



GREENPEACE

# Le risque venu du ciel – des drones survolent et menacent les centrales nucléaires françaises

Une analyse des risques à l'exemple des centrales nucléaires de Fessenheim, Cattenom et Gravelines

Un rapport d'Oda Becker, Phys. dipl., Hannover

Commandé par Greenpeace e.V. (Allemagne)

Avant-propos de Heinz Smital, expert des questions nucléaires à Greenpeace

Publié en novembre 2014

**Impressum** Greenpeace e.V., Hongkongstr. 10, 20457 Hamburg, Tel. 040/3 06 18-0 **Politische Vertretung Berlin** Marienstraße 19–20, 10117 Berlin, mail@greenpeace.de, www.greenpeace.de **V.i.S.d.P.** Susanne Neubronner **Fotos** Titel: Daniel Müller © Greenpeace  
**Stand** 11/2014

Zur Deckung unserer Herstellungskosten bitten wir um eine Spende: GLS Gemeinschaftsbank eG, BLZ 430 609 67, KTO 33401

**Gedruckt auf 100% Recyclingpapier**

# Inhalt

1. Introduction .....	6
2. Les drones – un risques réel pour les centrales nucléair es? .....	8
3. Vulnérabilité des centrales nucléaires françaises vis-à-vis des agressions .....	13
4. Scénarios d'une attaque terroriste à une centrale nucléaire à l'aide de drones ....	16
4.1 Attaque à l'explosif avec la participation d'agents internes et à l'aide de drones .....	16
4.2 «Bombardement» avec un AT-14 à l'aide de drones .....	17
4.3 Attaques terroristes aériennes à l'aide de drones .....	20
5. Limites des contre-mesures .....	23
6. Les effets des accidents graves .....	25
7. Conclusion .....	29
8. Notes de bas de page .....	32
9. Bibliographie .....	33



## Avant-propos

D'après les informations de l'entreprise Électricité de France (EdF), différentes installations nucléaires françaises ont fait l'objet, depuis le 5 octobre 2014, d'un survol par des drones. En date du 20 novembre 2014, on comptabilisait 31 vols au dessus de quinze centrales nucléaires, trois centres traitant du combustible et un centre de recherche nucléaire. Jusqu'à cette date, les services de sécurité ne sont pas parvenus à empêcher ces survols ni à déterminer leur origine et la motivation des pilotes. Même si l'unité spéciale de la Gendarmerie nationale créée en 2007 pour surveiller les centrales nucléaires a reçu l'ordre de neutraliser les objets volants, les survols ont continué au-dessus des installations nucléaires. Même si l'on ne sait toujours pas qui en est à l'origine, ces survols mettent en évidence de manière éclatante les failles dans la sécurité des installations nucléaires ainsi que l'incapacité des services concernés à trouver leur origine et à les empêcher.

Dans la présente expertise, la physicienne Oda Becker décrit les risques posés par ces survols. Si des rejets de radioactivité se produisaient dans les centrales nucléaires de Fessenheim, Gravelines ou Cattenom, qui font partie des centrales survolées par des drones, ce serait non seulement la France qui serait concernée, mais aussi l'Allemagne, la Suisse, la Belgique, le Luxembourg et différents autres pays.

La possibilité d'une attaque terroriste sur une installation nucléaire met en évidence un problème fondamental de sécurité. Le gouvernement allemand a d'ailleurs justifié la sortie du nucléaire décidée en 2002 par les risques terroristes auxquels sont exposées les centrales.

De plus, les activités terroristes de ces derniers mois dans le monde nous obligent à reconsidérer l'usage de l'énergie nucléaire en intégrant les questions de sécurité (*security*), qui s'ajoutent aux questions de sûreté (*safety*). Une attaque terroriste ne peut être exclue. Une sortie du nucléaire, comme elle a été décidée en Allemagne, en Suisse ou en Belgique contribue donc à protéger la population contre un attentat terroriste. Une sortie rapide du nucléaire doit aussi être discutée avec cette approche.

Une sortie du nucléaire ne devrait-elle pas être initiée au niveau européen ? Quelles garanties les exploitants des sites nucléaires et les autorités de surveillance peuvent-ils nous donner quant à la protection contre des attaques terroristes ? Les responsables doivent agir avant qu'un attentat conduise à un rejet majeur de radioactivité en Europe.

*Heinz Smital (Greenpeace Allemagne)*

## 1. Introduction

Ces dernières semaines, une série de drones jusqu'ici non-identifiés survolant des centrales nucléaires françaises a attiré l'attention du public et des autorités. Le groupe public Électricité de France (EdF), qui exploite les centrales nucléaires a communiqué fin octobre que des drones ont été observés depuis le 5 octobre survolant différents centrales nucléaires.

[TAGESSCHAU 2014].

Les survols ont été observés soit tard le soir, soit durant la nuit ou tôt le matin. Les survols observés le 19 octobre étaient au-dessus de quatre centrales nucléaires très éloignées les unes des autres ; le lendemain, trois autres centrales ont été survolées, ce qui suppose une action bien coordonnée. [NZZ 2014]

Selon les médias, les drones n'avaient pour certains qu'une envergure de 20 à 30 centimètres, mais d'autres, mesurant deux mètres, étaient potentiellement en mesure de transporter des petites quantités d'explosifs. Même après que le ministre français de l'intérieur eut affirmé que les unités spécialisées de la gendarmerie, chargées depuis 2007 de surveiller les centrales nucléaires, avaient entretemps reçu l'ordre de «neutraliser» ces objets volants, des drones non-identifiés survolèrent encore des centrales nucléaires françaises à plusieurs reprises.

[BZ 2014]

Ces survols n'étaient pas limités aux installations du groupe public Électricité de France (EdF) seulement, les installations du Centre d'études atomiques (CEA) de Saclay et l'usine du groupe Areva à La Hague ont aussi été survolées. Plus de 30 vols de cette nature ont été observés jusqu'à présent [GREENPEACE 2014].

Personne n'a pris part aux différentes spéculations sur l'arrière-plan des événements actuels. Le présent rapport d'expertise synthétique porte surtout sur la question du danger lié à de tels survols de drones, dans l'hypothèse où ceux-ci seraient réalisés par des organisations à but terroriste.

En France, 58 réacteurs nucléaires sont exploités sur 19 sites, parmi lesquels certains atteindront ces prochaines années une durée de fonctionnement de 40 ans. En plus du grand nombre de retraités escomptés dans un futur proche qui entrainera un manque de personnel spécialisé et expérimenté et du vieillissement du matériel lié aux contraintes élevées sur une période étendue, ce sont surtout les points faibles de conception qui représentent une protection insuffisante contre les agressions externes et un risque potentiel qui prend de plus en plus d'importance. Sur la base de la situation actuelle, on a étudié, à titre d'exemple, le risque potentiel lié à des attaques terroristes pour les sites nucléaires de Fessenheim, Gravelines et Cattenom, situés près de la frontière belge, luxembourgeoise, allemande et suisse.

À la suite des attentats terroristes du 11 septembre 2001 aux États-Unis, le débat public porte de plus en plus sur la menace d'attaques terroristes sur des points névralgiques. Sur une période prolongée, le débat public portait sur la menace d'attaques terroristes sur des centrales nucléaires, notamment avec des avions de ligne. On peut en effet imaginer de nombreux scénarios d'attaque. Ce sont en particulier les centrales nucléaires françaises les plus anciennes (réacteurs de 900 MW) qui sont menacées par une large variété de scénarios d'attaques terroristes potentielles ; en effet leur protection contre les risques venant de l'extérieur est insuffisante. En outre, en termes de protection contre les accidents, leur conception est inadéquate par rapport aux derniers progrès techniques et scientifiques.

Afin de peser les risques liés à des attaques terroristes, il est nécessaire de décrire de manière plus précise les scénarios possibles et d'évaluer les effets des moyens mis en œuvre pour une centrale donnée. En principe, le public est en droit d'être tenu au courant.

La probabilité d'une attaque terroriste ne peut pas être évaluée au moyen de la méthode classique du calcul des probabilités. Toutefois, l'expérience montre que si un groupe terroriste a décidé d'attaquer une cible particulière, la probabilité qu'il parvienne à son objectif est très élevée. Les pirates de l'air du 11 septembre 2001 avaient pu acquérir suffisamment de compétences en aéronautique pour atteindre leur but. En outre, ils ont réussi à s'emparer de tous les avions qu'ils avaient prévu de détourner.

## Note

Le débat portant sur les risques liés à des attaques terroristes ne doit comporter aucune indication ni considération d'instructions ou susceptibles d'être «utiles» dans la planification et la réalisation d'un attentat. C'est pourquoi les réflexions menées et les scénarios étudiés dans la présente expertise ont généralement été formulés avec beaucoup de retenue et des détails sensibles ont été volontairement omis. Les terroristes qui, par leurs compétences, leurs connaissances et leurs ressources, seraient en principe en mesure de réaliser des attaques efficaces, ne trouveront ci-après aucune information dont ils ne disposent déjà ou qu'ils ne puissent se procurer par ailleurs. Dans la présentation des scénarios et des résultats d'évaluation, on a toutefois pris garde à ce que ladite retenue dans les formulations n'entrave pas trop la compréhension ni la valeur de l'expertise.

## 2. Les drones – un risques réel pour les centrales nucléaires?

Dans les conflits armés, le déploiement de systèmes militaires sans présence humaine est en augmentation. En particulier, on utilise de plus en plus souvent des systèmes aériens armés (drones de combat) par exemple en Afghanistan, au Pakistan ou au Yémen [ALWARDT 2013]. On évaluera ci-après le potentiel de menace, actuel ou futur, de tels systèmes pour les centrales nucléaires (notamment françaises).

Le drone est un appareil volant sans pilote embarqué, soit télécommandé depuis un poste très éloigné, soit programmé à l'avance pour une ou plusieurs trajectoires. En principe, le drone est un système de transport réutilisable sans équipage, qui peut être doté de capteurs, mais aussi d'un armement. Les drones sont aussi désignés sous d'autres appellations courantes comme «objets volants sans occupants» (en anglais : Unmanned Aerial Vehicle, UAV) ou «systèmes volants sans occupants» (en anglais : Unmanned Aerial System, UAS). [ALWARDT 2013]

Les drones existent en différentes tailles, leur envergure allant de quelques centimètres jusqu'à la taille d'un avion commercial. La classification standard des drones distingue les catégories suivantes en fonction de la durée de vol, l'autonomie et l'altitude de vol:

- mini (1 heure/ quelques kilomètres / basse),
- tactique (plusieurs heures / < 300 km / basse à moyenne) et
- stratégique (> 20 heures/ > 1000 km/ moyenne à haute). [ALWARDT 2013]

À l'échelle mondiale, on estime que 900 types de drones différents sont actuellement en cours de développement, la plupart d'entre eux étant des appareils non armés. La plupart des drones utilisés aujourd'hui par les armées le sont comme systèmes de reconnaissance. Des modules de saisie composés de capteurs, caméras infrarouges, radars ou capteurs d'interception localisant et enregistrant des signaux du spectre électromagnétique fournissent des photos aériennes à haute résolution et transmettent des images en temps réel à l'aide de connexions satellitaires ou par radiocommunication terrestre, permettant ainsi de suivre les activités au sol en temps réel. [ALWARDT 2013]

Toutefois, il est aussi clair que les drones, en tant que moyen de reconnaissance, gagneront importance croissante dans l'avenir. Dans le cadre de cette fonction, la technologie des drones s'est développée rapidement les dernières décennies. [CSS 2010] La technique de reconnaissance militaire collecte, recherche et évalue des informations sur des adversaires réels ou potentiels. La reconnaissance opératrice et tactique ainsi que le renseignement stratégique sont la base pour les opérations militaires propres.

Pour les missions de reconnaissance sont utilisés par ex. les deux types de drones suivants : ALADIN, un drone miniature, étant actuellement en utilisation opérationnelle dans plusieurs pays membres de L'OTAN.<sup>1</sup> Le système ALADIN fournit en temps réel des informations de surveillance et reconnaissance détaillées. Il s'agit d'un système portable qui n'a pas besoin de piste de décollage. Ce drone a une longueur de 1,57 mètres et une envergure atteignant 1,46 mètres. La masse maximale de décollage est de 4 kilogrammes. [EMT 2014a]

Avec une autonomie de plus de 6 heures, LUNA est un système de reconnaissance sans équipage permettant de surveiller, reconnaître et localiser sa cible en temps réel sur une distance de 100 kilomètres. Grâce à la conception modulaire de charge utile, LUNA pourra être équipé dans l'avenir des charges utiles les plus modernes. Ses caractéristiques



spécifiques: la réalisation de vols planés sans moteur et le redémarrage du moteur. Le décollage se fait à partir d'une rampe de lancement munie d'une catapulte à élastique silencieuse qui peut être pliée pour le transport. [EMT 2014b]

Surtout les Etats Unis avaient commencé, il y a près de dix ans, à équiper d'armes les drones de reconnaissance (comme le *Predator*, le *Reaper*) ou à concevoir des drones de combat spéciaux sans équipage (*Unmanned Combat Aerial Vehicle, UCAV*) pour les utiliser de façon ciblée dans les attaques air-sol. On utilisait pour cela des missiles air-sol tels que le *Hellfire*, initialement développés pour les hélicoptères et les avions de chasse.<sup>2</sup> Ces aéronefs étaient employés pour la première fois durant la guerre au Kosovo. Équipés de dispositifs de marquage au laser, ils identifiaient les cibles potentielles à détruire ensuite à l'aide d'avions à équipage. Le développement des UCAV (drones de combat) s'oriente vers une augmentation de la charge utile, de la vitesse et une amélioration de la furtivité (c'est-à-dire les rendre quasiment invisibles aux radars). [ALWARDT 2013; CSS 2010]

Or, ce genre de drone exige, en fonction de la portée et du cadre opérationnel, d'une infrastructure complémentaire. Pour exploiter des drones dotés d'autonomie importante, on doit également disposer, entre autres, de pistes de décollage et d'atterrissage spécialement aménagées ainsi que d'installations d'entretien et d'armement. Même les petits drones exigent des dispositifs de décollage et d'atterrissage. En outre, des systèmes de navigation fiables sont indispensables, ainsi que des liaisons stables de données et de communication entre l'avion et le sol, permettant de piloter le drone. [ALWARDT 2013]

Raison pour laquelle on peut supposer qu'à l'heure actuelle des groupements terroristes ne possèdent pas ce genre de systèmes de drones armés. A l'avenir, cela pourrait changer : la possibilité que des terroristes ou des rebelles puissent s'emparer de drones pour réaliser des attaques contre des cibles qui étaient jusqu'à présent hors de leur portée, est considérée par les spécialistes comme une véritable menace. [ALWARDT 2013] Jusqu'à présent, dans les applications militaires, il n'y a pas de drones petits et faciles à transporter à armement «standard» ou par ex. sur lesquels sont embarqués des explosifs.<sup>3</sup>

Toutefois, selon les experts, des dépenses non négligeables de développement et d'essais sont nécessaires pour construire, à partir des composants disponibles dans le commerce, un drone d'une autonomie, d'une charge utile, d'une stabilité en vols plus importants et dotés d'un dispositif de pilotage amélioré. [ALWARDT 2013]

Pour des applications civiles, des drones miniatures sont déjà disponibles en différentes exécutions dans le commerce. Les drones d'application civile sont souvent nommés «multicopter» (tel que l'«Oktocopter») Ils sont surtout utilisés dans le domaine des prises de vues aériennes. Mais leurs possibilités d'utilisation sont multiples. Le groupe allemand Deutsche Post (courrier et logistique) exploite des drones nommés «Paketkopter» pour approvisionner en médicaments l'île de Juist, en mer du Nord (charge utile : 1,2 kg). [STERN 2014]

Selon des analyses menées par la Consumer Electronics Association (CEA) le commerce mondial des drones d'application civile atteindra en 2015 un volume de 130 millions de Dollars. Ce chiffre correspond à une augmentation de 55% par rapport au marché en 2014 et représente probablement 400 000 pièces. On suppose que, d'ici cinq ans, le chiffre d'affaires

réalisé avec la vente de drones franchira la barre d'un milliard de Dollars. Selon La CEA les drones sont utilisés entre autre pour protéger des manifestations sportives ou pour contribuer à des opérations de recherche et de sauvetage. De nombreuses applications sont possibles. [BUSINESS 2014]

Des drones d'application civile pouvant transporter quelques kilogrammes d'explosif sont certes rares, mais déjà disponibles dans le commerce.<sup>4</sup> Le drone HT-8 C180 par ex. peut embarquer une charge utile de 2,6 kg atteint une vitesse de 55 km/h et a une autonomie de 20 minutes [HEIGHTTECH 2014]. L'hexacopter, un aéronef à 6 bras et 12 moteurs en total, peut embarquer des charges utiles d'une masse maximale de 8 kg. Le fabricant fait de la publicité pour ses drones avec le slogan : petit drone – grand drone, à chacun son propre drone“ [GENERALVIEW 2014]

En Chine, on prend aujourd'hui déjà au sérieux le danger lié à ces drones miniatures : selon l'agence de presse officielle chinoise Xinhua, la Chine a développé un système de défense au laser destiné à la destruction des drones volant à basse altitude. Ainsi le dispositif laser peut-il éliminer de petits objets volants sans équipage dans un rayon de deux kilomètres. Le «tir» est effectué dans un délai de cinq secondes après détection de la cible. L'objectif de ces systèmes est de protéger contre des attaques terroristes. Selon la société de développement ce sont normalement les francs-tireurs et les hélicoptères qui doivent abattre ces drones, mais leur taux de réussite et d'exactitude est faible et peut entraîner des dégâts inopinés. Les drones sans équipage sont vendus à un prix relativement bon marché et facile à utiliser, ce qui les rend attrayants pour les terroristes. [PICHLER 2014]

Dans le cadre d'un scénario d'attaque terroriste, réalisé par ex. avec la participation d'agents internes, des drones chargés d'explosifs peuvent présenter un risque sérieux (voir chapitre 4.1).

Il est peu probable que ce genre de drone, pour peu qu'il soit chargé avec une petite quantité d'explosif et s'écrase n'importe où sur une centrale nucléaire, représente un risque immédiat pour la sécurité d'une centrale nucléaire. Par contre, un crash de plusieurs drones chargés de quelques kilogrammes d'explosifs pourrait mettre une centrale nucléaire dans une situation dangereuse. Si l'on peut s'attendre à une maîtrise d'une telle situation par les systèmes de sécurité de la centrale, voir des mesures d'urgence mises en œuvre, il n'est pas pour autant certain qu'il n'y aura pas de dissémination de particules radioactives suite à une telle attaque. Ce sont en particulier les centrales nucléaires françaises les plus anciennes qui sont vulnérables à cause de leur protection contre les risques venant de l'extérieur limitée et les insuffisances dans la conception de gestion d'incidents majeurs (voir chapitre 3).

*Il ne parait d'ailleurs pas impossible de détruire une source de courant externe et des éléments essentiels d'alimentation électrique de secours ou destinés à des besoins propres et /ou d'endommager encore d'autres composants ou parties de système.*

Lorsque la source de courant externe est détruite par des charges explosives, l'on ne pourra pas réparer celle-ci suffisamment rapidement. Si le passage à alimentation propre est manqué et l'alimentation électrique de secours tombe également en panne à cause de l'attaque ou de défauts non imputables à l'attaque, l'équipe de l'usine devra assurer l'alimentation électrique pour le système de refroidissement des combustibles au sein du réacteur et stockés dans la piscine de désactivation par des appareils mobiles.

Dans certaines conditions de service (remplacement des éléments combustibles) l'espace de temps relativement court disponible pour une intervention n'est que de quelques heures.

En cas de plusieurs incendies sur le site l'équipe pourrait être désespérément débordée et ne pourra plus entièrement empêcher d'éventuels rejets radioactifs. La Force d'Action Rapide du Nucléaire (FARN) pouvant secourir l'équipe du site n'est opérationnelle que dans un délai de 24 heures depuis la survenance de l'accident.<sup>5</sup>

Un court-circuit ou un incendie au niveau d'un transformateur peut produire des effets inopinés : Suite à un incendie au niveau du transformateur, ayant eu lieu en 2007 dans la centrale nucléaire allemande Krümmel, une série de pannes techniques et organisationnelles inopinées s'était produite et avait provoqué une baisse du niveau du réfrigérant dans la cuve sous pression du réacteur. A partir des expériences précédentes avec les centrales nucléaires de Fessenheim, Gravelines ou Cattenom on peut craindre que des pannes de systèmes ou de composants puissent aggraver la situation.

Avec des petites quantités d'explosif embarquées sur des drones on pourrait attaquer ainsi l'équipe du site ou le personnel de sécurité pour favoriser l'attaque terroriste de l'air, de l'eau et du sol.

Néanmoins, de tels drones miniatures constituent un danger s'ils devaient être utilisés en tant qu'élément spécifique d'un plan terroriste, ou d'une mission de « reconnaissance » au sens militaire. Les drones peuvent fournir des prises de vue détaillées du terrain, et renseigner sur les ressources et la stratégie des forces de sûreté. Ceci augmenterait considérablement la probabilité d'une réussite de l'attaque et constituerait un élément qui rend plus « prometteur » le plan d'un groupe terroriste.

Il ne s'agit pas de spéculer ici sur les auteurs des récents survols de drones, ni sur leurs motivations. On se penchera plutôt sur la question de savoir si ces survols constituent un danger, en admettant l'hypothèse qu'un groupe de personnes animées par un mobile terroriste ou criminel en soit responsable.

Le présent rapport d'expertise synthétique porte surtout sur la question autour des scénarios d'attaque terroriste pouvant causer un accident de fusion de cœur pratiquement irrévocable soient concevable, à savoir si une attaque pourrait provoquer des dégâts de sorte que la prise de mesures d'intervention pour empêcher la dissémination vers l'extérieur soit de nul effet. Au regard des faits, quant à la disponibilité et aux possibilités d'utilisation des drones ainsi qu'en prenant compte la vulnérabilité des centrales nucléaires françaises, trois cas de figure sont plausibles :

- L'assistance à une attaque à l'explosif préparée par des auteurs agissant de l'intérieur. On teste pour cela des approches aériennes réussies avec des drones.
- La préparation d'une attaque aérienne potentielle. On cherche en particulier à examiner la configuration du terrain et sa surveillance, d'autre part à évaluer simultanément l'efficacité des mesures de riposte.
- La préparation d'une attaque au sol. On relève pour cela les informations concernant le terrain et d'autre part on enregistre les mesures de sûreté actuellement mises en œuvre (l'effectif du personnel, les modes et délais de réaction etc.).

Ces trois cas de figure sont exposés et commentés ci-après.

Le grand nombre de survols constitue une démonstration de force de la part des responsables. On ne peut que spéculer sur leur objectif. Ainsi, le grand nombre de centrales survolées pourrait par exemple viser à attirer l'attention sur une grande surface afin de la détourner de la cible déjà choisie. D'autre part il se pourrait aussi que les responsables recherchent par cette méthode l'objectif le plus facile.

On peut également imaginer qu'une telle démonstration de force soit suivie d'une menace très sérieuse émanant d'un groupe terroriste ou criminel. La France, qui dépend de ses centrales nucléaires, pourrait se retrouver dans une situation contraignante. Aujourd'hui, le nucléaire représente environ les trois quarts de la production d'électricité française, cette part doit être ramenée à 50% d'ici à 2025.

L'idée d'attaquer une centrale nucléaire pourrait être attrayante pour un groupe terroriste, non seulement à cause d'un effet immédiat sur la production d'électricité, mais aussi à cause de son caractère symbolique et de l'attention mondiale attirée par un tel acte : L'énergie nucléaire est considérée un synonyme de progrès technologique. En plus, il s'agit d'une technologie portant des avantages au secteur civil et au secteur militaire. Or, une attaque sur une centrale nucléaire réussie dans un pays serait considérée une attaque réussie sur toutes les installations nucléaire du monde.

### 3. Vulnérabilité des centrales nucléaires françaises vis-à-vis des agressions

La France compte aujourd'hui 58 réacteurs à eau sous pression répartis sur 19 sites. Ils se répartissent en trois catégories (voir l'annexe A1) :

Avec ses réacteurs d'une puissance unitaire de 900 MWe chacun, la centrale nucléaire de Fessenheim fait partie du palier CPo et est la centrale la plus ancienne encore en activité en France (mise en service en 1978). Cette centrale nucléaire est située près de la frontière franco-allemande, à environ 30 km de la ville allemande de Fribourg.

Avec 6 réacteurs de 900 MWe (palier CP1), Gravelines est la centrale nucléaire la plus importante de France. Les réacteurs 1 à 4 ont été mis en service en 1980-81, tandis que les réacteurs 5 et 6 n'étaient mis en service qu'en 1985. Cette centrale nucléaire est située sur la côte française, à mi-chemin entre Calais et Dunkerque.

La centrale de Cattenom composée de 4 réacteurs de 1300 MWe fait partie du palier P'4. Les unités ont été mises en service industriel de 1987 à 1992. Cette centrale nucléaire est située au bord de la Moselle, à 9 km de la frontière du Luxembourg et près de la ville allemande de Trèves.

#### *Enceinte du réacteur*

Les réacteurs des centrales nucléaires de Fessenheim et Gravelines sont particulièrement vulnérables aux agressions externes dans la mesure où ils ne sont protégés que par une enceinte de confinement simple de faible épaisseur (90 cm). Ce genre de construction ne correspond plus à l'état actuel de la science et de la technique. Pour les projets de nouvelles constructions, on tient pour nécessaire une épaisseur d'environ 2 mètres.

L'enceinte de confinement renferme le circuit primaire et la cuve de pression du réacteur dans lequel se trouve le combustible. L'enceinte doit empêcher d'une part le passage de particules radioactives vers l'extérieur (par ex. en cas d'une fuite de réfrigérant) et d'autre part protéger le réacteur contre des incidences mécaniques extérieures.

Les réacteurs de la centrale de Cattenom sont déjà mieux conçus, pourtant ils ne sont toujours pas suffisamment protégés contre des agressions externes. Les réacteurs sont dotés d'une enceinte de confinement à double paroi, sauf que l'épaisseur des parois est également très faible avec 90 cm.<sup>6</sup>

#### *Bâtiment de désactivation*

Les barres de combustible nucléaire épuisées et extraites du cœur du réacteur sont stockées dans un bassin de désactivation pendant au moins 2 à 3 ans. Ce bassin de désactivation est situé dans autre bâtiment séparé et est insuffisamment protégé contre des agressions externes. Selon l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), ces bâtiments, ont, sur tous les sites, un toit en tôle mince et des murs en béton de faible épaisseur (30 cm). Des détails renseignant sur la construction des bâtiments de désactivation des barres épuisées ne sont pas disponibles. [LARGE 2012]

#### *Déficits de conception*

Les déficits actuellement connus chez les centrales nucléaires françaises, non seulement vis-à-vis des attaques terroristes mais aussi vis-à-vis les séismes et les inondations, sont nombreux. En outre, il est bien connu que les mesures de lutte contre un accident grave, surtout lorsque celui-ci implique plusieurs blocs du site à la fois ou la piscine de désactivation, sont inexistantes.

Les centrales les plus anciennes fonctionnant avec des réacteurs de 900 MWe notamment, mais aussi celles équipées de réacteurs de 1300 MWe, présentent une série de déficits de conception, qui augmentent tant les possibilités d'attaque que la «réussite» potentielle d'une attaque terroriste.

Pour illustrer ce cas, nous esquissons une panne de l'alimentation électrique (Station Black-out, SBO) sur le site de Fessenheim :

L'alimentation électrique de la centrale nucléaire de Fessenheim comprend un réseau principal et un branchement secteur de réserve. Lorsque l'alimentation électrique externe tombe en panne, l'alimentation devra être assurée par un générateur de blocs (circuit auxiliaire secouru). Lorsque le générateur de blocs tombe également en panne, le réacteur est arrêté rapidement par voie automatique. Les deux moteurs diesel électrogènes de secours pouvant assurer l'alimentation électrique de l'ensemble des systèmes importants pour la sécurité démarrent alors. Ces deux moteurs seraient suffisants pour alimenter et maîtriser les systèmes de sécurité nécessaires.<sup>7</sup>

En cas d'alimentation électrique de secours, l'alimentation régulière du générateur à gaz est coupée, raison pour laquelle le système d'alimentation de secours doit démarrer automatiquement. La vapeur vive doit être émise dans l'atmosphère à travers les soupapes de décharge (VCD-a (vannes de contournement de vapeur à l'atmosphère)). Le maintien de la pression au niveau du circuit primaire et l'alimentation de la quantité d'eau nécessaire au refroidissement du cœur par les pompes de réfrigérant ainsi que la boration exigée pour la mise en arrêt, doivent être assurés par le circuit de Contrôle Chimique et Volumétrique (RCV). [ÖKO-INSTITUT 2012]

L'alimentation électrique de secours à un niveau de redondance plus faible que celle des centrales nucléaires allemandes. Raison pour laquelle elle est susceptible de rencontrer des défauts. En outre, l'ensemble des circuits d'alimentation électrique de secours et/ou du système de refroidissement de maintien et de secours font recours à un seul réservoir par bloc, ce qui constitue une faiblesse particulièrement sensible du point de vue de la sécurité. [ÖKO-INSTITUT 2012]

A cause de la conception inadéquate et en vue des pannes de système et des dysfonctionnements de composants susceptibles de se produire (liés par ex. au vieillissement et/ou à une mauvaise culture de la sécurité en général) ni une alimentation électrique de secours sans défaut ni un fonctionnement des systèmes impliqués répondant aux exigences d'une situation d'urgence ne peuvent être considérés comme garantis.

Dans le cas d'une cuve de réacteur ouverte lors du remplacement des éléments combustibles avec une panne simultanée de l'alimentation électrique au niveau des deux blocs, le risque d'une exposition du cœur dans de telles conditions se présente au bout de quelques heures déjà.

A cause des défaillances existantes et en faveur de délais de réactivité et d'intervention réduits, l'Autorité française de sûreté nucléaire (ASN) impose la mise en place d'un «noyau dur» („Hardened Safety Core“) visant selon le concept à mettre en place des équipements assurant les fonctions vitales pour la sécurité en cas d'un événement majeur.<sup>8</sup> Ce „retro fitting“ ne devant être transposé seulement jusqu'à 2018, on ne prévoit pour la période transitoire uniquement la mise à disposition de petits groupes électrogènes au diesel de secours pour l'alimentation par batterie. [ÖKO-INSTITUT 2012]

A savoir, au moins jusqu'à 2018, subsiste le risque d'une panne majeure au niveau de l'alimentation électrique des deux blocs.

Parmi les défaillances additionnelles de la centrale de Fessenheim figurent [ÖKO-INSTITUT 2012] :

- Des mesures de prévention permettant, par ex. en cas d'agression externe, de garantir l'intégrité de la piscine ainsi que le maintien du niveau d'eau dans la cuve (empêchement de pertes d'eau suite à une fuite dans la tuyauterie adjacente) n'ont cependant pas encore été mises en place.
- A cause de l'emplacement des dispositifs de sécurité technique bien au-dessous du niveau du canal latéral du Rhin, il existe un risque potentiel d'inondation de l'ensemble du site.

#### *Culture de la sécurité*

En outre, il existe des indications qui laissent supposer que la culture de la sécurité est inadéquate dans les centrales nucléaires françaises : Lors de contrôles inopinés effectués en août 2011 dans la centrale de Cattenom, L'ASN a relevé 35 écarts au niveau d'éléments de sécurité importants. « Les nombreuses lacunes constatées et leur importance en matière de sûreté laissent supposer que l'exploitant de la centrale n'est pas grandement sensibilisé à la sécurité des installations ». [MAJER 2012] On peut donc en conclure que dans chaque centrale nucléaire existe un nombre important de défaillances non décelées pouvant contribuer, en cas d'accident grave, au dysfonctionnement de composants ou systèmes.

Une culture de la sécurité inadéquate continue à favoriser le risque d'un attentat terroriste avec la participation d'agents internes.

## 4. Scénarios d'une attaque terroriste à une centrale nucléaire à l'aide de drones

### 4.1 Attaque à l'explosif avec la participation d'agents internes et à l'aide de drones

Des auteurs d'attentats agissant de l'intérieur constituent une menace au moins aussi forte pour les centrales nucléaires que des attaques terroristes externes. C'est pourquoi la menace que représentent des acteurs internes est l'objet d'une grande attention dans les milieux internationaux spécialisés. Ainsi un expert a-t-il souligné lors de la conférence internationale sur la sécurité nucléaire (NUSEC)<sup>9</sup> que le danger le plus grave concernant les agents opérant de l'intérieur est leur connaissance en la matière : ils en disposent constamment, sans aucun contrôle. [HONELLIO 2005]

Des contrôles dits de fiabilité sont censés empêcher l'embauche dans des centrales nucléaires d'agents opérant potentiellement de l'intérieur. Certes, ces vérifications rendent la pénétration d'agents internes dans des centrales nucléaires plus difficile, mais elles n'éliminent pas entièrement ce risque. Ainsi a-t-on tout récemment appris qu'un djihadiste belge nommé Ilyass Boughalab a travaillé pendant trois ans en tant que technicien pour la société Vinçotte à Wilrijk, jusqu'à son départ en novembre 2012 pour la Syrie. De par sa fonction, il avait accès à la zone de sécurité de la centrale nucléaire de Doel. [BRUSSELS 2014]

Le manque actuel de main d'œuvre qualifiée et le recours accru à des entreprises extérieures augmentent, pour les terroristes, les possibilités d'être engagés, au moins à court terme, dans une centrale nucléaire. Lorsqu'un agresseur potentiel a réussi à obtenir un emploi au sein d'une centrale nucléaire, il peut recruter d'autres agents susceptibles d'opérer de l'intérieur, que ce soit par conviction idéologique, par corruption ou par chantage.

Une des mesures de protection les plus importantes contre les agressions d'agents en interne est le principe de surveillance mutuelle («double regard»). Mais ce principe est sans effet s'il existe plusieurs agresseurs internes. Il peut également être mis à mal par inattention, par négligence ou tout simplement par une mauvaise culture de la sécurité en général.

Pour des agents opérant de l'intérieur les possibilités d'intervention sont en premier lieu les actes de sabotage, par exemple sur des soupapes importantes pour la sécurité lors des opérations de remise en état ou d'entretien. Manifestement, un incident de cette nature s'est produit début août dans la centrale nucléaire de Doel (Belgique), où le bloc no 4 a dû être arrêté inopinément à cause de la fuite de 90 000 litres d'huile détectée au niveau des turbines à vapeur. L'autorité belge chargée de la lutte contre le terrorisme (l'OCAM) enquête sur ce cas [FLANDERS 2014].

Les scénarios potentiellement efficaces avec des agents opérant de l'intérieur sont multiples, mais celui qui paraît le plus simple à réaliser est l'attaque aux explosifs. Les plus dangereux sont les attentats au cours desquels l'explosif est placé de manière ciblée sur les points névralgiques de la centrale. Même de petites quantités d'explosif (de l'ordre de quelques kilogrammes) pourraient provoquer un accident de fusion de cœur entraînant d'importantes émissions de substances radioactives.

Mais dans le cas d'un attentat terroriste réalisé avec la participation d'agents internes, on peut s'attendre à ce que tout soit terminé et «réussi» en quelques minutes. On ne peut que douter que le personnel chargé de la sûreté d'une centrale nucléaire soit en mesure d'empêcher une attaque bien préparée. Des membres du personnel chargé de la sûreté pourraient même



être impliqués en tant qu'agents opérant de l'intérieur. On peut par exemple imaginer qu'ils introduisent eux-mêmes en fraude des armes ou des explosifs dans les bâtiments, ou qu'ils y apportent leur concours.

Les drones pourraient être utilisés alors comme soutien en vue d'un attentat à l'explosif. Il est concevable que plusieurs drones «livrent» l'explosif. On estime qu'un agent informé opérant de l'intérieur puisse provoquer un accident de fusion de cœur déjà avec bien moins de 10 kilogrammes d'explosif. En d'autres termes, une quantité d'explosif «livrable» sans problème à l'aide de drones, vue leur charge utile et la facilité apparente de survoler une centrale nucléaire sans obstacle. On ne peut pas exclure la possibilité que les auteurs des survols souhaitaient tester justement ce genre d'approche aérienne.

En outre, les drones pourraient favoriser l'attaque par une surveillance aérienne et/ou aggraver le personnel de la sécurité avec des petites charges d'explosif ou similaire.

## 4.2 «Bombardement» avec un AT-14 à l'aide de drones

Une étude menée en 2010 à la demande de Greenpeace Deutschland e.V. a étudié l'effet que pourrait avoir sur une des centrales nucléaires allemandes les plus anciennes une attaque à l'aide d'une arme antichar portable guidée. En raison de ses caractéristiques et des possibilités d'acquisition, l'arme retenue fut le lance-missile AT-14 (Kornet E).<sup>10</sup> Cette arme permet, outre son ogive à charge creuse, de lancer également des ogives thermobariques à grand effet destructif lorsque des substances combustibles sont employées. [BECKER 2010]

### *Lances-roquettes antichar*

La technologie de blindage améliorée et les blindages additionnels apportés aux véhicules de combat ont entraîné le développement de missiles guidés antichar portables ((ATGW = Anti-tank guided weapon) toujours plus performants. C'est avant toute l'efficacité des ogives qui a progressé très rapidement au cours des dernières décennies. A priori, on utilise des ogives à charge creuse, tandis que pour certains systèmes d'arme on a développé également des ogives thermobariques.

Les armes antichars modernes pourraient également être dirigées contre des centrales nucléaires : plus les armes sont efficaces, plus les effets d'une telle attaque pourraient être graves. L'accroissement des paramètres de performance des systèmes d'armes entraîne parallèlement une mise en danger potentiellement accrue pour les centrales nucléaires. La possibilité technique d'une séquence rapide de tirs conjuguée et d'un rechargement simple facilite une attaque et permettent de tirer plusieurs fois de suite sur le même but. De surcroît, le poids réduit et la manipulation simplifiée des systèmes d'armes modernes facilite leur maniement et a fortiori une attaque. [BECKER 2005]

Les armes antichars portables sont disponibles en grand nombre sur le marché noir puisqu'elles sont simples à transporter et cacher, et, surtout elles peuvent être employées très efficacement contre différentes cibles.

### *L'AT-14*

L'AT-14 est un missile guidé antichar portable ((ATGW = Anti-tank guided weapon) de la 3<sup>e</sup> génération, développé par la société russe KBP pour combattre des chars lourds (portée : 100 à 5.500 mètres). L'ogive standard est du type à charge creuse en tandem et perce un acier de blindage homogène de 1,2 m ou une paroi en béton d'une épaisseur de 3 m. À côté de l'ogive à charge creuse en tandem, il existe une ogive thermobarique conçue pour surmonter des cibles non blindées et des renforts. La puissance explosive de cette ogive correspond (selon les indications du fabricant) à celle de 10 kilogrammes d'explosif (TNT).

Le missile guidé est lancé directement à partir du conteneur de transport et de lancement, ce qui permet de disposer d'une arme prête à faire feu très rapidement, avec une séquence de tirs relativement rapide (la vitesse de chargement est de 30 s). Outre le dispositif optique de visée à la lumière du jour, le lanceur de missile sur trépied est équipé d'un viseur à image thermique permettant de détecter une cible de nuit. Il est ainsi possible de piloter simultanément deux lanceurs moyennant un seul appareil de visée et d'attaquer simultanément une seule cible avec deux missiles [ARMY 2014].

Globalement, il faut supposer qu'il serait possible pour des auteurs potentiels d'attentats d'acquérir illégalement des AT-14 avec leurs accessoires spécifiques. Il est possible que des ogives thermobariques aient déjà été utilisées ponctuellement par des terroristes, mais cela n'a pas pu être établi à 100 %.

L'AT-14 est vendu dans le monde entier. Les premiers systèmes opérationnels ont été fournis aux forces armées russes en 1994. Lors de l'IDEF (salon international de l'industrie de la défense) à Istanbul en 2009, ce même système d'armes fut l'une des meilleures ventes. [NOVOSTI 2007a,b; 2009]. Depuis, ce système d'armes a été exporté dans de nombreux pays<sup>11</sup> [ARMY 2014]. Le plus ces systèmes d'armes circulent à l'échelle mondiale, plus il deviendra facile pour des organisations terroristes de s'en procurer. Dans ce contexte, il est important de rappeler que l'armée irakienne a récemment employé cette arme dans la province de Diyala contre le groupe extrémiste dénommé État islamique (EI). [NOVOSTI 2014]

*Effet d'une ogive à charge creuse:* une ogive à charge creuse est un projectile métallique renfermant un cône évidé recouvert d'explosif. À l'impact sur la cible, le détonateur se déclenche donnant lieu à la mise à feu de l'explosif. Toute la force d'explosion se condense en un foyer générant une énorme onde de chaleur, le dard, qui atteint la cible à une vitesse très élevée, de plusieurs milliers de mètres par seconde. Les ogives des systèmes d'armes de troisième génération sont déjà en mesure de percer un blindage d'acier d'environ un mètre d'épaisseur ou de percer un mur en béton armé d'une épaisseur d'environ trois mètres.

*Effet d'une ogive thermobarique:* l'effet des armes à surpression thermobarique appelées aussi «bombes aérosols» (FAE = Fuel-Air Explosiv) repose sur le principe de la dispersion d'un gaz explosif dans l'air avant de déclencher l'explosion par ignition.<sup>12</sup> Une ogive thermobarique est composée d'un conteneur renfermant une substance pyrophorique. Pour déclencher l'explosion l'on utilise deux charges explosives : la détonation initiale disperse tout d'abord un fin nuage de brume explosive, un aérosol (mélange air-combustible) qui, de par sa consistance, se diffuse sur un large périmètre. Quelques dixièmes de seconde plus tard, la deuxième charge embrase ce nuage de brume explosive. La déflagration a lieu presque simultanément dans une énorme boule de feu d'un diamètre de 10 à 40 mètres.

L'effet principal des ogives thermobarique est obtenu par l'énorme onde de choc issue de la déflagration pouvant détruire des bâtiments et des équipements. L'effet de l'onde de choc perdure nettement plus longtemps qu'avec un explosif traditionnel. La surpression dans la détonation peut atteindre 3 MPa (30 bar). En dehors du nuage la vague de souffle se déplace à plus de trois kilomètres par seconde. En outre, les bombes aérosol ont un effet thermique sensiblement plus fort que les charges explosives conventionnelles. La température peut atteindre de 2500 à 3000 °C. D'autres dégâts se produisent par la dépression tout aussi brutale : L'explosion soustrait de l'oxygène de l'air ambiant et provoque ainsi une chute de pression en-dessous de la pression atmosphérique créant un flux d'air assez fort pour attirer des objets mobiles, ce qui entraîne d'autres destructions. Si l'on tire sur des locaux fortifiés comme un

bunker, le combustible peut y pénétrer et y occasionner des destructions considérables. [EC 2014; FAS 2014]

### *Scénario d'attaque*

Il y a quelques années, la Russie a effectué des essais de tirs afin d'étudier sur un modèle) la résistance du nouveau type de réacteur (de quatrième génération) face aux systèmes d'armes modernes. On utilisait entre autre le missile AT-14. Résultat : le scénario d'attaque choisi pour ces essais de tir pourrait engendrer un accident de fusion de cœur. [BECKER 2010]

On décrit ci-après le scénario d'une attaque potentielle avec le système d'armes AT-14. Il n'est pas dans l'intention du rédacteur de décrire l'approche la plus « efficace », mais de sensibiliser au risque potentiel et à l'éventualité d'une telle attaque.

Par analogie aux essais de tir russes on présume que deux groupes d'agresseurs avec au moins deux personnes chacun réalisent l'attaque. Au début de l'attaque, les terroristes guettent un lieu dissimulé à 100 jusqu'à 1000 mètres de distance du réacteur, une partie restreinte du bâtiment. Les deux groupes lancent à rythme séquentiel des projectiles à charge creuse en plusieurs double salve. Ensuite, sont lancées plusieurs ogives à charge thermobarique. A l'aide d'un viseur une même zone cible pourrait être visée.

Les projectiles à charge creuse pourraient percer sans problème la paroi extérieure en béton armé de l'enceinte de confinement qui ne comporte que 90 centimètres d'épaisseur. L'ardillon de la charge creuse perdrait alors environ un tiers de son énergie et il ne détruirait à la suite qu'un nombre limité de composants de sécurité importants, tout au moins dans certaines zones. Or, ces dégâts relativement limités seraient encore maîtrisables pour les systèmes de sûreté de la centrale.<sup>13</sup> Toutefois, vue la sensibilité aux « perturbations » des anciennes centrales nucléaires et les défaillances en matière de gestion d'incidents, le risque qu'un accident grave se produise, ne pourra pas être entièrement exclu.

Chacun des projectiles à charge creuse ne percerait qu'un très petit trou dans la paroi extérieure de l'enceinte de confinement. Sauf que le béton armé se briserait autour du trou percé. A cause de la précision inégale avec laquelle le but est atteint, il est concevable qu'un bombardement multiple de la même cible provoque un trou et la propagation de fissures dans la zone affectée de la paroi de l'enceinte. Une ogive thermobarique propulsée dans ce trou disperserait un aérosol à l'intérieur du bâtiment réacteur. L'effet des premières ogives thermobariques agrandirait le trou dans la paroi déjà endommagée. La puissance destructive des ogives thermobariques successives se propagerait alors très loin à l'intérieur de l'enceinte de confinement. L'onde de choc détruirait un grand nombre de composants de sécurité. A cause de la chaleur intense les capteurs et les circuits de commande tomberaient en panne. En tout état de cause, les explosions thermobariques ont un effet sur un périmètre très large entravant plusieurs éléments redondants à la fois. Très probablement, le refroidissement du cœur du réacteur tomberait en panne intégralement sans moyen de le faire redémarrer à court terme. Un accident de fusion du cœur serait pratiquement inévitable. Or, puisque l'enceinte de confinement serait endommagée (trou percé par les projectiles) il en résulterait l'accident le plus grave : Une fusion de cœur à enceinte de confinement ouverte.

### *En conclusion*

Les résultats issus des essais de tir russes permettent de tirer des conclusions quant aux effets potentiels d'une telle attaque sur une centrale nucléaire française. La protection externe des réacteurs de Fessenheim et Gravelines (comme celle de toutes les centrales nucléaires équipées de réacteurs de 900 MWe) est relativement faible. En même temps,

des tirs multiples avec un lance-missiles AT-14 seraient possibles depuis une distance de plusieurs centaines de mètres. Une telle attaque pourrait, à supposer que soient aussi utilisées des ogives thermobariques, causer un accident de fusion de cœur accompagné d'une dissémination non négligeable de particules radioactives.

Dans un tel scénario d'attaque, le bâtiment de stockage des éléments combustibles épuisés serait également gravement endommagé. Il y aurait probablement une fuite de réfrigérant au niveau de la piscine de désactivation et le refroidissement ne sera pas suffisamment rapidement remis en état. Conclusion : un accident grave entraînant d'importantes émissions de substances radioactives, voir chapitre 6.

Des drones peuvent servir à la préparation ou pendant l'exécution d'une telle attaque. Ainsi, pourrait-on choisir des cibles appropriées pour un bombardement «réussi» à partir du matériel photographique obtenu à l'aide des drones et analyser la performance et l'équipement du personnel de sécurité (routines, matériel, moyens de communication etc.). Pendant l'attaque les drones pourraient servir de moyen pour tenir en échec le personnel de sécurité avec des petites charges d'explosifs afin de pouvoir conduire à «bon terme» le scénario de bombardement.

### 4.3 Attaques terroristes aériennes à l'aide de drones

Dans le cas d'une attaque terroriste aérienne, de nombreux scénarios sont concevables au-delà de l'attaque réalisée à l'aide d'un avion de ligne. La menace d'une attaque terroriste aérienne est particulièrement élevée pour les réacteurs des centrales nucléaires de Fessenheim et Gravelines, comme d'ailleurs pour tous les 34 autres réacteurs français de la catégorie 900 MWe, puisqu'ils ne sont protégés des agressions extérieures que par une enceinte de confinement à paroi simple d'une épaisseur relativement faible (90 cm). On peut concevoir une attaque terroriste aérienne par exemple à l'aide d'un hélicoptère. Une telle attaque est relativement simple à réaliser puisqu'un hélicoptère est un aéronef très maniable. La disponibilité des hélicoptères étant suffisante, des terroristes pourraient envisager ce procédé comme moyen d'action.<sup>14</sup> Toutes les conditions techniques préalables à la «réussite» d'un tel scénario sont réunies avec l'hélicoptère.<sup>15</sup>

#### *Exécution du scénario d'attaque*

Pour pouvoir réaliser une telle attaque, un groupe terroriste devrait d'abord s'emparer d'un hélicoptère, embarquer une quantité importante d'explosif, voler avec l'hélicoptère chargé vers la centrale nucléaire et y faire éclater une grande quantité d'explosif.

**S'emparer d'un hélicoptère est possible relativement facilement pour des terroristes:** Les vols en hélicoptère même à titre privé correspondent à une tendance en pleine croissance. Dans nombreuses villes allemandes, on peut réserver un hélicoptère, par exemple pour des excursions aériennes. Il serait également concevable de détourner un hélicoptère avec son pilote, comme le démontre l'exemple suivant : à Bruges (Belgique), trois détenus se sont évadés d'une prison à l'aide d'un hélicoptère. Le pilote de l'hélicoptère avait d'abord été pris en otage par deux personnes qui avaient réservé un vol comme des touristes ordinaires.

[WELT 2009]

**L'embarquement d'une quantité importante en explosif est possible sans difficulté:** de nombreux endroits permettent de faire atterrir et redécoller un hélicoptère sans problème, la surface nécessaire étant relativement réduite. Ainsi, l'hélicoptère pourrait atterrir dans un lieu secret pour y embarquer des explosifs. La charge utile possible pour un hélicoptère

est de l'ordre d'une tonne. Même des hélicoptères plus petits peuvent embarquer plusieurs centaines de kilos. *La charge utile admissible d'un hélicoptère permet de charger une quantité non négligeable d'explosifs.*

**Il est manifestement possible d'atteindre la cible avec un hélicoptère:** Avec une vitesse de croisière supérieure à 200 km/h, un hélicoptère atteint une vitesse relativement élevée. L'approche d'une centrale nucléaire peut donc se faire très rapidement, de sorte que l'intention des terroristes n'est dévoilée que juste avant l'attentat. Avec une capacité de réservoir de plusieurs centaines de litres, un hélicoptère dispose d'un large rayon d'action (plusieurs centaines de kilomètres).

Grâce à un pilotage simple et précis, ainsi qu'à la possibilité d'atterrir même sur des surfaces réduites (par ex. sur les toits d'hôpitaux), l'hélicoptère est prédestiné aux interventions de sauvetage. Mais ces mêmes propriétés permettent à des terroristes d'utiliser un hélicoptère comme une arme contre une centrale nucléaire. *Des terroristes peuvent sans problème piloter un hélicoptère contenant une grande quantité d'explosifs pour le jeter sur ou contre l'enceinte de confinement d'un réacteur ou le bâtiment de désactivation des éléments combustibles usés. Les survols de drones observés ces dernières semaines mettent en évidence les faiblesses dans la défense aérienne des centrales nucléaires françaises. Surtout la défense contre de telles attaques aériennes potentielles. Ainsi, les drones observés pourraient avoir enregistré du matériel permettant de préparer en détail une attaque.*

**Le déclenchement d'une explosion sur des bâtiments est possible:** Il serait possible, à l'aide d'un hélicoptère, de mettre en œuvre plus de cent kilogrammes d'explosif. L'explosif pourrait être fixé à cet effet sur le bâtiment. L'effet destructeur d'un explosif est maximal lorsqu'il est installé directement sur la structure à détruire, et avec le meilleur contact possible. Pour installer la charge explosive et procéder à la mise à feu, un laps de temps de quelques minutes devrait être suffisant. Or cette durée n'est pas suffisante pour que les forces de sécurité ou la police, une fois prévenue, puissent empêcher l'attentat. Dans ces conditions, on doit partir du principe d'une action «réussie». D'autant plus, si *l'attaque est soutenue par la transmission d'informations sur la situation actuelle (position et activités du personnel de sécurité etc.) ou par une lutte ciblée contre le personnel de sécurité à l'aide de drones.*

Une autre possibilité serait un attentat-suicide, dans lequel le pilote d'un hélicoptère chargé d'explosif laisserait l'appareil s'écraser sur le bâtiment. Dans un tel cas, une grande quantité de carburant dans le réservoir de l'hélicoptère augmenterait encore l'ampleur des dommages potentiels. *En tout état de cause, il est fort probable que les terroristes puissent transporter à l'aide d'un hélicoptère une quantité importante d'explosifs dans un lieu considéré comme approprié.*

#### *Effet d'une attaque à explosif*

Les installations nucléaires ne sont pas conçues pour résister à la détonation de charges explosives. On considère que la protection contre les explosifs est obtenue par le fait que de telles substances explosives ne doivent pas être conservées à proximité d'une centrale nucléaire.

Un explosif largement répandu est le Trinitrotoluol (TNT) utilisé entre autre à des fins militaires, dans l'armement et pour des travaux de sautage dans le génie civil. Des calculs approximatifs ont permis d'évaluer la quantité de TNT nécessaire pour transpercer une enceinte de confinement à simple paroi en béton armé à l'aide d'une charge explosive posée dessus. Un hélicoptère peut sans aucun problème transporter plusieurs fois cette quantité. Il

en va de même pour les bâtiments dans lesquels sont stockés les éléments combustibles usés. Vue la quantité d'explosifs qu'un hélicoptère peut transporter, la destruction des structures à doubles parois de la centrale de Cattenom ne peut pas être exclue.<sup>16</sup>

Lors de l'explosion d'une telle quantité d'explosif ou de charges aussi puissantes, les retombées de blocs de béton de plusieurs tonnes, l'onde de choc et la secousse peuvent provoquer d'importantes destructions à l'intérieur de l'enceinte de confinement et interrompre le refroidissement du réacteur. L'envergure de la destruction ne permettrait pas le rétablissement d'un refroidissement approprié. Il en résultera, avec une forte probabilité, un accident de fusion de cœur suivi d'une dissémination non négligeable de particules radioactives.

Dans le cas d'une explosion au niveau du bâtiment de stockage des éléments combustibles épuisés, une dissémination non négligeable de particules radioactives est à craindre. Tous les bâtiments de désactivation des centrales nucléaires françaises ont une structure à paroi simple. Raison pour laquelle il est tout à fait possible que des explosifs provoquent des dégâts importants en provoquant une fuite de l'eau de refroidissement de la piscine de désactivation. Des contre-mesures appropriées sont inexistantes ou impossibles à mettre en œuvre et la dissémination de particules radioactives est alors inévitable. (Voir chapitre 6) Des drones peuvent servir à la préparation ou pendant l'exécution d'une telle attaque. Ainsi, les drones fournissent avec leur matériel photographique les renseignements détaillés permettant de déceler les lieux idéaux pour faire atterrir l'hélicoptère, les points appropriés pour installer les charges explosives et d'analyser l'équipement et les activités du personnel de sécurité (routine, matériel, moyens de communication etc.) Durant l'attaque, il serait possible aussi que les drones soient utilisés pour aggraver le personnel de sécurité avec des petites charges d'explosif afin de permettre l'installation des charges explosives et faire éclater celles-ci sans être perturbé.

### *En conclusion*

À l'examen de toutes les étapes nécessaires, une attaque terroriste réalisée à l'aide d'un hélicoptère constitue un scénario d'attaque relativement simple à exécuter, et qui, avec une forte probabilité, aura des conséquences catastrophiques. Les survols des drones ont illustré que les mesures de protection mises en places dans les centrales nucléaires françaises ne pourraient pas empêcher une telle attaque. Les drones pourraient bel et bien soutenir une attaque.

Note: Les autorités nationales de sécurité en Allemagne semblent considérer une telle attaque comme une menace. Ainsi a-t-on récemment posé des grilles sur l'un des bâtiments de la centrale nucléaire de Brokdorf, dont la raison d'être n'a pas été officiellement communiquée pour des raisons de confidentialité. Selon des spéculations, ces grilles devraient empêcher l'atterrissage d'hélicoptères. [SEIFERT 2014]

## 5. Limites des contre-mesures

**Arrêt du réacteur à court terme:** Il est en principe possible de réduire la vulnérabilité d'une centrale nucléaire vis-à-vis des agressions de toute nature en la mettant à l'arrêt. Cependant un arrêt visant à prendre en compte à court terme une menace aggravée n'a pas un grand intérêt.

Or la sûreté du réacteur pose un problème crucial : certes, il est possible d'interrompre la réaction en chaîne nucléaire par un arrêt d'urgence, mais il n'est pas possible d'arrêter le dégagement de chaleur issu de la désintégration du combustible (dite « puissance résiduelle »). Dans ces conditions, une éventuelle panne du système de refroidissement peut entraîner en peu de temps la fusion du cœur.

Après l'arrêt, cette chaleur diminue, au début plutôt rapidement. On pourrait donc tenter de réduire cette chaleur de désintégration et de ralentir les processus conduisant à la fusion du cœur en arrêtant le réacteur au moment adéquat.

Les estimations montrent que les arrêts devraient avoir lieu plusieurs semaines, voire plusieurs mois avant l'attaque pour dégager suffisamment de temps pour des mesures d'intervention adaptées. Mais dans tous les cas, les chances de succès des contre-mesures avec un réacteur à l'arrêt sont toujours bien meilleures. La dissémination de particules radioactives est également plus faible, puisqu'une partie des radionucléides à vie courte (par ex. l'iode  $^{131}$ ) sera déjà désintégrée dans une large mesure. [HIRSCH 2004]

**Renforcement de la protection des installations:** Une des options possibles pour se défendre d'attaques terroristes est de renforcer la protection des installations, par exemple à travers l'augmentation des effectifs du personnel de sécurité et l'amélioration de leur armement, la modernisation des grillages, l'ajout de barrières sur les voies d'accès, etc. Les détails concernant les mesures de cette nature ne sont pas publiés ; on a sans aucun doute fait avancer les pratiques de façon positive depuis le 11 septembre 2001.

Il est certain qu'avec de telles mesures, on améliore la protection contre des attaques au sol. Mais elles sont peu efficaces contre des attaques aériennes, comme les survols de drones l'ont démontré.

Chacune des centrales nucléaires françaises est surveillée par une unité spéciale de la gendarmerie. Selon les médias, les gendarmes ont reçu le 30/10/2014 l'autorisation de tirer sur les drones survolant le site d'une installation nucléaire, avec toutefois l'interdiction de tirer en direction des installations nucléaires [LU-WORT 2014]. La vraie question est d'ailleurs de savoir quelle arme est appropriée. Dans tous les cas, les survols ont continué au-dessus des centrales nucléaires même après l'autorisation de tir.

**Zones d'exclusion aérienne et lutte aérienne:** En France, il est interdit de survoler des installations nucléaires dans un périmètre de cinq kilomètres et à une altitude inférieure à 1000 mètres. C'est l'armée de l'air française qui est chargée de la surveillance de cet espace aérien. Certes, les zones d'exclusion aérienne au-dessus des centrales nucléaires réduisent le risque d'un crash accidentel, mais cette mesure est sans effet en cas d'attaque ciblée, comme avec un hélicoptère. La faible efficacité de ces zones d'exclusion aérienne a été mise en évidence par les survols des drones.

De même, les intercepteurs des forces aériennes ne peuvent contribuer que de façon limitée à la protection des centrales nucléaires françaises. En théorie, il serait possible d'abattre un hélicoptère dont l'intention terroriste est détectée à temps, par l'intervention des chasseurs

militaires dument avertis. Pourtant, on ne peut guère espérer que les intercepteurs arrivent au bon moment, puisqu'il leur faut, une fois l'alarme donnée, au moins 15 minutes pour décoller et quelques minutes supplémentaires pour atteindre la centrale nucléaire. Pendant ce temps, un hélicoptère peut parcourir quelque 70 km. Il est plutôt invraisemblable que l'intention terroriste de l'équipage de l'hélicoptère soit déjà détectée à cette distance.

### *En conclusion*

Notamment les centrales les plus anciennes fonctionnant avec des réacteurs de 900 MWe, mais aussi celles équipées de réacteurs de 1300 MWe, présentent une série de déficits de conception qui augmentent la «réussite» potentielle d'une attaque terroriste. C'est un fait que la mise en œuvre de mesures passives plus rigoureuses sur les sites des centrales nucléaires ne permet pas de compenser.

Globalement, on ne peut que mettre en doute l'efficacité de l'ensemble des mesures de protection. Toutes les mesures de protection peuvent être contournées par l'imagination d'un agresseur et/ou par une force de frappe adaptée et un armement approprié, au service d'un commando d'agresseurs. Cela vaut pour les attaques au sol, mais plus encore pour les attaques aériennes ou celles depuis l'eau, ou à plus forte raison pour des attaques mixtes. La plupart du temps, le risque d'attaques terroristes sur des centrales nucléaires est délibérément minimisé. On affirme que les centrales nucléaires sont suffisamment sécurisées, or, pour des motifs de confidentialité on ne pouvait pas communiquer des détails. Cette affirmation a été réfutée de manière impressionnante par les survols des drones. Apparemment, les exploitants et les autorités sont impuissants à mettre fin aux survols. D'autre part, les mesures de sécurisation mises en place sur les sites devraient être connues après des vols de reconnaissance exhaustifs.

On ne pourrait atteindre un niveau élevé de protection, qui offrirait une véritable chance de contrecarrer une attaque, qu'à travers une sécurisation militaire de grande ampleur, c'est-à-dire à travers un stationnement de troupes terrestres avec des positions d'artillerie, des batteries de défense antiaérienne, des vedettes rapides et des nageurs de combat, etc. Mais une telle militarisation de l'industrie de l'énergie apparaît incompatible avec l'idée d'une société démocratique ouverte. [HIRSCH 2004]

En outre, de telles mesures engendreraient d'autres risques spécifiques : Les armes peuvent être déclenchées par erreur ou par un défaut technique. Des civils peuvent être victimes de mesures défensives déclenchées en raison d'une menace supposée ou réelle.

Les armes utilisées peuvent également provoquer des dommages à la centrale nucléaire, ou même être employées délibérément contre la centrale si des proches du personnel militaire ont été corrompus ou recrutés par d'autres moyens par des organisations terroristes. Même la prise d'assaut ou la prise de contrôle des postes d'artillerie par des terroristes ne peut être totalement exclue. [HIRSCH 2004]



## 6. Les effets des accidents graves

### *Scénario d'accident au niveau du cœur du réacteur*

Les scénarios d'attentats décrits dans la présente expertise provoqueraient selon toute vraisemblance une perte non maîtrisable de réfrigérant dans les réacteurs attaqués, entraînant ainsi un accident de fusion de cœur. Il s'agit même en l'occurrence de la variante la plus dangereuse et la plus lourde de conséquences pour un accident de fusion de cœur : une fusion du cœur avec enceinte de confinement ouverte. Les disséminations de particules radioactives commencent dans ce cas particulièrement tôt (dans un délai de quelques heures) car l'enveloppe de sécurité n'offre plus aucune retenue même temporaire. En outre, ces rejets sont particulièrement élevés. En effet, lorsque la dispersion est retardée, une partie des radionucléides dégagés par la fusion du combustible est précipitée sur des surfaces plus froides du bâtiment. Dans le cas d'une enceinte de confinement endommagée, voire ouverte, ce facteur de réduction de la dissémination vers l'extérieur n'existe pas. Le délai de préalerte pour la dissémination de particules radioactives n'est alors que de quelques heures. Les quantités de radionucléides volatils (par ex. le césium 137) disséminés se situent dans une plage de 50 % à 90 % de l'inventaire du cœur.

### *Scénario d'accident au niveau des bassins de désactivation*

Dans les centrales nucléaires françaises, les bassins de désactivation des combustibles usés ne se situent pas à l'intérieur de l'enceinte de confinement, mais dans un bâtiment voisin distinct. En raison de la faible épaisseur des parois et de la toiture de ce bâtiment, la piscine de stockage est particulièrement vulnérable. Une attaque terroriste causant de graves dommages à ce bâtiment peut entraîner un écoulement de l'eau de refroidissement.<sup>17</sup> À cause de la puissance résiduelle, cela a pour effet un réchauffement du combustible qui y est entreposé. Le combustible déchargé depuis peu du réacteur génère une production de chaleur relativement élevée, et peut atteindre en l'espace de quelques heures une température de 900 °C. À cette température, le gainage des crayons de combustible, constitué de zircaloy, commence à brûler à l'air libre. Un tel incendie a une température très élevée ; il est impossible de l'éteindre à l'eau. Il peut se propager dans la piscine à d'autres combustibles plus anciens, qui d'eux-mêmes ne s'échaufferaient pas aussi vite. Au final, un tel incendie peut conduire à la fusion de tout l'inventaire du bassin de stockage [ALVAREZ 2003]. L'inflammation du zircaloy à l'air libre est favorisée si, lors d'une attaque terroriste, les éléments combustibles du bassin sont également endommagés, par ex. par des retombées de gravats ou des éclats. Les copeaux de zircaloy peuvent s'enflammer dès 200°C environ. En cas de fuite du réfrigérant dans la piscine de désactivation, toute intervention est pratiquement quasiment impossible. Dès que l'eau s'est écoulée du bassin, on perd non seulement son effet réfrigérant mais aussi l'effet écran de l'eau contre le rayonnement. Le niveau de rayonnement augmenterait considérablement non seulement aux alentours du bassin, mais aussi dans d'autres zones du bâtiment. Au bord du bassin, les débits de dose peuvent atteindre 100 Sv/h environ. [ALVAREZ 2003] A proximité du bassin, l'exposition d'une durée de quelques minutes peut être mortelle. À une distance de 20 m, les débits de dose peuvent encore avoisiner 1 Sv/h [ASN 2011].

Les graves dommages au bassin de stockage entraînent d'importantes émissions de substances radioactives. Le niveau des émissions pour ce scénario n'a pu être déterminé jusqu'à ce jour ni expérimentalement, ni par des analyses exactes. Toutefois, une étude

américaine fournit des valeurs d'orientation indiquant que 10 à 100% de l'inventaire en césium contenu dans la piscine, seraient disséminés hors du bâtiment [ALVAREZ 2003]. A Cattenom, la piscine de désactivation est conçue pour un stock total de 630 éléments combustibles épuisés. [ASN 2011] Toutefois, une partie des unités d'accueil (193) doit être gardée libre pour des épuisements imprévus. Dans ces conditions, en exploitation normale, il est prévu un stock maximal de 437 éléments combustibles,<sup>18</sup> ce qui représente quand même plus du double des éléments présents dans le cœur. Par conséquent, les émissions du radionucléide significatif, le césium 137, auxquelles il faut s'attendre à la suite d'une attaque terroriste telle qu'envisagée ci-dessus, sont du même ordre de grandeur que celles issues du cœur du réacteur. Elles peuvent dépasser de loin celles-ci.

#### *Conséquences d'ordre radiologique*

En cas d'accident de fusion de cœur avec enceinte de confinement ouverte, il ne reste que très peu de temps pour évacuer la population. En cas d'échec de l'évacuation et en fonction des conditions météorologiques, des centaines de milliers de personnes seront exposées à des doses de rayonnement nocives ou même mortelles. En proximité de la centrale, il est fort probable que les personnes soient atteintes du syndrome d'irradiation aiguë et les personnes à distance plus grande souffriront d'effets à long terme (surtout du cancer et des altérations génétiques héréditaires).

L'Allemagne n'est qu'insuffisamment préparée à un accident nucléaire. Ceci a été décelé lors d'un exercice de communication entre l'état fédéral et les Länder placé dans le contexte d'une catastrophe nucléaire dans la centrale nucléaire Emsland le 17 septembre 2013. Lors de cette simulation, la population n'a été avertie qu'au moment où le nuage radioactif avait déjà atteint des millions de personnes.

A l'aide des résultats de l'évaluation FlexRisk, il est possible de décrire les conséquences potentielles issues d'un accident excédant les conditions de conception d'une centrale [FLEXRISK 2014].<sup>19</sup> Dans le cadre du projet FlexRisk, on a pu calculer les dépôts de CS 137 sur la base de 88 scénarios météorologiques réels sur une année représentative (1995). Pour chacun des réacteurs de Fessenheim, Gravelines et Cattenom on avait présumé une émission de 30% de l'inventaire du cœur en césium 137. Les émissions consécutives aux attaques terroristes évoquées plus haut pourraient même être plus élevées. On trouvera ci-dessous une sélection de quelques résultats, présentés et commentés. Les dépôts de césium 137 identifiés y sont illustrés car ils sont considérés un indicateur pour les contaminations sur le temps long terme. Selon l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique (AIEA), les territoires dont la valeur de contamination du sol par le césium 137 est supérieure à 40 kBq/m<sup>2</sup> sont considérés comme contaminés puisque, au cours de la première année, la population y serait exposée à une dose efficace de plus de 1 mSv [LELIEVELD 2012].

#### *Centrale nucléaire à Gravelines*

A des conditions météorologiques semblables à celles du 1er janvier 1995, une bande étroite du territoire français et du sud de l'Allemagne serait fortement contaminée après la dissémination de substances radioactives dans l'environnement et la valeur de contamination du sol par le césium 137 s'élèverait à 1000 kBq/m<sup>2</sup> environ. De surcroît, presque toute la Suisse et un large périmètre du territoire autrichien seraient également contaminées. Dans le cas d'une diffusion de particules radioactives dans des conditions météorologiques pareilles à celles du 2 septembre 1995, le territoire belge serait fortement touché.

### *Centrale nucléaire de Fessenheim*

Lors d'un rejet de substances radioactives dans des conditions météorologiques du 29 juin 1995, le territoire français serait le plus touché. La Belgique serait quasiment entièrement contaminée. Par ailleurs, une région dans l'ouest de l'Allemagne serait contaminée.

Dans un autre exemple, basé sur des conditions météorologiques similaires à celles du 25 janvier 1995, le territoire Allemand serait principalement touché par la libération de substances radioactives. Avec 1000 kBq/m<sup>2</sup>, les dépôts de césium 137 contamineraient un large périmètre, voire même la Suède risquerait de faire face à la contamination sur de larges périmètres.

### *Centrale nucléaire de Cattenom*

A des conditions météorologiques semblables à celles du 11 mai 1995, une bande étroite du territoire français serait fortement contaminée par la libération de substances radioactives et la valeur de contamination du sol par le césium 137 s'élèverait à plus de 1000 kBq/m. De surcroît, une part de l'Italie serait également touchée.

Lors d'un rejet de particules radioactives dans l'environnement dans des conditions météorologiques similaires à celles du 9 octobre 1995, le Luxembourg serait non seulement entièrement affecté mais aussi fortement contaminé. De fortes charges radioactives se présenteraient également en Belgique, aux Pays bas et en Allemagne.

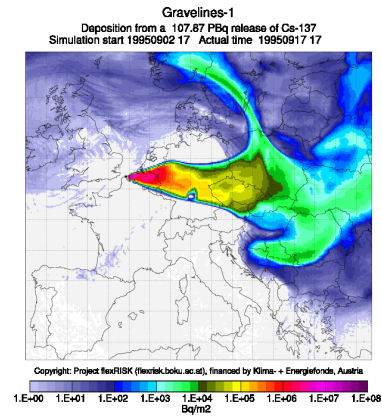
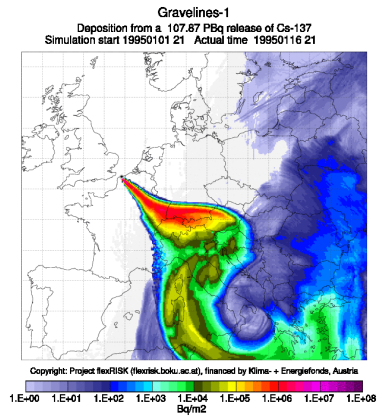


Illustration : Dépôts potentiels de césium 137 après un accident grave dans la centrale nucléaire de Gravelines

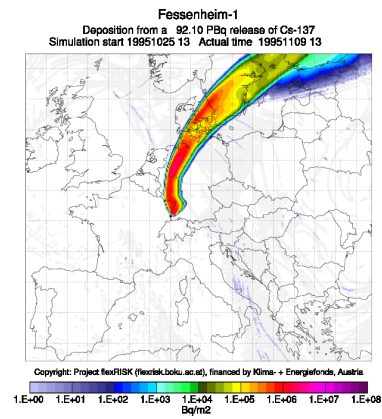
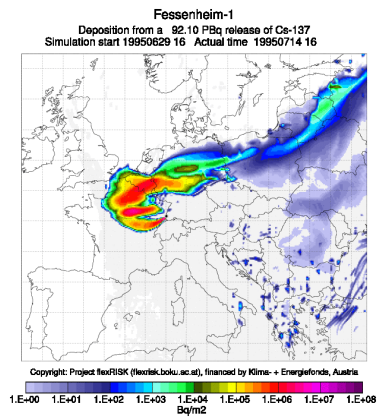


Illustration : Dépôts potentiels de césium 137 après un accident grave dans la centrale nucléaire de Fessenheim

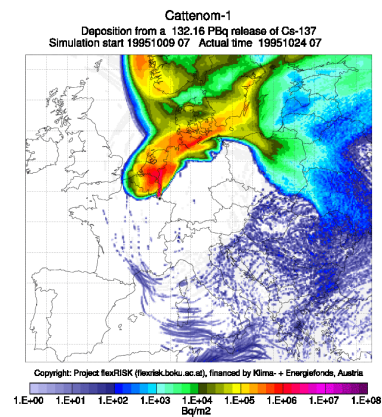
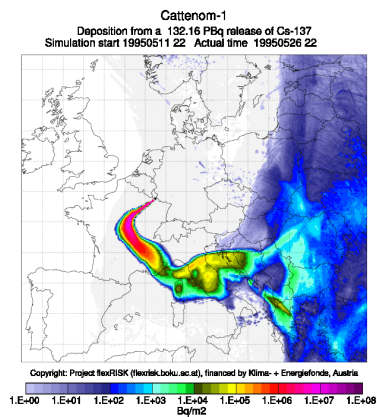


Illustration : Dépôts potentiels de césium 137 après un accident grave dans la centrale nucléaire de Cattenom

## 7. Conclusion

En résumé, on constate dans la présente expertise synthétique que, contrairement à ce qui est prétendu par les autorités et les exploitants, les survols de drones observés depuis le début d'octobre 2014 représentent bel et bien un danger. Non seulement les survols des drones, mais aussi l'incapacité des autorités de sécurité démontrée au niveau de l'enquête sur cette affaire et l'empêchement de telles actions, donnent toutefois lieu à de vives inquiétudes.

La plupart du temps, le risque d'attaques terroristes sur des centrales nucléaires est délibérément minimisé. On affirme que les centrales nucléaires sont suffisamment sécurisées, or, pour des motifs de confidentialité on ne pouvait pas communiquer les détails. Cette affirmation a été réfutée de manière impressionnante par les survols des drones.

Apparemment, les exploitants et les autorités sont impuissants à mettre fin aux survols.

D'autre part, les mesures de sécurisation mises en place sur les sites devraient être connues après des vols potentiels de reconnaissance exhaustifs.

Se plaçant dans l'hypothèse qu'un groupe de personnes animées par un mobile terroriste ou criminel soit responsable des survols des drones, on a analysé dans la présente expertise synthétique le danger qui en résulte.

Dans les applications militaires, les drones, même les plus petits du genre portable, prennent de plus en plus d'importance dans la reconnaissance et la surveillance d'adversaires potentiels. Dans le cadre de cette fonction, la technologie des drones s'est développée rapidement les dernières décennies.

Dans le domaine militaire, il n'existe pas pour le moment de drones de petite taille, transportant des charges légères, qui seraient dotés «en standard» d'un armement ou d'explosifs.

Toutefois, les drones d'application civile conçus pour des charges utiles de quelques kilogrammes, pouvant donc embarquer par ex. des explosifs, sont déjà disponibles dans le commerce.

A la lumière des déficits de conception et de la sensibilité accrue aux perturbations, surtout des 34 centrales nucléaires les plus anciennes en France, on ne peut pas exclure le risque d'une attaque réalisée à l'aide de drones sur lesquels des explosifs sont embarqués et envoyés vers des points névralgiques d'une centrale nucléaire de façon à provoquer un incident qui ne puisse plus être maîtrisé par le système de sécurité mis en place sur le site et capable de faire échouer toute mesure de protection mise en œuvre par le personnel du site en cas d'urgence lors d'un accident de centrale nucléaire et qui entraînera un rejet de matières radioactives.

Le présent rapport d'expertise synthétique porte surtout sur la question autour des scénarios d'attaque terroriste pouvant causer un accident de fusion de cœur pratiquement irrévocable soient concevable, à savoir si une attaque pourrait provoquer des dégâts de sorte que la prise de mesures d'intervention pour empêcher la dissémination vers l'extérieur soit de nul effet.

Au regard des faits quant à la disponibilité et aux possibilités d'utilisation des drones ainsi qu'en prenant compte la vulnérabilité des centrales nucléaires françaises de Fessenheim, Gravelines et Cattenom, trois cas de figure sont concevables:

- Option N° 1 : Les drones soutiennent une attaque aux explosifs menée par des agents opérant de l'intérieur. On estime qu'un agent informé opérant de l'intérieur pourrait provoquer un accident de fusion de cœur déjà avec bien moins de 10 kilogrammes d'explosif. En d'autres termes, une quantité d'explosif «livrable» sans problème à l'aide d'un nombre limité de drones, vue leur charge utile et la facilité apparente de survoler

un centrale nucléaire sans obstacle. On ne peut pas exclure la possibilité que les auteurs des survols souhaitaient tester justement ce genre d'approche aérienne.

- Option N° 2 : Un bombardement de l'enceinte de confinement avec des missiles guidés antichar du type AT-14 à une distance de plusieurs centaines de mètres pourrait provoquer un accident de fusion de cœur qui entraîne un rejet important de matières radioactives dans l'environnement, à condition également que des ogives thermobariques soient employées. Les survols de drones pourraient ainsi avoir eu comme but d'explorer des détails du site et du système de sécurité qu'y est mis en place. En outre, les drones pourraient favoriser l'attaque par une surveillance aérienne et/ou agresser le personnel de la sécurité avec des petites charges d'explosif ou similaire.
- Option N° 3 : La préparation d'une attaque aérienne potentielle effectuée à l'aide d'un hélicoptère. Dans ce cas, les drones sont utilisés comme moyen fournissant des prises de vue détaillées du terrain, et de renseignement sur les ressources, la stratégie et l'efficacité des forces de sûreté de l'exploitant et des autorités. Les drones sont alors à considérer comme un «ballon d'essai». On peut ainsi analyser des détails sur le terrain et sa sécurisation. Les survols des drones prouvent que les mesures de sécurité mises en place sont inefficaces. Apparemment, ceci est valable non seulement pour le cas d'actions inattendues, mais également pour des actions à prévoir.

Les trois scénarios d'attaque terroriste démontrent chacun la forte probabilité d'un accident de fusion de cœur avec enceinte de confinement ouverte à la suite d'une attaque sur le bâtiment du réacteur. Les rejets radioactifs prévisibles seraient particulièrement élevés dans ces circonstances et se présenteraient déjà au bout de quelques heures après l'attaque. Ainsi il resterait très peu, probablement trop peu de temps pour gérer une évacuation massive de population.

Dans un tel scénario d'attaque, le bâtiment de stockage des éléments combustibles épuisés serait également gravement endommagé. En somme, il en résulterait un accident grave accompagné d'importants rejets radioactifs.

Il n'existe pas pour le moment, des mesures qui permettent de réduire à un minimum la vulnérabilité d'une centrale nucléaire en cas d'une attaque terroriste. Un arrêt du réacteur ne promet une sécurité accrue seulement si celui-ci est effectué quelques semaines avant l'attaque. Seulement dans ce cas-là, la chaleur de désintégration aurait suffisamment diminuée pour gagner nettement plus de temps à la prise de contre-mesures efficaces. Il est incertain que le temps soit suffisant pour empêcher les rejets, toutefois on gagnerait plus de temps pour les mesures de protection de la population. Cela étant, l'Autorité française de sûreté nucléaire (ASN) devrait sérieusement considérer l'arrêt des réacteurs, tout au moins jusqu'à la clarification des incidents.

L'évaluation des effets radiologiques que comporte un accident grave déclenché par une des attaques terroriste décrites ci-dessus sur un réacteur d'une des centrales nucléaires de Cattenom, Fessenheim ou Gravelines prouve qu'en fonction des conditions météorologiques, de nombreux pays seraient affectés par la contamination du sol sur un large périmètre, particulièrement la Belgique, l'Allemagne, le Luxembourg, la Suisse et la France.

*Afin de pouvoir évaluer et peser de façon intégrale les risques nucléaires, il est impératif de prendre en compte l'ensemble du spectre des risques entraînés par la terreur. En principe, le public est en droit d'être tenu au courant. D'autre part, il faut éviter de façon sûre que des détails critiques en matière de vulnérabilité des centrales nucléaires décelés dans le cadre de l'examen, ne soient pas publiés puisqu'ils pourraient être exploités abusivement comme moyens utiles de renseignement et «instructions au maniement» pour réaliser des attaques. En outre, il faut veiller strictement à ce que des idées «inédites» pour de nouveaux scénarios, jusqu'ici non concevables, et pouvant inviter à l'imitation, ne soient esquissés que très grossièrement. La présente expertise synthétique a été dressée sous l'aspect du respect systématique de cette optique.*

## 8. Notes de bas de page

- 1 Les troupes allemandes ISAF utilisent le drone ALADIN pour des vols de reconnaissance sur Kaboul et les montagnes d'Afghanistan.
- 2 En matière de drones tactiques, Israël est le principal exportateur mondial. Ainsi les forces armées indiennes, russes et allemandes sont-elles équipées de drones de fabrication israélienne.
- 3 On trouvera en annexe A2 un tableau présentant quelques drones militaires.
- 4 On trouvera dans l'annexe A2 un tableau présentant quelques drones militaires.
- 5 La Force d'Action Rapide du Nucléaire (FARN) doit pouvoir se rendre à n'importe quel site français en panne dans un délai de 24 heures depuis la survenance de l'accident pour alimenter l'installation à l'aide de systèmes mobiles et de personnel qualifié et bien préparé.
- 6 Des données supplémentaires sur les enceintes de confinement figurent dans l'annexe A2.
- 7 En addition, la centrale de Fessenheim est dotée d'une turbine à gaz. Ainsi le groupe électrogène est diversifié. L'inconvénient est que les deux blocs ont une conception mono-circuit ce qui implique que l'on ne peut pas exclure leur panne, à la limite celle-ci serait simple à provoquer.
- 8 Parmi les équipements à mettre en place pour un noyau dur protégeant contre des défaillances de conception et autres, figurent un groupe électrogène (mobile) au diesel, une pompe autonome assurant l'alimentation en eau de la piscine de désactivation, des réservoirs du système d'alimentation de secours des générateurs de vapeur (ASG) ainsi que l'alimentation du système PTR (refroidissement de l'eau de piscine et traitement de l'eau de piscine) depuis un puits de pompage des eaux souterraines ou un lac.
- 9 Nuclear Energy and Security, Université de Salzbourg, 20 – 23 Juillet 2005
- 10 Kornet-E est la dénomination russe tandis que le nom utilisé par l'OTAN est AT 14.
- 11 Syrie, Jordanie, Émirats Arabes Unis, Koweït, Arabie saoudite, Turquie, Inde, Maroc, Algérie et Grèce.
- 12 Des explosions de mélanges d'essence et d'air ont déjà plusieurs fois provoqué des accidents catastrophiques dans des raffineries.
- 13 En général, les systèmes de sécurité sont conçus à sécurité quadruple afin d'assurer le refroidissement du cœur du réacteur en cas de panne d'un élément du système. Les éléments constitutifs du système à structure «redondante» tels que les pompes, les soupapes, l'alimentation électrique etc. sont séparés physiquement.
- 14 En 2009, 944 hélicoptères étaient immatriculés en Allemagne et 2 528 personnes étaient titulaires d'une licence de pilotage d'hélicoptères. [BVBS 2009].
- 15 Le BK 117 B2 et l'EC 135, deux hélicoptères largement utilisés en Allemagne entre autres pour le sauvetage aérien ou pour la police, ont les caractéristiques techniques suivantes : Vitesse de croisière: 241 km/h; autonomie : 785 ou 575 km, charge embranchée maximale : 920 ou 1210 kg; capacité du réservoir de carburant : 720 ou 772 litres [ADAC 2010].
- 16 Il existe des explosifs bien plus brisants que le TNT, capables de développer une l'onde de choc en un temps considérablement plus court. On peut s'attendre à des dégâts particulièrement graves lorsque des charges explosives militaires sont employées.
- 17 Les conséquences radiologiques d'une attaque terroriste dépendent de la gravité de l'attaque et surtout de la question s'il y a une fuite au niveau des piscines. Si la piscine reste intacte et seulement le système de refroidissement tombe en panne, des conditions critiques ne se présenteront qu'après plusieurs jours, à moins que le cœur soit intégralement déchargé au moment de l'attaque. Dans ce cas, il ne restent que quelques heures pour la mise en place de mesures d'intervention. [LARGE 2012] Durant le remplacement des éléments combustibles, le cœur du réacteur est transféré intégralement vers la piscine de désactivation.
- 18 Les piscines de désactivation des réacteurs de la centrale nucléaire de Fessenheim peuvent accueillir au maximum 313 éléments combustibles chacune et celles de la centrale nucléaire de Gravelines 382 chacune. En tenant compte de la réserve à garder pour des épaissements imprévus, ceci implique 156 unités d'accueil dans la centrale de Fessenheim et 255 à Gravelines. Chacun des cœurs de réacteur reçoit 157 éléments combustibles. Les capacités suivantes existent : palier CP0 : 313 éléments de combustibles, paliers CP1 et CP2 : 382 éléments de combustibles, palier P4 : 459 éléments de combustibles, palier P'4 : 630 éléments de combustibles, palier N4 : 612 éléments de combustibles [ASN 2011])
- 19 Dans le cadre de ce projet, on a étudié la répartition géographique du risque en cas d'accidents graves se produisant dans des centrales nucléaires en Europe. Sur la base de termes sources et de la fréquence d'accidents, on a calculé à l'aide du modèle actuel de dispersion et en fonction de 2800 situations météorologiques différentes la contamination dans la couche proche du sol entraînées par un grave accident nucléaire.
- 20 [http://www.emt-penzberg.de/uploads/media/ALADIN\\_de\\_01.pdf](http://www.emt-penzberg.de/uploads/media/ALADIN_de_01.pdf) und <http://www.army-technology.com/projects/emt-aladin-uav/>
- 21 <http://www.army-technology.com/projects/honeywell-thawk-mav-us-army/>
- 22 <http://www.army-technology.com/projects/puma-unmanned-aircraft-system-us/> und [http://www.avinc.com/uas/small\\_uas/puma/](http://www.avinc.com/uas/small_uas/puma/)
- 23 <http://www.army-technology.com/projects/rq11-raven/>
- 24 <http://www.army-technology.com/projects/luna/>
- 25 <http://www.army-technology.com/projects/shadow200uav/>
- 26 [http://www.deutschesheer.de/portal/a/heer!/ut/p/c4/04\\_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP315EyrpHK9jNTUlR2S1OSMvMxsvZzStBK-97Kp8\\_YJsR0UAzD2Fiw!/](http://www.deutschesheer.de/portal/a/heer!/ut/p/c4/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP315EyrpHK9jNTUlR2S1OSMvMxsvZzStBK-97Kp8_YJsR0UAzD2Fiw!/)
- 27 <http://www.army-technology.com/projects/hunter> und <http://www.iai.co.il/2013/18898-16401-en/IAI.aspx>
- 28 <http://www.general-view.com>
- 29 <http://heighttech.com>



## 9. Bibliographie

- ADAC 2010 Die ADAC-Hubschrauber-Flotte auf einen Blick, [www.adac.de](http://www.adac.de), eingesehen im März 2010
- ALVAREZ 2003 Reducing the Hazards from Stored Power-Reactor Fuel in the United States, R. Alvarez et al.; Science & Global Security, Vol. 11, No. 1 (2003), S. 1-60
- ALWARDT 2013 Braucht Deutschland Kampfdrohnen? Christian Alwardt, Michael Brzoska, Hans-Georg Ehrhart, Martin Kahl, Götz Neuneck, Johann Schmid, Patricia Schneider. Hamburger Informationen zur Friedensforschung und Sicherheitspolitik Ausgabe 50/2013; Hamburg, Juli 2013
- ARMY 2014 Army-technology: Kornet E Anti-Armour Missile, Russia, [www.army-technology.com/projects/kornet/](http://www.army-technology.com/projects/kornet/), eingesehen im November 2014
- ASN 2011 Complementary Safety Assessments of the French Nuclear Power Plants (European "Stress tests"), Report by the French Nuclear Safety Authority, December 2011
- BECKER 2005 Studie zu den Auswirkungen eines Beschusses der im Standort-Zwischenlager Krümmel aufbewahrten Behälter des Typs CASTORâ V/52 mit panzerbrechenden Waffen, Oda Becker, Dezember 2005
- BECKER 2010 Terrorangriff mit einer panzerbrechenden Waffe (AT 14) auf ältere deutsche Atomkraftwerke; Oda Becker; erstellt im Auftrag von Greenpeace Deutschland e. V.; September 2010; [www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/KURZ\\_Panzerbrechende\\_Waffen\\_14092010\\_0.pdf](http://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/KURZ_Panzerbrechende_Waffen_14092010_0.pdf), eingesehen im November 2014
- BRUSSELS 2014 Belgian jihadist, former worker at Doel nuclear plant, dies in Syria, Thursday, 16 October 2014 15:45; <http://www.thebrusselstimes.com/belgium/item/1154-belgian-jihadist-former-worker-at-doel-nuclear-plant-dies-in-syria>; eingesehen im November 2014
- BUSINESS 2014 Bussinessportal24: Unbemannte Systeme im Anflug auf die International CES 2015, 7. November 2014; <http://www.businessportal24.com/de/unbemannte-systeme-im-anflug-auf-die-international-ces-2015.html>; eingesehen im November 2014
- BVBS 2009 Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Beantwortung Frage Nr. 200 von Herrn Peter Hettlich MdB, Berlin, 01.07.2009
- BZ 2014 Drohnen in Frankreich. Wer schickt Drohnen über die Atommeiler? 30.10.2014; <http://www.berliner-zeitung.de/politik/drohnen-in-frankreich-wer-schickt-drohnen-ueber-die-atommeiler-,10808018,28900304.html>
- CSS 2010 Drohnen: Militärischer Nutzen und politische Debatten; CSS Analysen zur Sicherheitspolitik; Nr. 78; ETH Zürich; Juli 2010; <http://www.css.ethz.ch/publications/pdfs/CSS-Analysen-78.pdf>; eingesehen im November 2014
- EC 2014 EconomicsExperts: Thermobaric Weapons, [www.economicexpert.com/a/Fuel:air:explosive.htm](http://www.economicexpert.com/a/Fuel:air:explosive.htm), eingesehen im November 2014
- EMT 2014a ALADIN Mini-Luftaufklärungssystem; EMT; [http://www.emt-penzberg.de/uploads/media/ALADIN\\_de\\_01.pdf](http://www.emt-penzberg.de/uploads/media/ALADIN_de_01.pdf); eingesehen im November 2014
- EMT 2014b LUNA Luftaufklärungs- und Überwachungssystem; EMT; [http://www.emt-penzberg.de/uploads/media/LUNA\\_de\\_01.pdf](http://www.emt-penzberg.de/uploads/media/LUNA_de_01.pdf); eingesehen im November 2014
- FAS 2014 Federation of American Scientists (FAS): Fuel/Air Explosive (FAE), [www.fas.org/man/dod-101/sys/dumb/fae.htm](http://www.fas.org/man/dod-101/sys/dumb/fae.htm), eingesehen im November 2014
- FLANDERS 2014 Flanderstoday: Anti-terror office joins investigation of sabotage at Doel. Alan Hope; 11.08.2014; <http://www.flanderstoday.eu/business/anti-terror-office-joins-investigation-sabotage-doel>; eingesehen im November 2014
- FLEXRISK 2014 The Project „flexRISK“: Flexible Tools for Assessment of Nuclear Risk in Europe; <http://flexrisk.boku.ac.at/en/projekt.html>; eingesehen im November 2014
- GENERALVIEW 2014 Unbemannte Flugsysteme; <http://www.general-view.com>; eingesehen im November 2014
- GREENPEACE 2014 Drohnen über Atomkraftwerken, Philipp Brandstädter, 08.11.2014; <http://www.greenpeace.de/themen/energie/wende/atomkraft/drohnen-ueber-atomkraftwerken>
- HEIGHTTECH 2014 Height-Tech Drohnen - der Inbegriff von Windstabilität und Flugpräzision; <http://heighttech.com/produkte/>
- HIRSCH 2004 Terrorangriffe auf deutsche Atomkraftwerke, Darstellung der Gefahren und Bewertung der Gegenmaßnahmen unter besonderer Berücksichtigung der Gegebenheiten an den Standorten Biblis und Brunsbüttel; Helmut Hirsch, Oda Becker, Wolfgang Neumann; Bericht für Greenpeace Deutschland e.V.; Überarbeitete Fassung; Hannover, April 2004
- HONELLIO 2005 Sabotage vulnerability of nuclear power plants; A. L. Honnellio u. S. Rydell; Konferenzbeitrag „Nuclear Energy and Security (NUSEC)“, Universität Salzburg, 20.–23.07.2005
- LARGE 2012 Vulnerability of French Nuclear Power Plants to Aircraft Crash, John Large; im Auftrag von Greenpeace Frankreich; April 2012
- LELIEVELD 2012 Global risk of radioactive fallout after major nuclear reactor accidents, J. Lelieveld, D. Kunkel, and M. G. Lawrence Atmos. Chem. Phys., 12, p.4245-4258, 2012.
- LU.-WORT 2014 Luxemburger Wort: Rätselraten über Drohnen: Wer steckt dahinter? 03.11.2014; <http://www.wort.lu/de/international/sicherheit-der-franzoesischen-atomkraftwerke-raetselraten-ueber-drohnen-wer-steckt-dahinter-545740b6b9b39887080826ed>; eingesehen im November 2014
- MAJER 2012 Abschlussbericht zum Kernkraftwerk Cattenom; Dieter Majer; erstellt unter der Mitwirkung des Ministeriums für Gesundheit Luxemburg, des Ministeriums für Umwelt, Energie und Verkehr des Saarlandes und des Ministeriums für Wirtschaft, Klimaschutz, Energie und Landesplanung Rheinland-Pfalz. Februar 2012
- MAKHIJANI 2012 Post-Fukushima Nuclear Safety in France: Analysis of the Complementary Safety Assessments (CSAs), Makhijani, A. (IEER); Marignac, Y. (Wise); March 2, 2012
- NOVOSTI 2007a Russische Informations- und Nachrichten Agentur Novosti: Russland liefert wieder Waffen in den Nahen Osten, 19.06.2007, <http://de.rian.ru/safety/20070619/67446073.html>, eingesehen im März 2007

NOVOSTI 2007b	Russische Informations- und Nachrichten Agentur Novosti: Waffenmarkt: Algerien kann Indien und China bei Waffenkäufen in Russland übertreffen, 05.04.2007, <a href="http://de.rian.ru/business/20070405/63137770.html">http://de.rian.ru/business/20070405/63137770.html</a> , eingesehen im März 2010
NOVOSTI 2009	Russische Informations- und Nachrichten Agentur Novosti: Russische Panzerabwehr-Raketen sorgen für Furore auf IDEF-2009, 30.04.2009, <a href="http://de.rian.ru/safety/20090430/121393495.html">http://de.rian.ru/safety/20090430/121393495.html</a> , eingesehen im März 2010
NOVOSTI 2014	Russische Informations- und Nachrichten Agentur Novosti: Irakische Armee setzt erstmals russisches System Kornet gegen IS-Kämpfer ein; 22.09.2014; <a href="http://de.ria.ru/security_and_military/20140922/269607104.html">http://de.ria.ru/security_and_military/20140922/269607104.html</a> ; eingesehen im November 2014;
NZZ 2014	Neue Züricher Zeitung: Mysteriöse Drohnen über französischen AKW; 1.11.014; <a href="http://www.nzz.ch/panorama/mysterioese-drohnen-ueber-franzoesischen-akw-1.18416151">http://www.nzz.ch/panorama/mysterioese-drohnen-ueber-franzoesischen-akw-1.18416151</a>
ÖKO-Institut 2012	Ökoinstitut/Physikerbüro: Analyse der Ergebnisse des EU Stresstest der Kernkraftwerke Fessenheim und Bezau; Teil 1: Fessenheim; Christoph Pistner, Mathias Brettner, Christian Küpper, Stephan Kurth, Simone Mohr. Im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg; Darmstadt, 11.10.2012
PICHLER 2014	Presstext (Nachrichtenagentur): China testet erfolgreich Anti-Drohnen-Laser; Schnelles System soll verstärkt zur Terrorabwehr eingesetzt werden. Pichler, 03.11.2014; <a href="http://www.presstext.com/news/20141103016">http://www.presstext.com/news/20141103016</a> ; eingesehen im November 2014
SEIFERT 2014	umweltFairaendern.de: "VS-vertraulich" – Atommeiler und Anti-Terror-Schutz – Rechte Dritter bleiben auf der Strecke; Dirk Seifert 6. Mai 2014 <a href="http://umweltfairaendern.de/2014/05/vs-vertraulich-atommeiler-und-anti-terror-schutz-rechte-dritter-bleiben-auf-der-strecke/">http://umweltfairaendern.de/2014/05/vs-vertraulich-atommeiler-und-anti-terror-schutz-rechte-dritter-bleiben-auf-der-strecke/</a> , eingesehen im November 2014
STERN 2014	Stern: Juist wird von „Paketkopter“ angefliegen; 24. September 2014, <a href="http://www.stern.de/wirtschaft/news/dhl-testet-drohnen-juist-wird-von-paketkopter-angeflogen-2140565.html">http://www.stern.de/wirtschaft/news/dhl-testet-drohnen-juist-wird-von-paketkopter-angeflogen-2140565.html</a> ; eingesehen im November 2014
TAGESSCHAU 2014	Regierung leitet Untersuchung ein, Drohnen über Frankreichs Atommeilern; 30.10.2014; <a href="http://www.tagesschau.de/ausland/drohnen-ueber-akw-in-frankreich-101.html">http://www.tagesschau.de/ausland/drohnen-ueber-akw-in-frankreich-101.html</a>
WELT 2009	Die Welt: Drei Häftlinge fliehen per Helikopter; 23.07.2009; <a href="http://www.welt.de/vermishtes/article4180865/Drei-Haeflinge-fliehen-mit-dem-Helikopter.html">http://www.welt.de/vermishtes/article4180865/Drei-Haeflinge-fliehen-mit-dem-Helikopter.html</a> ; eingesehen im November 2014

## Annexe

### A1: Sites et types de centrales nucléaires en France

La France compte aujourd'hui 58 réacteurs à eau sous pression répartis sur 19 sites. Ils se répartissent en trois catégories (paliers en fonction du type construction) [ASN 2011] :

- 34 réacteurs de la catégorie 900 MWe, répartis en paliers
  - CPo (**Bugey, Fessenheim**),
  - CP1 (**Le Blayais, Dampierre-en-Burly, Gravelines, Tricastin**) et
  - CP2 (Chinon, Cruas-Meyse, **Saint-Laurent-des-Eaux**),
- 20 réacteurs de la catégorie 1300 MWe, répartis en paliers
  - P4 (**Flamanville, Paluel, Saint-Alban**) et
  - P4' (**Belleville-sur-Loire, Cattenom, Golfech, Nogent-sur-Seine, Penly**)
- 4 réacteurs de la catégorie 1450 MWe ou
  - N4 Serie (**Chooz, Civaux**).

En „gras“, sont mises en relief les centrales nucléaires desquelles on sait qu'il y a eu des survols de drones jusqu'à maintenant (à l'état du 08/11/2014).

## A2: L'enceinte de confinement des centrales nucléaires françaises

**Table 1: Caractéristiques d'une enceinte de confinement d'un réacteur du palier 900 MWe et 1300 MWe [MAKHIJANI 2012]**

	réacteurs à eau sous pression du palier 900 MWe	réacteurs à eau sous pression du palier 1300 MWe
Construction d'enceinte de confinement	à paroi simple [m]	à double paroi [m]
Rayon intérieur	18,50	22,50
Hauteur du bâtiment	60,35	65,95
Épaisseur de la paroi	0,90	0,90
Épaisseur de la paroi de la coupole	0,80	0,95
Revêtement intérieur	0,006	Inexistant

## A3: Caractéristiques techniques de quelques drones d'application militaire et civile

**Table 2: Caractéristiques techniques de quelques drones à application militaire**

Dénomination	Pays/Constructeur	Autonomie [h]	Vitesse [km/h]	Portée/longueur/hauteur [m]	Poids [kg]	Charge utile [kg]	En application depuis / chez les forces militaires
ALADIN <sup>20</sup>	Allemagne/EMT	1	40–70	1,46/1,57/0,38	4		2005/Allemagne, Pays bas
Honeywell RQ -16 T-Hawk <sup>21</sup>	États-Unis/Honywell Aeospace	46	85	0,36	7,7		2007/États-Unis
Puma AE <sup>22</sup>	États-Unis/AeroVironment	3,5	83	2,8/1,4	6,1		2012/ États-Unis, Danemark, Suède
RQ -11 Raven <sup>23</sup>	États-Unis/AeroVironment	1,5	32–81	1,4	1,9		2003/ États-Unis, Royaume-Uni, Australie, Italie, Danemark, Pays bas, Espagne, République tchèque
LUNA <sup>24</sup>	Allemagne/EMT	6	70	4,17/2,36/0,87	40	4	2000/Allemagne
RQ -7 Shadow 200 <sup>25</sup>	États-Unis/AAI Cooperation	6–7	148–250	4,27/3,4/0,86	90 (Leer)	25,3	2004/États-Unis, Suède, Italie, Australie
KZO <sup>26</sup>	Allemagne/Rheinmetall	2,5	120–210	3,42/2,26/0,96	168	30	2005/Allemagne
RQ -5A Hunter <sup>27</sup>	USA, Israël/Northrop Grumman	21	250	10,50/6,90/1,7	885	100	1996/États-Unis, France, Belgique

**Table 3: Caractéristiques techniques de quelques drones à application civile**

Dénomination	Fabricant/source	Charge utile [kg]	Vitesse [km/h]	Diamètre/hauteur [m]	altitude de vol [m]	Autonomie [min]
Y-Copter		4				
Oktocopter	General View (Allemagne) <sup>28</sup>	6				
Hexacopter		8				
HT-6 (Hexacopter)		1,8	60	0,63/0,35		14
HT-8 (Octocopter)	High-Tech GmbH (Allemagne) <sup>29</sup>	2,65	70	0,90/0,45		20
HT-8 C180 (Octocopter)		2,60	65	1,00/0,26		18

## ➔ **Kein Geld von Industrie und Staat**

Greenpeace ist international, überparteilich und völlig unabhängig von Politik, Parteien und Industrie. Mit gewaltfreien Aktionen kämpft Greenpeace für den Schutz der Lebensgrundlagen. Mehr als eine halbe Million Menschen in Deutschland spenden an Greenpeace und gewährleisten damit unsere tägliche Arbeit zum Schutz der Umwelt.