grande échelle
- Ce cycle de **2 à 4 semaines** est incomparablement plus rapide que les cycles industriels militaires classiques (18 à 36 mois).

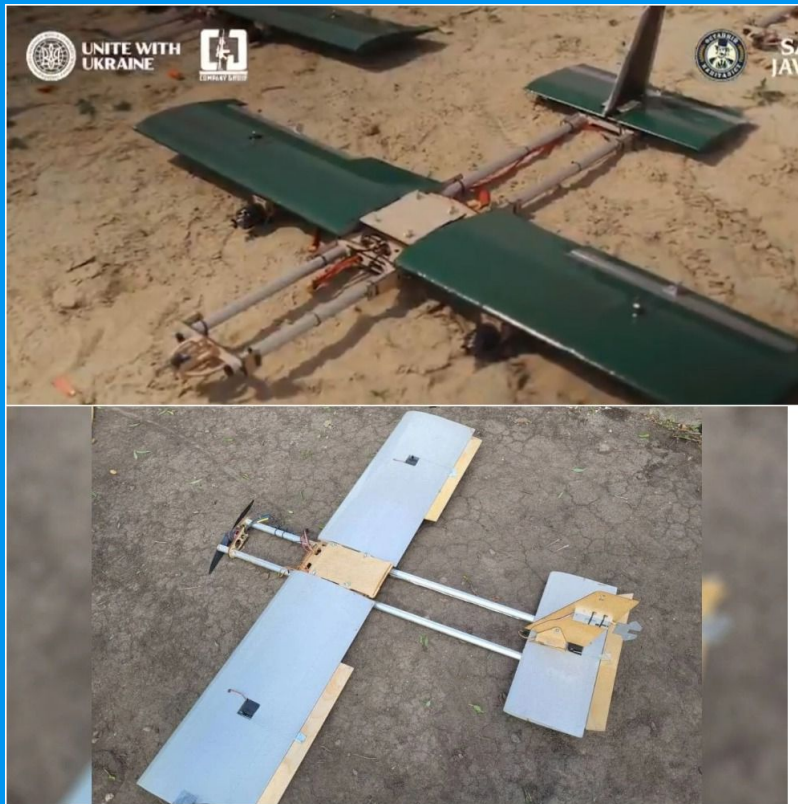


Innovations au cours du conflit

- **Fibre optique** : concept à déploiement en moins de 3 mois
- **Guidage IA anti-brouillage** : intégré en réponse directe aux brouilleurs russes
- **Charges creuses améliorées** : optimisation continue des têtes militaires
- **Ailes fixes FPV** : développement de FPV à voilure fixe pour frappe longue portée à plus grande vitesse
- **Les hackathons de guerre**
- L'Ukraine organise des **compétitions d'innovation militaire** — « hackathons » de 48h où des équipes d'ingénieurs civils et militaires développent des solutions à des problèmes opérationnels précis



Un exemple emblématique Blyskavka contre Molniya (éclair)





Un exemple emblématique Blyskavka contre Molniya

- Cette paire Molniya/Blyskavka illustre l'émergence d'un **nouveau segment tactique** entre le FPV (3–20 km, 500 \$) et le Lancet/Shahed (40–2 000 km, 20 000–50 000 \$) :
- Des experts militaires ukrainiens préviennent que d'ici 2026, les drones d'attaque à moyenne portée bon marché produits en masse comme le Molniya deviendront une part importante de la menace à laquelle sont confrontées les forces de défense ukrainiennes. Un schéma familier émerge : en 2023–2024, les drones FPV ont suivi une trajectoire similaire, passant de cas isolés à un instrument quotidien de guerre.
- Le paradoxe de cette histoire est élégant dans sa symétrie : la Russie créa une arme bon marché pour saturer les défenses ukrainiennes. L'Ukraine captura cette arme, l'améliora sur tous les paramètres, la produisit à moindre coût, et la retourna contre la Russie — en 60 unités de combat, en moins de six mois. La dialectique du glaive et du bouclier s'accélère jusqu'à l'absurde.

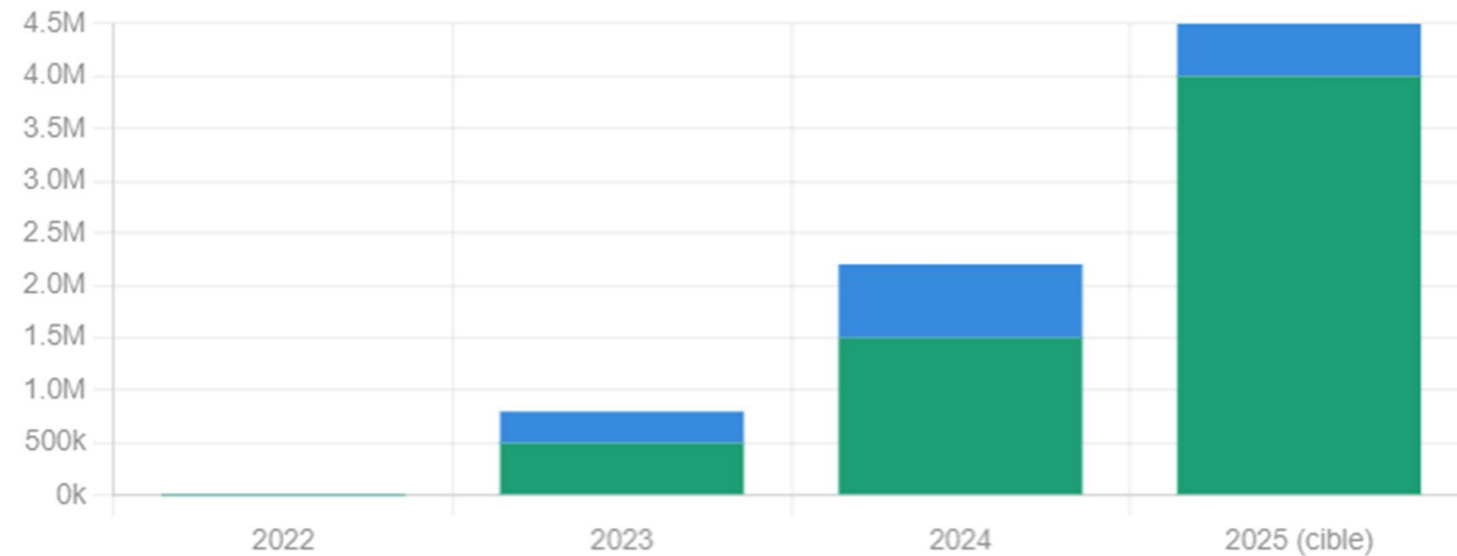


Production domestique de drones en Ukraine

Production ukrainienne de drones (tous types)

Croissance annuelle 2022-2025 — source : autorités ukrainiennes / OSW

■ FPV d'attaque ■ Reconnaissance & autres





Comparaison avec le modèle russe

- **Zala Aero / Kalachnikov**
 - Filiale du groupe Kalachnikov, producteur du Lancet et du KUB. Structure industrielle classique, production qualitative mais moins agile.
- **Production de Shahed sous licence**
 - La Russie négocia un **transfert de technologie iranien** et construisit des usines de production du Shahed
- **Limites du modèle russe**
 - **Dépendance aux importations** de composants électroniques (contournement des sanctions via Chine, Turquie, Émirats)
 - **Cycles d'innovation plus lents** — bureaucratie militaire classique
 - **Vulnérabilité des sites centralisés** aux frappes ukrainiennes longue portée
 - **Moins d'innovation** dans les FPV artisanaux



Les leçons pour l'industrie de défense mondiale

- **La fin du monopole étatique de la production d'armes**
- **Le dual-use comme ressource stratégique**
- **La communauté open-source comme R&D**
- **L'économie de guerre du XXIe siècle**
 - Mobiliser l'économie de guerre ne signifie plus construire des aciéries mais **activer des réseaux de makers, d'ingénieurs et de PME tech**, capables de produire des armes efficaces avec des chaînes logistiques civiles



Changement organisationnel du système de production

- L'infrastructure de production de drones ukrainienne est une révolution organisationnelle autant que technologique. Elle a démontré que la résilience industrielle de guerre se construit désormais par la décentralisation, la communauté et la vitesse d'adaptation — non par la concentration et la puissance brute.
- Le marchand de Han Fei est devenu un réseau de milliers de marchands, chacun dans son garage, connectés par Telegram, approvisionnés par la Pologne, formés en trois semaines — et capables ensemble de produire plus d'armes que certaines grandes puissances industrielles.



Point de situation en Europe (2022)

- Un retard structurel
 - Le dividende de paix (1991–2022)
 - La culture d'acquisition classique
 - L'absence d'écosystème dual-use
- Etat de la flotte de drones des pays européens
 - En très petit nombre
 - Très chers (MALE de type Heron, Watchkeeper)
 - Inadaptés à la guerre de masse ukrainienne
 - Produits par des industriels traditionnels incapables de monter en cadence rapidement



Point de situation en Europe (2025)

- Les initiatives de chaque pays
 - Modestes et dispersées et non coordonnées - Pologne UK en pointe
- Les initiatives collectives européennes
 - Le Fonds Européen de Défense (FED) 2021 7,9 M€ R&D lent et peu efficace
 - L'initiative OCCAR (Eurodrone) lent
 - NATO Innovation Fund start-up drones 1M€ montant trop faible
- Les obstacles structurels européens
 - La réglementation — EASA et le droit européen
 - Les contrôles à l'exportation — Le paradoxe dual-use
 - La fragmentation industrielle
 - Le financement — La BEI et les restrictions ESG
 - Absence de culture du risque



Point de situation en Europe (2025)

- Les startups émergentes — Les points d'espoir

Entreprise	Pays	Spécialité	Stade
Helsing	All/UK	IA pour drones	Série C, 5 Md\$
Quantum Systems	Allemagne	Drones reco voilure fixe	Série B
Tekever	Portugal/UK	Drones surveillance maritime	Commercial
Dronamics	Bulgarie	Drones cargo	Croissance
Avy	Pays-Bas	Drones médicaux/défense	Croissance
Skydio Europe	France	Drones autonomes	Expansion US→EU
H3 Dynamics	France/Singapour	Drones hydrogène	R&D
Nordic Unmanned	Norvège	Services drones défense	Commercial

Exemple français le Patroller





Réponse française ridicule

- Appel d'offre DGA 8 avril 2026
 - 18,7 millions d'euros
 - 3 phases successives, potentiellement éliminatoires
 - Jusqu'à 8 partenaires en phase 1
 - 1 000 drones livrés sur la durée du partenariat
 - Cible : drones et munitions téléopérées de plus de 100 kg, jusqu'à 600 km/h
 - Date limite de dépôt des candidatures : 7 mai 2026
 - Durée 7 ans

- Production mensuelle de drones Ukraine 2026 500 000 !!!



Comparaison avec les modèles de référence

- **Le modèle israélien**

- Écosystème intégré : service militaire obligatoire → startups tech → industrie défense → export
- Unité 8200 : unité de renseignement technique formant des générations d'ingénieurs qui fondent ensuite des startups
- IAI, Elbit, Rafael : grands industriels qui collaborent avec des centaines de PME
- Cycles courts : de l'idée au prototype en mois, du prototype au déploiement en un an

- **Le modèle américain**

- DARPA : agence finançant les ruptures technologiques avec tolérance au risque élevée
- In-Q-Tel : fonds de capital-risque de la CIA investissant dans les startups duales
- DIU (Defense Innovation Unit) : pont entre la Silicon Valley et le Pentagone
- Anduril, Shield AI, Joby : startups devenues en quelques années des acteurs majeurs de défense



Dernières nouvelles des fronts (avril 2026)

- Première contre offensive réussie menée uniquement par des drones terrestres (Ukraine début avril 2026) appuyés par des drones aériens
- Drone terrestres pour évacuer blessés ou civils
- Efficacité des drones volants à fibre optique du Hezbollah contre des chars israéliens
- Assèchement inquiétant du stock de munitions sophistiquées des USA (guerre Iran)
- Vulnérabilité des bases américaines dans les pays du golfe, ce qui effondre leur crédibilité
- Les bombardiers furtifs ont décollé des Etats Unis puis d'Europe.
- Irruption des drones au Liban et au Mali



Techniques ayant permis l'apparition des drones

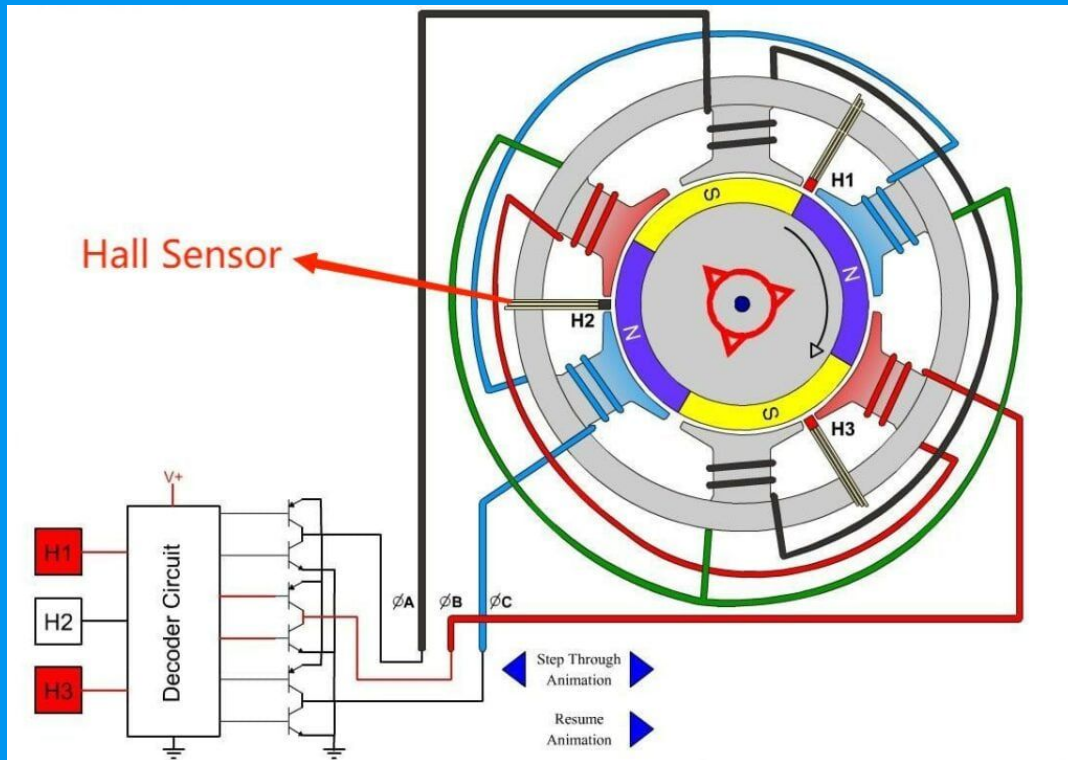
- Moteur brushless outrunner avec capteur à effet Hall
- Hélice bipale
- ESC (Electronic Speed Controllers)
- MOSFET (Metal On Silicon Field Effect Transistor)
- BEC (Battery Eliminator Circuit)
- Batteries LiPo (Lithium Polymère)
- Avancées significatives depuis **5 ans seulement**



Techniques ayant permis l'apparition des drones

- Contrôleur de vol (Flight Controller - FC)
 - • MCU principal - ARM traite la boucle PID (proportionnel, intégral, dérivé)
 - • IMU (Inertial Measurement Unit) :
 - • Accéléromètre 3 axes - mesure les accélérations linéaires
 - • Gyroscope 3 axes - mesure les vitesses angulaires (roulis, tangage, lacet)
 - • Magnétomètre 3 axes - boussole électronique pour orientation absolue (optionnel)
 - • Baromètre - mesure la pression atmosphérique → altitude relative
 - • Processeur de fusion sensorielle - algorithme EKF (Extended Kalman Filter) ou Mahony/Madgwick pour estimer l'attitude précise
 - • UART, SPI, I²C - bus de communication avec périphériques
 - • OSD chip - superposition des données de vol sur flux vidéo (AT7456E ou équivalent)
 - • Flash mémoire - boîte noire (blackbox), enregistrement des données de vol à 1-8 kHz

Schéma moteur brushless





Fonctions à assurer dans un FPV

Fonction	Composant principal	Composant secondaire
Générer la portance	Moteur brushless + hélice	ESC
Stocker l'énergie	Batterie LiPo/Li-Ion	BMS
Distribuer l'énergie	PDB + condensateurs	BEC/SBEC
Mesurer l'attitude	Gyroscope + accéléromètre	Magnétomètre
Calculer la correction	MCU + algorithme PID	Filtres numériques
Commander les moteurs	ESC (DSHOT)	Protocole DSHOT bidirectionnel
Se positionner	GPS GNSS	Optical Flow / LiDAR
Recevoir les ordres	Récepteur RC	Liaison télémétrie
Transmettre la vidéo	VTX + caméra	Gimbal
Naviguer autonomement	Autopilote + mission	GCS + MAVLink
Absorber les vibrations	Dampers silicone	Condensateurs LC
Protéger l'électronique	Boîtier IP + garde-hélices	Fusibles / protections



Principaux fournisseurs mondiaux

Composant	Source principale	Vulnérabilité
Moteurs brushless	Chine (DJI, T-Motor, Emax)	Contrôle export chinois
ESC (contrôleurs moteur)	Chine, Taiwan	Dual-use, restrictions
Batteries LiPo	Chine	Transport aérien complexe
Caméras FPV	Chine (Caddx, RunCam)	Disponibilité
Modules vidéo	Chine (DJI O3, Walksnail)	Embargo partiel
Contrôleurs de vol	International (Betaflight FC)	Moins critique
Explosifs/détonateurs	Production locale ou militaire	Contrôle militaire
Fibre optique (bobines)	International	Relativement disponible



Constructeurs occidentaux

Entreprise	Pays	Spécialité	Stade
Helsing	All/UK	IA pour drones	Série C, 5 Md\$
Quantum Systems	Allemagne	Drones reco voile fixe	Série B
Tekever	Portugal/UK	Drones surveillance maritime	Commercial
Dronamics	Bulgarie	Drones cargo	Croissance
Avy	Pays-Bas	Drones médicaux/défense	Croissance
Skydio Europe	France	Drones autonomes	Expansion US→EU
H3 Dynamics	France/Singapour	Drones hydrogène	R&D
Nordic Unmanned	Norvège	Services drones défense	Commercial



Conséquences stratégiques de ce changement de paradigme

- Des groupes non étatiques peuvent utiliser ce type d'organisation dans toutes les parties du monde
- On peut imaginer un terrorisme technologique
- Dangers de la tentation des armes autonomes déclenchées par IA
- Technologie open source par essence
- Relative obsolescence des armes lourdes et sophistiquées (chasseurs bombardiers, canons, chars...) dans un conflit local asymétrique
- Vulnérabilité des grandes bases militaires américaines au Moyen-Orient
- Robots terrestres de première ligne (significatifs depuis début 2026)



Questions ouvertes

- L'expérience ukrainienne montre que ces systèmes d'armes impliquent une part significative de la population
 - Conception (ingénieurs et techniciens)
 - Fabrication (ingénieurs et logisticiens, achats et organisation)
 - Formation (ingénieurs et opérateurs)
- L'exclusivité militaire n'est plus efficace
- L'usage incontrôlé de ces technologies pose question
- Des actions de guerre peuvent être effectuées dans des pays loin de la ligne de front (dont la signification devient obsolète)



Conclusion

- L'Ukraine a construit en trois ans sous les bombes ce que l'Europe n'a pas réussi à construire en trente ans de paix. La leçon est brutale : **la sécurité ne se délègue pas, et l'innovation militaire n'attend pas les procédures administratives.**
- Le marchand de Han Fei européen existe — il est dans des incubateurs à Berlin, Paris et Londres. Mais il attend encore trop souvent l'autorisation administrative pour vendre son glaive.