

# Dans la boucle, sur la boucle, hors de la boucle

MACIEJ M. KASPEREK

Trois termes désignant le rôle de l'humain dans les systèmes qui détectent et engagent seuls des cibles sont entrés dans le langage courant du secteur. Les documents leur donnent un sens précis, et chacun d'eux coûte un nombre différent de secondes.

On dit des systèmes antidrones que l'humain y est dans la boucle, sur la boucle ou hors de la boucle. Ces termes apparaissent dans les documents commerciaux, dans les débats et dans les documents des États, souvent sans qu'on explique ce qu'ils signifient. Ce texte les met en ordre à partir des documents qui leur donnent un contenu et montre combien de temps coûte chacun des trois rôles.

## TROIS RÔLES

Dans la boucle, un humain décide de chaque emploi d'un moyen, et le système se contente de détecter et de désigner la cible. Sur la boucle, le système choisit et engage lui-même la cible, tandis qu'un humain le supervise et peut l'interrompre. Hors de la boucle, le système fonctionne sans supervision une fois activé. Les rôles diffèrent par l'identité de celui qui décide et par le temps dont dispose un humain pour changer cette décision.

## CE QUE DISENT LES DOCUMENTS

Le document le plus souvent cité est américain. Dans sa version de 2023, la directive 3000.09 du département de la Défense exige un niveau approprié de jugement humain sur l'emploi de la force. Elle n'exige pas d'humain dans la boucle dans tous les scénarios. Sa définition du système d'arme autonome inclut expressément les systèmes supervisés par un opérateur qui peut les interrompre, c'est-à-dire le rôle sur la boucle. La directive dispense aussi d'un examen supplémentaire au plus haut niveau un certain groupe de systèmes supervisés par un opérateur. Il s'agit des systèmes qui engagent des cibles matérielles pour intercepter des attaques urgentes ou de saturation contre des installations et leur personnel. C'est presque exactement la description de la défense d'un site contre des drones.

Le Comité international de la Croix-Rouge voit les choses autrement. Dans sa position de 2021, il a appelé les États à adopter de nouvelles règles contraignantes. Il propose d'interdire les systèmes imprévisibles et ceux qui visent directement des personnes, et de restreindre strictement les autres. Cette répartition en deux niveaux a trouvé sa place dans les travaux des Nations unies.

Le groupe d'experts gouvernementaux constitué dans le cadre de la Convention sur certaines armes classiques a adopté onze principes directeurs en 2019. L'un d'eux affirme que la responsabilité humaine des décisions d'emploi des armes doit être conservée, car elle ne peut pas être transférée à des machines. L'Assemblée générale des Nations unies a adopté des résolutions sur les systèmes d'armes autonomes en 2023, en 2024 et le 1er décembre 2025. Elles ont réuni les voix de 152, de 166 puis de 164 États. Le projet de texte d'un futur instrument juridique, élaboré par ce même groupe d'experts, repose sur la distinction entre interdictions et restrictions. La conférence d'examen de la convention décidera de la suite du 16 au 20 novembre 2026.

Tous ces documents concernent la guerre et le droit international humanitaire. La protection d'une centrale ou d'une raffinerie en temps de paix relève du droit national.

## CE QUE DISENT LES LOIS DES TROIS PAYS

La loi polonaise sur l'aviation énumère les personnes habilitées à détruire un drone, parmi lesquelles les agents des formations de protection armées spécialisées. Le projet de loi tchèque exige qu'un employé désigné établisse d'abord que le vol n'est pas autorisé. Il doit aussi avertir si possible le télépilote et apprécier la proportionnalité. La loi lettone permet à un garde d'agir sans avertissement, sur sa propre évaluation de la menace. Les trois textes supposent qu'un humain décide et agit, et aucun ne prévoit expressément un dispositif qui déciderait seul de l'emploi d'un moyen. Pour Grzegorz Matyasik (Institut du flanc est), exiger en Pologne une décision de l'opérateur vise la légalité, mais crée la principale faiblesse opérationnelle du système.

## CE QUE COÛTE CHAQUE RÔLE

Le modèle de budget temps permet de comparer les trois rôles sur une même cible. Dans la boucle, le système vérifie automatiquement l'autorisation du vol et un humain décide, avec une médiane de 45 secondes. Un garde exécute ensuite la décision. Sur la boucle, la règle est fixée à l'avance et le système tire si aucun humain n'oppose son veto dans une fenêtre de temps fixe. Hors de la boucle, cette fenêtre n'existe pas. Le tableau donne la probabilité que la procédure aboutisse avant qu'une cible de vitesse moyenne ait parcouru la distance de détection.

| Distance de détection | Dans la boucle | Sur la boucle, veto 20 s | Sur la boucle, veto 10 s | Sur la boucle, veto 5 s | Hors de la boucle |
|-----------------------|----------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------|
| 2 km                  | 81,8 %         | 100,0 %                  | 100,0 %                  | 100,0 %                 | 100,0 %           |
| 1 km                  | 12,6 %         | 100,0 %                  | 100,0 %                  | 100,0 %                 | 100,0 %           |
| 500 m                 | 0,0 %          | 0,0 %                    | 99,2 %                   | 100,0 %                 | 100,0 %           |
| 300 m                 | 0,0 %          | 0,0 %                    | 0,0 %                    | 21,5 %                  | 99,6 %            |

Modèle illustratif, cible volant à 21 mètres par seconde, 20 000 tirages par cellule avec une graine aléatoire fixe. Le code de ce tableau figure dans le paquet du modèle à télécharger.

Avec une détection à deux kilomètres, chaque rôle aboutit en général à temps. À un kilomètre, l'humain dans la boucle n'aboutit plus que dans un cas sur huit, alors que le système supervisé aboutit encore à chaque tirage. À 500 mètres, même une fenêtre de veto de vingt secondes est trop longue. À 300 mètres, seul le système hors de la boucle aboutit à temps de façon fiable. Plus la fenêtre de veto est courte, moins l'humain a de temps pour comprendre ce que le système s'apprête à faire et pour l'arrêter.

## LE COÛT EN TEMPS ET LE COÛT EN CONTRÔLE

Chaque rôle a deux coûts. L'humain dans la boucle offre le contrôle le plus complet et coûte le plus de temps. L'humain sur la boucle fait gagner du temps, mais son contrôle dépend de la longueur de la fenêtre de veto. Hors de la boucle, le temps est le plus court et le contrôle humain s'arrête au moment de l'activation. Les documents divergent sur l'endroit où se situe un équilibre raisonnable. Le département de la Défense traite l'autonomie supervisée contre des cibles matérielles, dans la défense d'installations,

comme un cas ordinaire. La Croix-Rouge veut des limites strictes. Les lois nationales de la région supposent toujours un humain qui décide. Le choix du rôle pour un site donné est donc une question juridique et politique, et pas seulement technique.

#### Code du modèle et données d'entrée (ZIP, Python)

Déclaration d'intérêts. L'auteur est le fondateur de Silesian Advanced Systems, une équipe qui développe un système antidrone autonome et prépare la création d'une société. Ce système doit fonctionner dans le rôle que ce texte appelle supervision sur la boucle, avec un veto humain en mode automatique. L'auteur a donc un intérêt direct dans ce sujet. Le texte décrit les notions et leur coût en temps à partir des sources citées et du modèle publié, sans évaluer de solution particulière.

#### SOURCES

1. CCW GGE LAWS (Groupe d'experts gouvernementaux sur les technologies émergentes dans le domaine des systèmes d'armes létaux autonomes). 2019. Guiding Principles, dans le rapport de la réunion des Hautes Parties contractantes, CCW/MSP/2019/9. <https://digitallibrary.un.org/record/3856241>
2. DefenseScoop. 2023. « Pentagon Updates Guidance for Development, Fielding and Employment of Autonomous Weapon Systems ». 25 janvier. <https://defensescoop.com/2023/01/25/pentagon-updates-guidance-for-development-fielding-and-employment-of-autonomous-weapon-systems/>
3. Digital Watch Observatory. 2026. « GGE on Lethal Autonomous Weapons Systems ». dig.watch. <https://dig.watch/processes/gge-laws>
4. Grozījumi Apsardzes darbības likumā. 2025. Latvijas Vēstnesis, adoptée le 18 décembre 2025, en vigueur depuis le 20 janvier 2026. likumi.lv, id 365606. <https://likumi.lv/ta/id/365606>
5. CICR (Comité international de la Croix-Rouge). 2021. « ICRC Position on Autonomous Weapon Systems ». 12 mai. <https://www.icrc.org/en/document/icrc-position-autonomous-weapon-systems>
6. CICR. 2026. « Advocacy Paper. A Key Opportunity to Prevent the Development of Unacceptable Autonomous Weapons ». Juin. <https://www.icrc.org/en/article/advocacy-paper-key-opportunity-prevent-development-unacceptable-autonomous-weapons>
7. Matyasik, Grzegorz. 2026. « Czy obiekty infrastruktury krytycznej są chronione przed dronami? » Instytut Wschodniej Flanki, 27 juillet. <https://wschodniaflanka.pl/czy-obiekty-infrastruktury-krytycznej-sa-chronione-przed-dronami/>
8. Ministère de l'Intérieur de la République tchèque. 2026. Návrh zákona, kterým se mění některé zákony s cílem posílit odolnost subjektů kritické infrastruktury proti bezpilotním systémům, avec exposé des motifs. eKLEP KORNDW7JRL1U, 21 juillet. <https://odok.gov.cz/portál/veklep/material/KORNDW7JRL1U>
9. République de Pologne. 2002. Loi du 3 juillet 2002 sur l'aviation (Prawo lotnicze), texte consolidé Dz.U. 2025 poz. 1431, art. 156ze. <https://eli.gov.pl/eli/DU/2025/1431/ogl>
10. Assemblée générale des Nations unies. 2023. Résolution 78/241, Lethal Autonomous Weapons Systems. 22 décembre. <https://digitallibrary.un.org/record/4033027>
11. Assemblée générale des Nations unies. 2024. Résolution 79/62, Lethal Autonomous Weapons Systems. 2 décembre. <https://docs.un.org/en/A/RES/79/62>
12. Assemblée générale des Nations unies. 2025. Résolution 80/57, Lethal Autonomous Weapons Systems. 1er décembre. <https://digitallibrary.un.org/record/4095989>
13. UNODA (Bureau des affaires de désarmement des Nations unies). 2025. « Briefing by the Chair of the CCW GGE on LAWS on the Margins of the First Committee ». Octobre. <https://disarmament.unoda.org/en/updates/briefing-chair-ccw-gge-laws-margins-first-committee>
14. U.S. Department of Defense. 2023. DoD Directive 3000.09, Autonomy in Weapon Systems. 25 janvier. <https://www.esd.whs.mil/Portals/54/Documents/DD/issuances/dodd/300009p.PDF>

