

FICHE D'ACTUALITÉ #1



17 mai 2024

Le conflit Israël-Hamas Le bouclier antimissile israélien

Résumé

- Le bouclier antimissile dit Dôme de fer (*Iron Dome* en anglais, *Kippat Barzel* en hébreu) est un système de défense antimissile déployé par Israël depuis 2011 dans le but de contrer les attaques de projectiles de courte portée ;
- Le Dôme de fer a fait preuve d'efficacité en matière de protection des civils dans le cadre des conflits récents entre Israël et le *Hamas*, mais n'est pas sans limites, notamment en matière de coûts de fabrication et de fonctionnement et de potentielle saturation de ses capacités d'interception lors d'attaques massives ;
- Le futur du Dôme de fer dépendra du développement de technologies alternatives, notamment moins coûteuses et plus soutenables, et de potentielles exportations, en particulier à l'heure du conflit Russie-Ukraine.

Cette fiche d'actualité s'intéresse au bouclier antimissile de courte portée israélien appelé Dôme de fer (*Iron Dome* en anglais, *Kippat Barzel* en hébreu). Elle présente l'historique et les caractéristiques du système de défense, notamment son usage dans le cadre du présent conflit Israël-*Hamas*, certaines limites propres, ainsi que les perspectives, en particulier en matière de développement futur.

Contexte – Un système sophistiqué de défense antimissile

Le Dôme de fer est un système de défense antimissile développé par Israël pour se protéger contre des projectiles d'une portée allant, selon la plupart des sources, jusqu'à 70 kilomètres. Cette technologie est le niveau le plus bas de l'architecture de défense antimissile d'Israël, destiné à contrer les attaques de roquettes et de drones non guidés provenant en particulier des territoires palestiniens et du Liban. Le Dôme de fer complète notamment les systèmes *Arrow*, qui se concentrent sur les missiles balistiques lancés depuis des milliers de kilomètres, et le système *David's Sling*, qui se concentre pour sa part sur les projectiles à moyenne portée, lancés depuis des distances de 100 à 200 kilomètres selon certaines sources.

Sur le plan historique, le Dôme de fer a été développé à la suite de la guerre ouverte de 2006 entre Israël et le *Hezbollah*, marqué par le lancement par le groupe armé libanais de milliers de roquettes sur l'État hébreu. La conception du système de défense aurait commencé en 2007. Les premiers tests se sont terminés en 2010 et le déploiement des premières unités eut lieu en 2011. Le système aurait été utilisé pour la première fois au combat en 2011, avec la neutralisation d'un missile tiré depuis la bande de Gaza sous le contrôle du *Hamas*.

Le Dôme de fer a principalement été conçu par les entreprises israéliennes *Rafael Advanced Defense Systems* et *Israel Aerospace Industries*, avec un appui technologique et financier américain important. La coopération industrielle israélienne autour du Dôme de fer avec les États-Unis n'a cessé de s'étoffer au cours des années. En 2016, il était par exemple estimé qu'environ 55 % des composants du système étaient fabriqués dans ce pays.

En matière de fonctionnement, un système complet du Dôme de fer comprend trois éléments : un radar de détection ; un ordinateur visant à évaluer la trajectoire exacte d'un projectile pénétrant le territoire ; et trois ou quatre lanceurs contenant jusqu'à vingt intercepteurs de type *Tamir*. De manière notable, le radar est réputé capable de distinguer les roquettes susceptibles de frapper des éléments critiques, comme des zones habitées, et celles devant tomber dans des zones sans risques matériels ou humains. Pour limiter les coûts et les risques de saturation en cas d'attaques massives, les intercepteurs ne sont alors normalement tirés que sur les projectiles menaçant des zones à risque. Les missiles intercepteurs de type *Tamir* bénéficient d'un système de guidage permettant un changement de direction même après leur lancement. Cette mobilité est un avantage certain face à des projectiles à faibles coûts, souvent peu sophistiqués, et suivant généralement des trajectoires fixes une fois tirés.



Figure 1 — Exemple d'interception par le Dôme de fer israélien (Source : [https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Tamir_\(missile\)?uselang=fr#/media/File:Operation_Breaking_Dawn_IX.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Tamir_(missile)?uselang=fr#/media/File:Operation_Breaking_Dawn_IX.jpg))

Chaque batterie du Dôme de fer serait en mesure de défendre une zone d'environ 150 kilomètres carrés contre les projectiles à courte portée ; l'équivalent d'une ville de taille moyenne. Israël disposerait, selon des estimations, d'environ dix batteries complètes, souvent mobiles et réparties sur l'ensemble de son territoire. De manière importante, le système est prévu pour fonctionner par tous les temps. Depuis sa mise en service, Israël n'a cessé de mettre à jour la technologie utilisée, certainement pour accroître la capacité d'interception.



Figure 1 — Exemple de batterie antimissile du Dôme de fer israélien (Source : https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Iron_Dome#/media/File:Operation_Guardian_of_the_Walls,_May_2021._XLIX.jpg)

Le Dôme de fer a été fortement sollicité depuis le début de la nouvelle phase de conflit entre Israël et le *Hamas*. Ce dernier affirme avoir tiré plus de 5 000 roquettes en direction du territoire israélien en moins de vingt minutes lors de son attaque du 7 octobre 2023. Si le nombre exact de missiles lancés est contesté, l'objectif d'une attaque massive en si peu de temps fut probablement de tenter de saturer le système de défense antimissile de l'État hébreu, et d'ainsi permettre à certains projectiles de passer. Les tirs de projectiles à courte portée en direction d'Israël se sont multipliés dans la période suivant le 7 octobre, avec des attaques à la fois depuis les territoires palestiniens, mais aussi depuis le Liban ou encore la Syrie, depuis lesquels opère le *Hezbollah*. Les différents niveaux de la défense antimissile israélienne, y compris le Dôme de fer, auraient par ailleurs été particulièrement sollicités lors du lancement massif par Téhéran de drones et de missiles en direction du territoire israélien le 13 avril 2024. La forte sollicitation récente du système de défense pose dès lors des questions quant à son efficacité, mais aussi à ses limites.

Analyse – Un système efficace mais pouvant être saturé et coûteux

En matière d'analyse, la première question qui se pose est celle de l'efficacité du Dôme de fer. L'entreprise militaire israélienne *Rafael* qui a participé à sa conception annonce un taux d'interception d'environ 90 %. Le système de défense semble, dans les faits, avoir fait ses preuves. Dans un article de 2021, le *Center for Strategic and International Studies* (CSIS), un centre de réflexion américain, revient plus en détail sur l'efficacité du système dans le cadre de différents conflits. Durant le conflit Israël-*Hezbollah* de 2006, avant le développement du Dôme de fer, le centre de recherche rapporte que sur les 3 970 roquettes lancées sur Israël par le groupe armé libanais, 901 ont touché des zones habitées, faisant 44 victimes. Le développement du Dôme de fer change ensuite la donne. Lors de la guerre Israël-*Hamas* de 2014, 4 500 projectiles sont tirés vers Israël. Sur les 800 identifiés comme menaçant des zones peuplées, 735 sont abattus par le système, menant à un taux d'interception situé autour de 90 %. Le nombre de victimes civiles israéliennes est alors estimé à moins de dix pour un nombre de projectiles tirés supérieur à 2006. Des taux d'interception similaires sont constatés durant la guerre de 2021, durant laquelle le nombre de roquettes tirées sur Israël est une fois encore estimé à autour de 4 000. Le système intercepte également des drones lancés depuis Gaza en 2021.

Alors que les projectiles souvent fabriqués à l'aide d'un appui matériel iranien sont la principale arme du *Hamas* — les incursions terrestres telles celle du 7 octobre sont une exception notable — le Dôme de fer a donc fait preuve de son efficacité. Le système place Israël, et notamment sa population civile,

à l'abri de représailles massives de la part du *Hamas* et des groupes affiliés, ainsi que du *Hezbollah* libanais, lors des phases d'affrontement armé.

Le système de défense dispose tout de même de limites. La première est le potentiel de saturation. Le nombre de projectiles non guidés tirés le 7 octobre 2023 aurait par exemple été si important que le Dôme de fer en aurait laissé passer de nombreux selon certains rapports. Ce point met en lumière la faillibilité du système en cas d'attaques massives sur un laps de temps très court. Au-delà d'un certain seuil, inconnu, car par définition non publicisé par Israël, des projectiles seraient capables de passer. Cette possibilité d'une saturation du Dôme de fer pose notamment question dans l'hypothèse d'un conflit armé ouvert et de haute intensité entre Israël d'un côté, et l'Iran et ses partenaires régionaux de l'autre. Affilié à Téhéran, le *Hezbollah* disposerait par exemple d'une réserve de missiles et roquettes parfois estimée à 150 000 unités. Un lancement simultané de projectiles depuis différents espaces limitrophes d'Israël poserait ainsi le risque d'une mise en échec de la défense antimissile.

La seconde limite à considérer, de manière connexe, est le coût de construction et d'utilisation du Dôme de fer. En matière de construction, le CSIS estimait qu'une batterie coûtait au total, en 2012-2013, autour de 100 millions de dollars américains. En matière d'utilisation, le même centre de recherche énonçait en 2021 que chaque intercepteur de type *Tamir* coûtait entre 40 000 et 50 000 dollars. D'autres estimations parlent de 60 000 dollars par missile. Souvent peu sophistiqués et en partie fabriqués de manière artisanale avec du matériel non militaire détourné, les projectiles lancés par le *Hamas* sont eux estimés à environ 600 dollars. Avec un rapport de presque un à cent, l'asymétrie entre le coût des projectiles lancés par le *Hamas* et ceux des intercepteurs est dès lors majeure. Dans la mesure où il faudrait parfois mobiliser plusieurs intercepteurs pour neutraliser un seul missile entrant, une attaque de type de celle du 7 octobre peut entraîner des dépenses s'élevant à plusieurs millions de dollars pour Israël¹.

Au-delà des coûts financiers, la capacité d'Israël et de ses partenaires à produire suffisamment d'intercepteurs de remplacement poserait probablement question en cas de conflit durable de haute intensité entre Israël et ses rivaux étatiques et non étatiques régionaux. Israël ne publicise logiquement pas sa capacité de production ainsi que la réalité de ses stocks de munitions de type *Tamir*, mais la sophistication de ces derniers entraîne probablement des temps de construction importants. Potentiel de saturation et coûts élevés sont donc deux limites importantes relatives à l'usage du Dôme de fer en cas de conflit de haute intensité.

Au-delà de ces limites, l'usage d'un système tel que le Dôme de fer, qui accroît l'asymétrie du rapport de force entre belligérants – l'un étant désormais fortement protégé de représailles de l'autre en matière de projectiles de courte portée – peut entraîner une modification des calculs stratégiques des acteurs. Cela peut notamment entraîner des dynamiques d'adaptation sur le champ de bataille. Comme précédemment mentionné, ces logiques d'adaptation peuvent premièrement aller dans le sens d'une recherche de saturation du système, comme ce fut probablement le cas le 7 octobre 2023. L'accroissement de l'efficacité du système peut alors paradoxalement entraîner des logiques d'escalade. Plus le seuil de saturation est élevé, plus un acteur peut être incité à augmenter le nombre de projectiles produits et lancés. Des analyses mentionnent d'ailleurs un nombre croissant de roquettes tirées par attaques depuis Gaza depuis l'introduction du Dôme de fer par Israël.

Les logiques d'adaptation peuvent alternativement aller dans le sens de la recherche d'un contournement des contraintes posées par le système via d'autres moyens. Le *Hamas* s'est par le passé adapté au Dôme de fer en tirant des mortiers dont le temps de vol est trop court pour que le

¹ Le coût des intercepteurs de type *Tamir* doit tout de même être relativisé par rapport à celui d'autres systèmes de défense antimissile, dont le coût unitaire par missile dépasse parfois le million de dollars. Un intercepteur du système américain *Patriot* coûterait par exemple autour de 4 millions de dollars.

système puisse les intercepter. Le *Hezbollah* libanais teste lui aussi régulièrement le Dôme de fer et adapte en conséquence ses tactiques. Le groupe armé utilise notamment, pour tromper le système, des missiles antichars volant à des hauteurs plus faibles et dont les trajectoires sont différentes de celles des roquettes classiques. Ces limitations principales définissent finalement les perspectives quant au développement futur du Dôme de fer.

Perspectives – Des opportunités de développements futurs

Deux éléments centraux vont probablement conditionner le futur du Dôme de fer israélien ; l'adaptation nécessaire aux limitations exposées plus haut et le potentiel déploiement dans d'autres pays. Les risques de saturation du système et les coûts élevés d'exploitation, notamment en cas de conflit de haute intensité étendu à l'ensemble du Moyen-Orient, semblent premièrement aujourd'hui pleinement pris en compte par la défense israélienne, qui tente de développer des moyens de défense antimissiles alternatifs. Deux exemples peuvent être mentionnés. Le premier est le *C-Dome*, qui correspond à une version navale du Dôme de fer. Ce système déclaré opérationnel en 2022 et utilisé pour la première fois en avril 2024 s'appuie sur des technologies relativement semblables à celles de son homologue terrestre, mais est monté sur des navires militaires. L'ajout de cette composante navale permet alors à Israël d'accroître la protection de son territoire face aux attaques de missiles, améliorant notamment la couverture de villes côtières telles qu'Eilat au sud du pays.

Le deuxième élément est le *Iron Beam*, traduisible en français par rayon de fer. Ce système d'arme à énergie dirigée vise à détruire des projectiles entrants, non pas avec des intercepteurs comme le prévoit le Dôme de fer, mais via un laser. Les avantages centraux de ce nouveau système ont trait à son coût et sa soutenabilité même en cas d'attaque massive. Un tir ne coûterait en effet qu'environ 3,5 dollars – une somme dérisoire en comparaison du prix des missiles *Tamir* – et le système serait en mesure de tirer aussi longtemps qu'il est alimenté en électricité. Le *Iron Beam* est annoncé pour être pleinement opérationnel en 2025.

Finalement, ayant fait preuve de son efficacité pour la défense du territoire de l'État hébreu, le Dôme de fer et les technologies afférentes pourraient, dans le futur, être déployés plus largement dans le monde, notamment à l'heure de débats importants autour de la question de la défense du ciel européen. Les États-Unis, qui ont pris part au développement et financement de la technologie, auraient déjà acquis deux batteries du système de défense dans le but d'accroître l'efficacité de leur défense contre les projectiles de courte portée. L'Ukraine a, pour sa part, publiquement démontré de l'intérêt pour le système de défense dans le cadre de la guerre contre la Russie, mais s'est pour l'instant vu opposer un refus d'exportation israélien.

Pour aller plus loin

- *Center for Strategic and International Studies (CSIS)*. 2021. « Iron Dome (Israel) », 13 juillet 2021, sect. Missile Threat. <https://missilethreat.csis.org/defsyst/iron-dome/>.
- Doyle, Gerry, Mariano Zafra, Adolfo Arranz, et Jitesh Chowdhury. 2024. « Israel's Iron Dome ». *Reuters*, 18 avril 2024. <https://www.reuters.com/graphics/ISRAEL-PALESTINIANS/IRAN-DEFENCE/mypmkljzopr/>.
- *Israël : comment fonctionne le dôme de fer ?* 2024. France Info. <https://www.youtube.com/watch?v=gtu194p2op8>.

Bibliographie

Cette fiche s'appuie sur des informations recensées dans les sources suivantes :

- Al Jazeera. 2023. « What Is Israel's Iron Dome Defence System and Is It Effective? All to Know », 12 octobre 2023. <https://www.aljazeera.com/news/2023/10/12/whats-the-israel-iron-dome-defence-system-and-is-it-effective-all-to-know>.
- Bartels, Elizabeth M. 2017. « Is Iron Dome a Poisoned Chalice? Strategic Risks from Tactical Success ». *RAND Corporation*, 29 novembre 2017. <https://www.rand.org/pubs/commentary/2017/11/is-iron-dome-a-poisoned-chalice-strategic-risks-from.html>.
- Bauer, Anne. 2022. « Israël a trouvé sa nouvelle arme anti-aérienne: des rayons laser ». *Les Echos*, 20 avril 2022. <https://www.lesechos.fr/industrie-services/air-defense/israel-a-trouve-sa-nouvelle-arme-anti-aerienne-des-rayons-laser-1401730>.
- BBC News. 2023. « What Is Israel's Iron Dome Missile System and How Does It Work? », 6 novembre 2023. <https://www.bbc.com/news/world-middle-east-20385306>.
- Bob, Yonah Jeremy. 2024. « From North to South, These Iron Dome Teams Allowed Israel to Control the Pace of War ». *The Jerusalem Post*, 18 février 2024. <https://www.jpost.com/israel-amas-war/article-787564>.
- Boyd, Iain. 2023. « How Hamas Evaded Israel's Iron Dome Air Defense System ». *Defense One*, 17 octobre 2023. <https://www.defenseone.com/ideas/2023/10/how-hamas-evaded-israels-iron-dome-air-defense-system/391285/>.
- Cancian, Mark F., et Tom Karako. 2022. « Patriot to Ukraine: What Does It Mean? » *Center for Strategic and International Studies (CSIS)*, 16 décembre 2022. <https://www.csis.org/analysis/patriot-ukraine-what-does-it-mean>.
- Center for Strategic and International Studies (CSIS)*. 2021. « Iron Dome (Israel) », 13 juillet 2021, sect. Missile Threat. <https://missilethreat.csis.org/defsyls/iron-dome/>.
- Doyle, Gerry, Mariano Zafra, Adolfo Arranz, et Jitesh Chowdhury. 2024. « Israel's Iron Dome ». *Reuters*, 18 avril 2024. <https://www.reuters.com/graphics/ISRAEL-PALESTINIANS/IRAN-DEFENCE/mypmkijzopr/>.
- DW. 2022. « What Are Patriot Air Defenses and Why Does Kyiv Want Them? », 21 décembre 2022. <https://www.dw.com/en/what-are-patriot-air-defenses-and-why-does-kyiv-want-them/a-64115825>.
- Ewe, Koh. 2024. « Israel Used Its C-Dome for the First Time: What to Know ». *TIME*, 9 avril 2024. <https://time.com/6965118/israel-c-dome-ship-defense-system/>.
- France 24. 2024. « Le "Dôme de fer", principal bouclier d'Israël contre missiles et roquettes », 14 avril 2024. <https://www.france24.com/fr/moyen-orient/20240414-le-d%C3%B4me-de-fer-principal-bouclier-d-isra%C3%ABl-contre-missiles-et-roquettes>.
- Frantzman, Seth J. 2024. « Rafael Expects Iron Beam Laser to Be Active in 2025: Exec ». *Breaking Defense*, 8 mars 2024. <https://breakingdefense.sites.breakingmedia.com/2024/03/rafael-expects-iron-beam-laser-to-be-active-in-2025-exec/>.
- Hambling, David. 2021. « Under The Iron Dome: The Problem With Israel's Rocket Shield ». *Forbes*, 12 mai 2021. <https://www.forbes.com/sites/davidhambling/2021/05/12/under-the-iron-dome-the-problem-with-israels-rocket-shield/>.
- Israël: comment fonctionne le dôme de fer ? 2024. France Info. <https://www.youtube.com/watch?v=gtu194p2op8>.
- Jaffe-Hoffman, Maayan. 2019. « Why Isn't Israel's Iron Dome Stopping These Deadly Rocket Attacks? » *The Jerusalem Post*, 6 mai 2019. https://www.jpost.com/arab-israeli-conflict/why-isnt-the-iron-dome-stopping-these-deadly-rocket-attacks-588823#google_vignette.
- Mahfouz, Abbas. 2024. « Ce qu'il faut savoir sur le « Dôme de fer » israélien ». *L'Orient-Le Jour*, 14 avril 2024. <https://www.lorientlejour.com/article/1352665/ce-quil-faut-savoir-sur-le-dome-de-fer-israelien.html>.
- Masih, Niha, Loveday Morris, Júlia Ledur, Samuel Granados, et Tim Meko. 2024. « Iron Dome, David's Sling, Arrow: Israel's Air Defense Against Iran, Explained ». *Washington Post*, 15 avril 2024. <https://www.washingtonpost.com/world/2024/04/15/israel-air-defense-iron-dome-iran/>.
- McKernan, Bethan, et Quike Kierszenbaum. 2024. « 'Everyone Knows Something's Going to Happen': Fears of a New War on Israel's Border with Lebanon ». *The Guardian*, 27 avril 2024. <https://www.theguardian.com/world/2024/apr/27/fears-of-new-war-israel-border-with-lebanon>.
- Rathbone, John Paul, et Mehul Srivastava. 2024. « Ukraine's Air Defence Struggle Highlights Risks to Israel ». *Financial Times*, 17 avril 2024. <https://www.ft.com/content/3599e470-c5aa-4e7e-b34c-4f157be956b6>.
- Reuters. 2024. « Polish PM, President at Odds Over European Sky Shield Initiative », 16 avril 2024. <https://www.reuters.com/world/europe/polish-pm-president-odds-over-european-sky-shield-initiative-2024-04-16/>.
- Ruitenbergh, Rudy. 2024. « French Navy Defends Use of Million-Euro Missiles to down Houthi Drones ». *Defense News*, 11 janvier 2024. <https://www.defensenews.com/global/europe/2024/01/11/french-navy-defends-use-of-million-euro-missiles-to-down-houthi-drones/>.

Samama, Pascal. 2022. « Israël dévoile un laser de 100 kW capable de détruire drones, roquettes et mortiers pour 3,5 dollars par tir ». *BFM Business*, 21 avril 2022. https://www.bfmtv.com/economie/entreprises/industries/israel-devoile-un-laser-de-100-kw-capable-de-detruire-drones-roquettes-et-mortiers-pour-3-5-dollars-par-tir_AN-202204210279.html.

Samama, Pascal. 2023. « Attaques du Hamas: comment fonctionne le Dôme de fer israélien ». *BFM Business*, 11 octobre 2023. https://www.bfmtv.com/economie/entreprises/defense/attaques-du-hamas-comment-fonctionne-le-dome-de-fer-israelien_AV-202310110401.html.

Starr, Michael. 2021. « Deadly Competition: The Iron Dome and the Gazan Rocket Race ». *The Jerusalem Post*, 31 mai 2021. <https://www.jpost.com/arab-israeli-conflict/deadly-competition-the-iron-dome-and-the-gazan-rocket-race-669182>.

Sullivan, Patrick, et John Amble. 2023. « What Happened to Iron Dome? A Lesson on the Limits of Technology at War ». *Modern War Institute*, 10 octobre 2023. <https://mwi.westpoint.edu/what-happened-to-iron-dome-a-lesson-on-the-limits-of-technology-at-war/>.

The New Arab. 2024. « Hezbollah Fire-Testing Israel's Iron Dome to Learn Weakness », 7 mars 2024. <https://www.newarab.com/news/hezbollah-fire-testing-israels-iron-dome-learn-weakness>.

Yaron, Oded. 2023. « 150,000 Missiles Aimed at Israel: How Far Does Hezbollah's Deadly Arsenal Reach ». *Haaretz*, 23 octobre 2023. <https://www.haaretz.com/israel-news/security-aviation/2023-10-23/ty-article-magazine/150-000-rockets-and-missiles-the-weapons-israel-would-encounter-in-a-war-with-hezbollah/0000018b-573d-d2b2-addf-777df6210000>.