

Disparition dans un trou noir

Première observation des phases de la vie d'un trou noir.

En 1992, le télescope spatial *Sigma* découvrait GRS 1915+105, un microquasar de notre Galaxie. Cet objet est constitué d'un trou noir entouré d'un disque de matière autour duquel gravite une étoile géante. En observant cette source à plusieurs longueurs d'onde, nous avons mis en évidence plusieurs phases : le moment où la matière du disque d'accrétion disparaît dans le trou noir, suivi par le remplissage du disque d'accrétion par la matière issue de l'étoile et par la formation d'un nuage de particules de grande énergie au voisinage du trou noir.

À la fin de leur vie, les étoiles les plus massives s'effondrent en un trou noir, une région de l'espace d'où ne s'échappe ni matière ni lumière. Le trou noir est délimité par un horizon, une surface immatérielle dont rien ne peut s'échapper. Dès lors, comment s'assurer de la présence d'un tel astre d'où rien ne sort ? Selon la théorie, un trou noir est caractérisé par sa masse : un astre dense de masse supérieure à trois fois la masse du Soleil est un trou noir.

Cependant, des incertitudes demeurent et certaines étoiles à neutrons subsisteraient avec une masse supérieure à cette limite. La présence d'un horizon est une manière de caractériser un trou noir sans ambiguïté. Peut-on voir cet horizon ? Pas directement, mais on peut

observer la disparition de la matière à l'intérieur.

La taille du disque d'accrétion autour d'un trou noir est proportionnelle à la masse de ce dernier. Le temps caractéristique de l'évolution de la matière dans le disque d'accrétion est ainsi d'autant plus grand que le trou noir est massif. Les quasars lointains ont des masses voisines de un milliard de masses solaires, et la durée typique d'une variation dans le disque est de plusieurs milliers d'années. La découverte du microquasar GRS 1915+105 dans notre Galaxie fut une aubaine : la masse du trou noir est de quelques masses solaires et les variations attendues durent de quelques secondes à quelques minutes, aisément mesurables lors d'une campagne d'observation.

Déjà des observations de cette source dans le domaine X, à l'aide du Télescope spatial *Rossi*, avaient révélé des oscillations attribuées à la disparition et au remplissage du disque d'accrétion du trou noir. D'autre part, des observations dans le domaine radio avaient montré des bouffées de gaz chaud (du plasma) éjectées dans deux directions opposées. Pour comprendre l'enchaînement de ces événements, des observations à plusieurs longueurs d'onde étaient nécessaires.

Le 15 mai, puis le 9 septembre 1997, nous avons pointé les antennes du VLA (*Very Large Array*, ou «Très grand réseau»), qui observe à des longueurs d'onde centimétriques, en direction de GRS 1915+105. Simultanément, avec le télescope britannique infrarouge UKIRT, nous avons observé cette source dans l'infrarouge, à 2,2 micromètres. Les rayonnements X de longueur d'onde comprise entre 0,0206 et 0,62 nanomètre (ce qui correspond à une énergie comprise entre 2 et 60 kiloélectronvolts) furent également enre-

gistrés à l'aide du Télescope *Rossi*. Le rayonnement X est émis par le gaz chaud du disque d'accrétion.

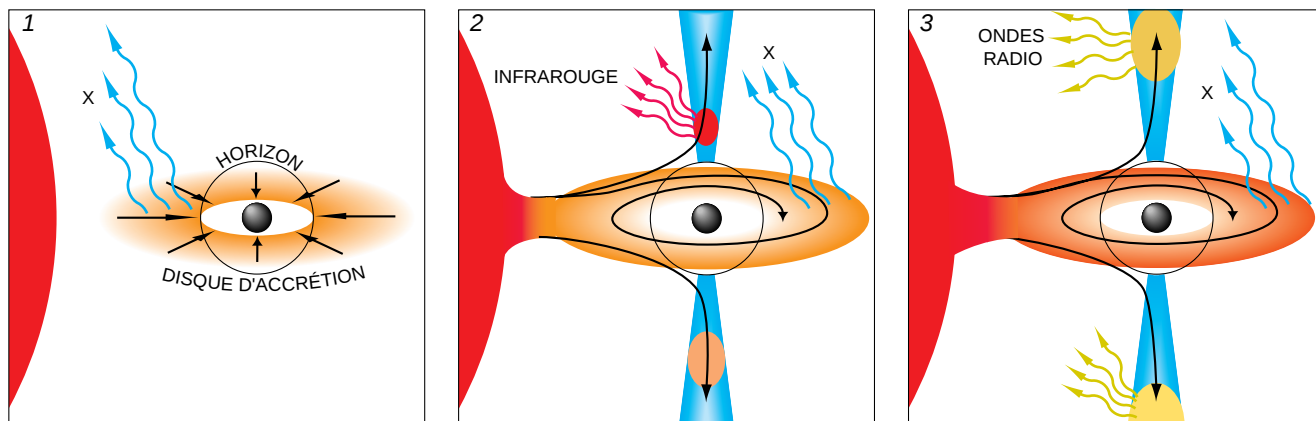
Ces observations simultanées détaillent l'évolution de la matière autour du trou noir. Tout d'abord, la brusque diminution de la luminosité dans le domaine X atteste la disparition de la matière du disque d'accrétion : la région interne du disque d'accrétion tombe au-delà de la dernière orbite stable ; elle est happée par le trou noir et n'émet plus de rayonnement.

Ensuite, l'émission X s'intensifie lentement : le disque d'accrétion se remplit de matière apportée par l'étoile compagne. Simultanément, alors que l'émission de rayons X varie, ce qui traduit des mouvements turbulents dans le disque, l'émission infrarouge augmente. Une partie de la matière qui remplit le disque serait éjectée sous la forme d'un nuage de plasma émettant un rayonnement infrarouge.

En s'éloignant du trou noir, ce plasma se dilate et sa densité diminue : il devient si ténu que les ondes radio émises par les électrons du plasma, jusqu'alors absorbées dans le nuage, s'échappent. Le décalage d'une quinzaine de minutes dans le spectre, entre l'augmentation dans le domaine infrarouge puis en ondes radio, indique cette dilatation.

À partir des émissions radio, on déduit le nombre d'électrons du plasma éjecté. Si l'on suppose qu'à chaque électron correspond un proton (un plasma étant globalement neutre), on déduit la masse du nuage : toutes les 20 minutes, un nuage de plasma de masse égale à celle du Mont Everest est éjecté à 92 pour cent de la vitesse de la lumière.

Sylvain CHATY, Josef MARTI et Félix MIRABEL
Service d'astrophysique, Saclay



Trois phases de la vie du microquasar GRS 1915+105. Dans un premier temps, la matière du disque d'accrétion disparaît, happée par le trou noir, et le rayonnement X, produit par le gaz chaud du disque d'accrétion, diminue fortement (1). Le disque se remplit ensuite de matière apportée par l'étoile compagne. Une partie de cette matière,

chauffée dans le disque, émet des rayonnements X, tandis qu'une autre partie est éjectée perpendiculairement au disque, à 92 pour cent de la vitesse de la lumière. Le nuage de gaz éjecté rayonne d'abord dans l'infrarouge (2), puis, après expansion, dans le domaine radio (3). Le cycle dure un vingtaine de minutes.

Péril nucléaire

BRUCE BLAIR • HAROLD FEIVESON • FRANK VON HIPPEL

*Le risque de déclenchement accidentel d'une guerre nucléaire est excessif.
Les nations doivent cesser d'être en état d'alerte permanent.*



DÉBUT D'UNE CATASTROPHE □

Une extrapolation fondée sur l'alerte du 25 janvier 1995

Lancement d'une fusée scientifique au large des côtes norvégiennes

Les officiels russes évaluent le danger et décident une riposte

Détection par les radars d'alerte avancée russes

Le 25 janvier 1995, les contrôleurs de plusieurs stations radar du Nord de la Russie aperçoivent une tache lumineuse inquiétante sur leurs écrans : une fusée, mise à feu au large de la Norvège, s'élève rapidement dans le ciel nocturne. Conscients qu'un

seul missile envoyé par un sous-marin américain croisant dans ces eaux peut larguer huit bombes nucléaires au-dessus de Moscou en un quart d'heure, les contrôleurs alertent immédiatement leurs supérieurs. Les autorités militaires transmettent le message au président Boris Eltsine, qui, tenant à la

main la mallette électronique de commande des missiles nucléaires russes, téléphone de toute urgence à ses plus hauts conseillers. Pour la première fois, cette «mallette nucléaire» est activée en vue d'une utilisation imminente.

Pendant quelques minutes, les officiels russes n'ont aucune information

1. L'ARSENAL NUCLÉAIRE russe et américain comprend des bombardiers à longue portée, des sous-marins nucléaires lanceurs d'engins, des missiles balistiques intercontinentaux basés à terre, des radars

et des satellites de détection avancée. Malgré la fin de la guerre froide, les deux anciens adversaires restent prêts à tirer des milliers d'ogives nucléaires en quelques minutes (leur nombre est indiqué en rouge sur la carte).



Bryan Christie

Le président russe ordonne la mise à feu des missiles balistiques (le scénario est fictif à partir de ce point)



L'ordre de lancement du président russe est transmis aux commandants des missiles balistiques

Les missiles lancés par les sous-marins

Pour se conformer aux limitations prévues par le traité START II, les États-Unis vont démanteler quatre de leurs 18 sous-marins nucléaires lanceurs d'engins balistiques et réduire de huit à cinq le nombre d'ogives portées par les missiles de ces sous-marins. Puis, pour atteindre les objectifs fixés par le traité START III, les États-Unis désarmeront probablement quatre autres sous-marins et réduiront à quatre le nombre d'ogives par missile. Toutes ces mesures devraient être entreprises immédiatement. La Russie pourrait alors enlever les ogives qu'elle prévoit de supprimer conformément aux accords START.

Sans moyen de vérification élaboré, aucun des deux pays ne pourrait déterminer le statut des sous-marins en mer des forces adverses. Cependant, les deux nations devraient réduire l'état d'alerte de lancement. La moitié des sous-marins que les États-Unis conservent en mer aujourd'hui



Ce sous-marin américain lanceur d'engin transporte 24 missiles nucléaires à têtes multiples.

sont dans un état de semi-alerte : il faut environ 18 heures à l'équipage pour réaliser les procédures nécessaires à la mise en état d'alerte maximale du sous-marin, comme, par exemple, enlever les plaques d'immersion des tubes de lancement.

Les États-Unis pourraient mettre la plupart de leurs sous-marins en mer dans cet état. Le niveau d'alerte pourrait même être réduit davantage par l'élimination des systèmes de guidage des missiles et leur stockage à bord. Cette mesure n'est pas envisageable pour les sous-marins russes, car leurs missiles ne sont pas accessibles de l'intérieur du vaisseau.

La Russie devrait également s'engager à mettre hors d'état d'alerte les missiles des sous-marins à quai (les États-Unis n'ont pas de sous-marins à quai en état d'alerte). Les Américains devraient être en mesure de vérifier les niveaux d'alerte des sous-marins russes, à condition que les Russes facilitent la vérification.

sur la trajectoire de la fusée. L'anxiété s'accroît lorsque la séparation des multiples étages de la fusée fait craindre une attaque par plusieurs missiles. Les équipes de contrôleurs continuent de surveiller leurs écrans et, après environ huit minutes (à peine quelques minutes avant l'expiration du délai prévu par la procédure de réponse à une attaque nucléaire), il apparaît que la fusée se dirige vers la mer et ne menace pas la Russie : c'est une sonde scientifique américaine, envoyée dans le cadre d'une étude des aurores boréales. Plusieurs semaines avant l'incident, les autorités norvégiennes avaient dûment averti les autorités russes qu'ils lanceraient cette fusée, à partir de l'île d'Andøya, située près de leurs côtes, mais le message qui annonçait cette expérience de haute altitude n'avait pas atteint les bons destinataires.

Cet incident inquiétant et quelques fausses alarmes antérieures du côté américain montrent le danger que fait courir à l'humanité le maintien d'un

arsenal nucléaire en état d'alerte permanente : une panne technique ou une erreur humaine risquent de provoquer un tir accidentel des missiles nucléaires.

Pour prévenir une telle catastrophe, les autorités russes et américaines ont, depuis longtemps, institué des procédures de sécurité. En Russie, des systèmes de commande élaborés avec une extrême minutie assurent un contrôle central strict des armes nucléaires. Toutefois, les équipements russes ne sont pas infaillibles, et les systèmes d'alerte avancée et de commande nucléaire se détériorent : en février 1997, les responsables de la conception des systèmes de commande des missiles stratégiques ont fait une journée de grève pour réclamer leurs arriérés de salaire et pour protester contre le manque de moyens dans la mise à jour de leur équipement. Trois jours plus tard, le ministre de la Défense russe, Igor Rodionov, affirmait que, si la pénurie de moyens persistait, les missiles et les systèmes nucléaires russes seraient bientôt incontrôlables.

L'intervention de I. Rodionov était peut-être en partie une manœuvre visant à obtenir un budget supérieur. Cependant, des rapports récents de la CIA confirment que les équipes stratégiques russes sont en crise. À plusieurs reprises, l'électricité a été coupée dans des installations nucléaires, parce que l'armée n'avait pas payé ses factures. Pis encore, les systèmes de commande des armes nucléaires sont défectueux, et les systèmes électroniques ainsi que les ordinateurs décisifs passent parfois en mode de combat sans raison apparente. Au cours de l'automne 1996, des centres d'armement nucléaire ont été perturbés lorsque des voleurs ont essayé de « récupérer » le cuivre des câbles de communication importants.

De nombreux radars, construits du temps de l'Union soviétique pour détecter les attaques par des missiles balistiques, ne fonctionnent plus. On raconte même que les valises nucléaires qui accompagnent le pré-

Les missiles balistiques intercontinentaux russes sont lancés contre les sites nucléaires et les postes de commandement américains

Le NORAD (l'acronyme de *North American Air Defense Command*, soit "Commandement de défense aérienne Nord-américain") informe les officiels américains de l'attaque russe

14 minutes 15 minutes 16 minutes 17 minutes 18 minutes 19 minutes 20 minutes

Les satellites américains détectent la chaleur et la fumée des propulseurs des missiles russes

sident, le ministre de la Défense et le chef d'état-major sont en piteux état.

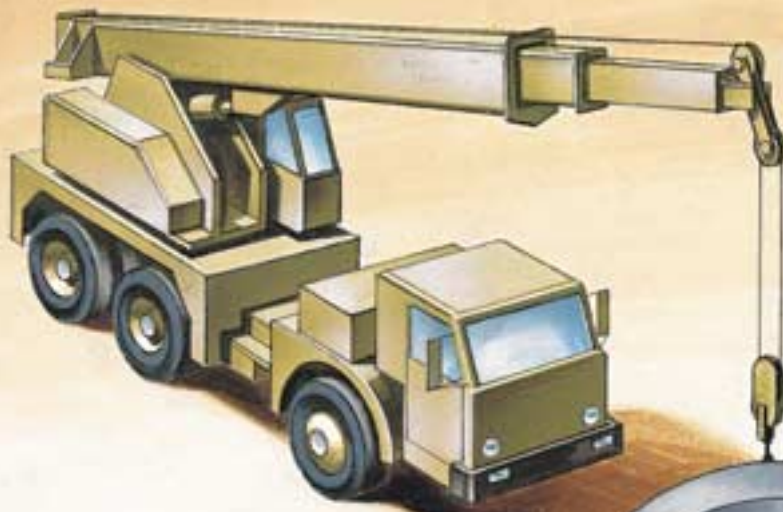
À ces difficultés techniques s'ajoutent de nombreux problèmes humains et administratifs. Par manque d'entraînement, les militaires manient moins sûrement les armes nucléaires que naguère. Malgré les engagements pris par B. Eltsine pour améliorer cette situation, le surpeuplement des casernes et le manque de nourriture ont démoralisé et démotivé les forces stratégiques, le personnel des sous-marins nucléaires et les personnels responsables de l'entretien des stocks d'armes nucléaires russes. Des sous-officiers désespérés risquent d'oublier les règles de sécurité ou, pire encore, de prendre le contrôle des armes nucléaires – un acte qu'un pouvoir central affaibli ne pourrait ni empêcher ni contrer. Bien que la réception de codes détenus par le chef d'état-major soit le plus souvent nécessaire au lancement des missiles, des agents de la CIA ont observé que certains équipages de sous-marins étaient en mesure de lancer leurs missiles sans ces codes.

Un déclenchement instable

Les tensions entre le gouvernement et l'armée pourraient aggraver la situation, car les militaires détiennent les codes de lancement : au cours d'une crise, le commandement militaire pourrait décider la mise à feu des missiles balistiques. En août 1991, lors du coup d'État contre le président Mikhaïl Gorbatchev, les coalitions au plus haut niveau changèrent soudainement, et la chaîne de commandement normale de l'arsenal nucléaire russe fut rompue. Pendant trois jours, le pouvoir nucléaire se trouva entre les mains du ministre de la Défense, Dimitri Yazov, et du chef d'état-major, Mikhaïl Moïsseïev. Cette situation de crise pourrait se reproduire.

Bien que la fin de la guerre froide ait modifié les relations internationales, la Russie et les États-Unis conservent l'essentiel de leurs missiles nucléaires en état d'alerte permanente. Ainsi,

Adolph Bratman

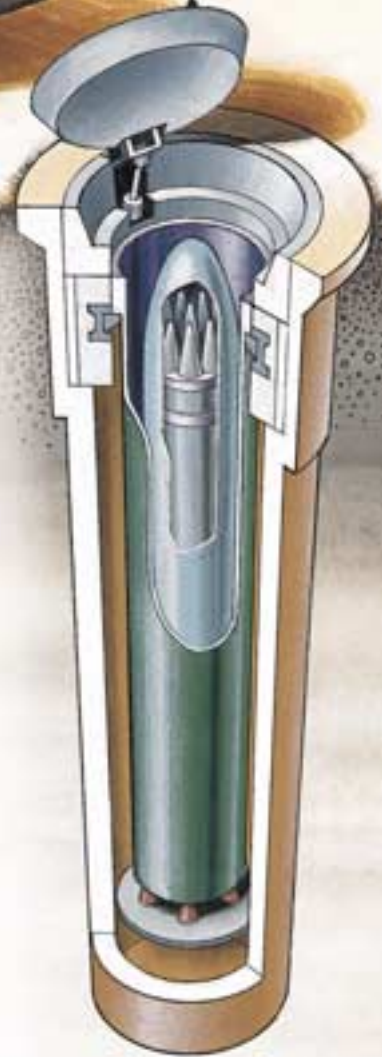


Les missiles des silos

L'interdiction par le traité START II des missiles à ogives multiples basés à terre entre en vigueur dans dix ans au maximum, mais pourquoi les États-Unis et la Russie attendraient-ils si longtemps pour désactiver la plupart de leurs ogives basées dans des silos ? La méthode la plus simple consisterait à ouvrir physiquement les contacts permettant le démarrage des moteurs des fusées. Ainsi, avant de pouvoir commander à distance le tir des missiles, des équipes de maintenance devraient entrer dans chaque silo, retirer manuellement des goupilles de sûreté et refermer les contacts.

Les négociateurs du sommet d'Helsinki ont envisagé des procédures de désactivation encore plus longues à inverser. Ils ont accordé cinq années supplémentaires à la Russie et aux États-Unis pour démanteler les missiles à têtes multiples qui doivent être éliminés dans le cadre de START II, à condition que ces missiles soient « désactivés par élimination des ogives nucléaires ou par d'autres mesures prises d'un commun accord ». Les États-Unis préfèrent que la Russie désactive ses missiles en enlevant les ogives nucléaires, qu'il faudrait plusieurs semaines pour remettre en place. Ces actions seraient observables par des satellites de surveillance, et l'absence d'ogives sur les missiles pourrait être vérifiée dans le cadre des inspections prévues par les traités.

Cependant les experts russes disent que leur pays ne possède pas les installations adéquates pour stocker en grand nombre les ogives nucléaires enlevées des missiles. Ils proposent d'autres mesures, telle l'immobilisation des couvercles des silos des missiles, de manière que des équipements lourds soient nécessaires pour les ouvrir, ou encore la suppression des batteries qui alimentent les systèmes de guidage des missiles en vol. Une troisième possibilité serait de remplacer le nez aérodynamique des missiles par des couvercles plats, ce qui protégerait les ogives, mais empêcherait les missiles de voler.



Une grosse grue serait nécessaire pour soulever le couvercle des silos russes si le système de production de gaz à haute pression qui permet de manœuvrer les gonds par des vérins pneumatiques était enlevé à dessein.

Les radars de détection avancée américains repèrent les missiles qui s'approchent ; le NORAD donne une seconde évaluation de l'attaque

21 minutes 22 minutes 23 minutes 24 minutes 25 minutes 26 minutes 27 minutes

Les missiles mobiles basés à terre

La désactivation des missiles mobiles russes basés à terre (les États-Unis n'en possèdent pas) pourrait commencer par la suppression des ogives des 36 missiles mobiles sur rail qui doivent être éliminés dans le cadre des accords START II. Pour ce qui concerne les missiles mobiles sur camion, on pourrait modifier leurs garages. Actuellement, le toit de ces abris s'ouvre pour permettre au lanceur situé à l'intérieur de se dresser et de lancer le missile. D'autres mesures consisteraient à mettre les lanceurs eux-mêmes hors service, de sorte qu'il faille quelques heures pour les rendre opérationnels.



Sovfoto/Estafeta

Les missiles russes SS-25 peuvent être tirés d'un camion.

quelques minutes après un ordre de lancement, une grande partie des fusées russes et américaines basées au sol (armées respectivement de 3 500 et de 2 000 ogives nucléaires) pourraient entamer leur vol de 25 minutes au-dessus du pôle Nord en direction de leurs cibles. Moins de 15 minutes après avoir reçu l'ordre d'attaquer, six sous-marins nucléaires lanceurs d'engins américains de la classe Trident (des sous-marins dotés de missiles balistiques) pourraient lancer quelque 1 000 ogives, et plusieurs sous-marins nucléaires lanceurs d'engins russes pourraient en expédier 300 à 400. Au total, en une demi-heure, les deux superpuissances nucléaires s'enverraient plus de 5 000 ogives nucléaires.

Pourquoi deux pays en paix conservent-ils une position agres-

sive qui perpétue le danger d'un déclenchement accidentel ou non autorisé? Parce que, des deux côtés, les stratèges envisagent encore une attaque surprise de leur ancien adversaire. Ils supposent que l'attaque serait d'abord dirigée contre leurs propres armements nucléaires stratégiques et contre leurs centres de commandement. Afin de dissuader son adversaire, chacun des deux pays a prévu de riposter contre l'ensemble des cibles militaires localisées sur le territoire de l'autre, ce qui inclut l'ensemble des installations stratégiques. Autrement dit, la riposte s'apparente à l'attaque : elle doit détruire rapidement des milliers de cibles disséminées à l'intérieur d'un continent distant.

Pour avoir cette capacité, les Américains comme les Russes se fondent

sur des stratégies de lancement sur alerte : chacun se tient prêt à envoyer une salve massive de missiles dès la détection d'une attaque par des missiles ennemis, et avant que les ogives ne soient arrivées. Bien qu'ils possèdent des milliers d'ogives déployées en mer à l'abri d'une attaque, les États-Unis s'en tiennent à cette position de lancement rapide du fait de la vulnérabilité de leurs silos de missiles et de leur système de commande, ainsi que celle du pouvoir politique et militaire, à Washington.

Les Russes sont encore plus sur le qui-vive : ils craignent qu'après une attaque américaine d'envergure seules quelques dizaines de leurs missiles resteraient fonctionnels. En cas d'attaque massive, les postes de commandement et les silos de missiles russes sont tout aussi vulnérables que leurs homologues américains.

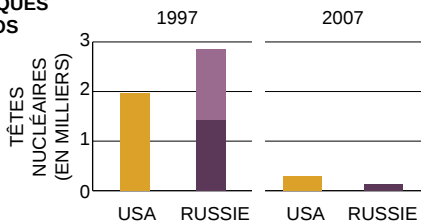
Les difficultés actuelles des Russes accroissent leur inquiétude. Le manque de moyens et de personnel qualifié a forcé la marine russe à ralentir considérablement ses opérations. Aujourd'hui, en moyenne, seuls deux de ses 26 sous-marins lanceurs d'engins patrouillent en même temps. Les mêmes contraintes matérielles empêchent l'armée de terre de camoufler sur le terrain plus de deux régiments de missiles mobiles. Les 40 autres régiments, qui contrôlent chacun neuf missiles à ogive unique, gardent leurs camions stationnés dans leurs garages. Ces missiles sont plus exposés aux attaques que ceux qui sont stockés dans des silos souterrains. Enfin, 36 missiles équipés de dix têtes nucléaires et portés par des wagons de chemin de fer sont regroupés dans une même gare. Normalement, ces missiles devaient être dispersés sur le réseau ferroviaire russe, mais une décision prise en 1991 par M. Gorbatchev les a immobilisés, ce qui les rend vulnérables.

Cette vulnérabilité a conduit la Russie à maintenir en état d'alerte certains de leurs missiles, soit dans les sous-marins à quai, soit dans des garages,

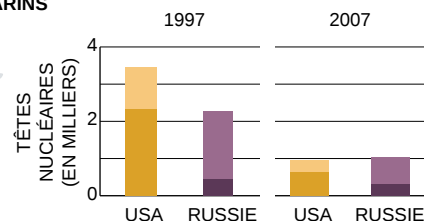
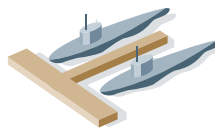
Le président américain reçoit les recommandations finales des commandants militaires et du secrétaire de la Défense

28 minutes 29 minutes 30 minutes 31 minutes 32 minutes 33 minutes 34 minutes

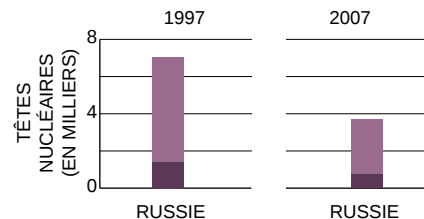
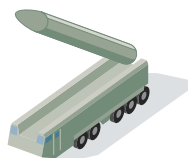
MISSILES BALISTIQUES DANS DES SILOS



MISSILES SUR DES SOUS-MARINS



MISSILES MOBILES



Bryan Christie

2. LES TRAITÉS DE RÉDUCTION DES ARMES STRATÉGIQUES (START) prévoient une réduction du nombre total de missiles stratégiques américains et russes au cours de la prochaine décennie. Cependant, selon ces accords, chaque pays pourrait conserver entre 500 et 1 000 ogives en état d'alerte (la partie sombre des histogrammes indique le nombre d'ogives maintenues en état d'alerte permanente).

soit, enfin, dans des silos. La crainte est aggravée par la présence de sous-marins américains, britanniques et français dans l'Atlantique Nord, à seulement 3 200 kilomètres de Moscou : les Russes auraient moins de 15 minutes pour décider d'un lancement (quelques minutes pour détecter l'attaque, quelques minutes pour la prise de décision au plus haut niveau, et quelques minutes pour répercuter l'ordre). Les dirigeants et les forces stratégiques russes s'entraînent régulièrement pour réagir en moins de 15 minutes. Les forces nucléaires américaines opèrent avec des délais semblables.

La brièveté de la procédure augmente le risque d'une erreur catastrophique. De surcroît, seulement un tiers des radars stratégiques fonctionnent, tandis que deux des neuf satellites d'alerte avancée n'ont pas été remplacés : les Russes distinguent plus difficilement les phénomènes naturels survenant dans l'espace d'une éventuelle attaque par missiles.

Certes, la fin de la guerre froide a amélioré la situation : le relâchement des tensions Est-Ouest compense partiellement le danger émanant du déclin des capacités techniques russes. Dans un climat politique plus serein, les décideurs peuvent douter de messages qui leur signaleraient une attaque nucléaire. Néanmoins, un déclenche-

ment involontaire d'une guerre nucléaire reste possible, et l'éventualité d'un accident apocalyptique ne peut être exclue.

Durant la guerre froide, on acceptait de tels risques, parce qu'on voulait dissuader un ennemi que l'on pensait prêt à déclencher une attaque nucléaire. Aujourd'hui, cet argument n'est plus tenable. Alors que les anciens ennemis signent des accords de coopération économique et militaire, la prolongation de l'état d'alerte nucléaire relève de l'imprudence.

L'accord START (l'acronyme de *Strategic Arms Reduction Treaties* soit «Traité de réduction des armes stratégiques») devrait réduire la menace d'un échange nucléaire accidentel. Toutefois, les changements programmés seront progressifs : selon le projet d'accord START III, signé à Helsinki au printemps 1997 par B. Eltsine et William Clinton, les arsenaux stratégiques de la Russie et des États-Unis devraient diminuer jusqu'à 2 000 ogives nucléaires de chaque côté d'ici l'an 2007. Cependant, si les consignes de ripostes actuelles ne sont pas modifiées, l'état du monde dans dix ans restera précaire, car la moitié de ces armes nucléaires pourrait toujours être tirées en quelques minutes.

Comment réduire la possibilité d'un déclenchement accidentel? En désac-

tivant les missiles, c'est-à-dire en augmentant le temps nécessaire pour les préparer au lancement. Les États-Unis et la Russie ne pourraient-ils s'engager ensemble dans cette voie qui conduirait à un monde plus sûr?

À la fin du mois de septembre 1991, le président George Bush a créé un précédent notable : lorsque l'Union soviétique a commencé de se désunir, à la suite de la tentative de coup d'État du mois d'août, il a ordonné que les nombreux bombardiers stratégiques qui, depuis des décennies, se tenaient prêts à décoller dans les quelques minutes suivant une alerte, soient désarmés. Peu après, les armes nucléaires de ces avions furent déchargées et stockées. De surcroît, G. Bush mit fin à l'état d'alerte des missiles stratégiques destinés à être démantelés dans le cadre des accords START I, soit 450 fusées sol-sol Minuteman II, ainsi que les missiles de dix sous-marins de la classe Poseidon. Cette vaste opération ne prit que quelques jours.

Une semaine plus tard, M. Gorbatchev suivit le mouvement, ordonnant la désactivation de plus de 500 fusées basées à terre et de six sous-marins stratégiques. Il promit également de maintenir ses bombardiers stratégiques à un niveau d'alerte minimum et de stocker les missiles sur rails dans les casernes. Dans les mois qui

Le président américain donne l'ordre de lancer des missiles balistiques vers la Russie

Les missiles MX et Minuteman sont mis à feu

35 minutes 36 minutes 37 minutes 38 minutes 39 minutes 40 minutes 41 minutes

Les instructions de lancement sont transmises aux sous-marins et aux missiles basés dans les silos

suivirent, les deux pays retirèrent et stockèrent également plusieurs milliers d'ogives nucléaires tactiques de faible portée que leurs armées de terre et de mer avaient déployées.

En 1994, W. Clinton et B. Eltsine ont fait un pas de plus lorsqu'ils ont cessé de pointer leurs missiles straté-

giques l'un vers l'autre. Même si le geste est amical, ce changement n'est pas militairement significatif : les responsables des missiles peuvent recharger les coordonnées des cibles dans les ordinateurs de guidage en quelques secondes. En outre, un missile non programmé qui serait tiré s'orienterait automatiquement

vers sa cible principale de temps de guerre, à savoir un silo de missiles Minuteman dans le Montana ou un centre de commandement à Washington, Londres, Paris ou Beijing. Enfin, les missiles russes, comme les missiles américains, ne peuvent recevoir d'ordre d'auto-destruction une fois lancés.

Le cas français

Si les risques qu'entraînent les procédures d'alerte ultrasensibles des forces nucléaires «stratégiques» russes et américaines sont effectivement considérables, les procédures préconisées par B. Blair et ses collègues sont mal adaptées au cas français. À l'instar des autres puissances nucléaires moyennes – Chine et Royaume-Uni – la France est en effet dans une position particulière : trop vulnérable à une attaque-surprise ou à un simple chantage pour se permettre de réduire sensiblement ses procédures d'alerte, elle a de plus une posture de dissuasion spécifique, qui semble porteuse de risques moindres.

Soulignons tout d'abord que, depuis 1990, les gouvernements successifs ont procédé à un désarmement nucléaire notable : réduction du nombre de sous-marins nucléaires lanceurs d'engins de six à quatre, mise hors service et non-remplacement des 30 Mirages IV-P porteurs de missiles à moyenne portée, retrait des missiles sol-sol à courte portée Hadès, enfin démantèlement des 18 missiles stratégiques S-3D du plateau d'Albion. Outre leur impact purement quantitatif, puisqu'elles réduisent d'environ 15 pour cent l'arsenal français, ces mesures contribuent aussi à la réduction des niveaux d'alerte. La fermeture du plateau d'Albion est particulièrement significative, puisque ces missiles sol-sol étaient les plus puissants et les plus vulnérables à une «première frappe désarmante» – ceux donc pour lesquels des niveaux d'alerte ultra-sensibles étaient jugés les plus nécessaires. De surcroît, la France a déjà partiellement réduit les niveaux d'alerte de ses forces à la fin de la guerre froide en limitant, par exemple, le nombre de sous-marins en mer. Elle a également annoncé sa participation au «déciblage» des têtes nucléaires, désormais non pointées en permanence vers un adversaire désigné.

La situation géographique de la France et la dimension réduite de son arsenal ne permettent sans doute pas d'appliquer les mesures préconisées dans l'article : on imagine mal le gouvernement français envoyant les deux seuls sous-marins nucléaires lanceurs d'engins qu'il tient à la

mer dans l'Atlantique Sud. Ne pouvant s'appuyer sur la «redondance» de ses systèmes d'armes, contrairement aux États-Unis ou à la Russie, la France serait alors très vulnérable à une première frappe désarmante, même non nucléaire, qui détruirait les centres de commandement et les deux autres sous-marins encore à quai. Compte tenu des distances géographiques entre, par exemple, Paris et Moscou, les délais sont en effet très courts ; la plupart des mesures visant à réduire les niveaux d'alerte altérerait donc gravement la crédibilité de la dissuasion française.

De plus, la problématique développée par B. Blair et ses collègues tombe en partie «à plat» dans le cas de la France : contrairement aux États-Unis et à la Russie, la France ne s'est jamais lancée dans une gigantesque course aux armements. Elle a donc mis au point une doctrine dite du faible – la France – au fort – l'Union soviétique –, par laquelle elle menaçait l'URSS de représailles nucléaires en cas d'attaque. Ces représailles étaient «ultimes» en ce qu'elles visaient les grands centres urbains soviétiques : la France n'avait de toute façon pas les moyens de développer un arsenal autorisant une éventuelle «première frappe désarmante», c'est-à-dire menaçant les armes nucléaires de l'Union soviétique. Pour que la dissuasion produise ses effets inhibiteurs, estimait-on, il suffisait d'être en mesure d'opérer une frappe en second, c'est-à-dire postérieure à une attaque soviétique. En vertu de ce principe dit de «suffisance» dans le jargon de la doctrine française, l'arsenal nucléaire national est de pure dissuasion et ne menace pas les armes nucléaires – et donc les capacités dissuasives – des autres puissances nucléaires.

En définitive, les propositions avancées paraissent spécifiquement adaptées aux postures et aux arsenaux des États-Unis et de la Russie ; les puissances nucléaires moyennes, dont la France, ne sont pas véritablement partie prenante à ce débat. Elles pourraient le devenir ultérieurement dans des conditions qui restent à définir.

Étienne de DURAND,

Groupe de sociologie de la défense, EHESS, Paris

La première ogive nucléaire russe détruit la ville de Washington

42 minutes

44 minutes

45 minutes

46 minutes

47 minutes

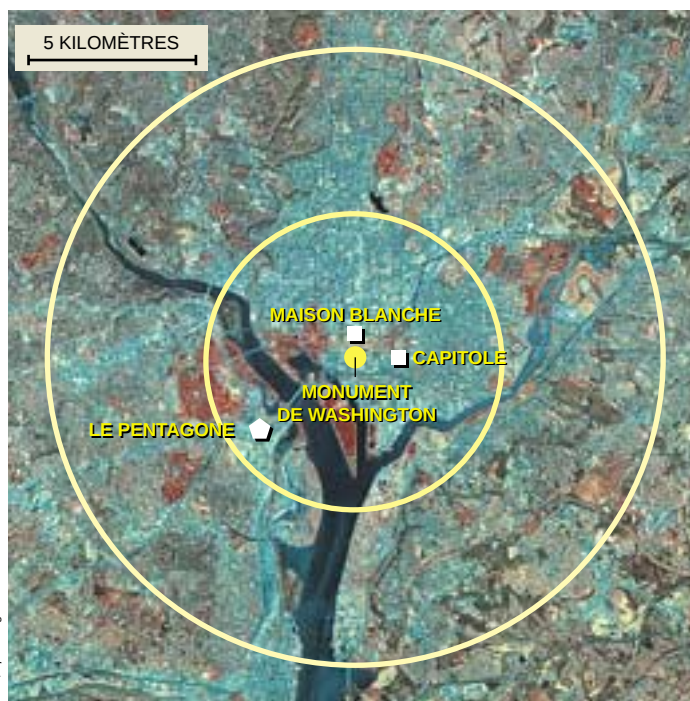
48 minutes

Le gouvernement américain, qui a la plus forte capacité nucléaire et un commandement plus efficace, devrait prendre une nouvelle initiative et proposer de retirer les ogives américaines qui menacent le plus les forces de dissuasion russes (notamment celles qui visent les silos de missiles russes et les postes de commandement souterrains). Les ogives les plus menaçantes sont celles qui équipent les 50 missiles MX placés dans des silos, armés de dix ogives chacun, ainsi que les 400 ogives W-88 de forte puissance qui arment certains des missiles des sous-marins de la classe Trident. Nous recommandons également d'immobiliser tous les missiles Minuteman III basés à terre (soit environ 500 missiles), armés de trois ogives chacun, de diminuer de moitié le nombre de sous-marins

déployés en temps de paix, et de porter de huit à quatre le nombre d'ogives de chacun des missiles de ces sous-marins. Le mode de fonctionnement des sous-marins lanceurs d'engins devrait être également modifié, de manière que les équipages aient besoin d'environ une journée pour préparer les missiles au lancement.

Ces mesures laisseraient près de 600 ogives américaines à l'abri en mer, chacune susceptible de détruire le centre d'une grande ville. Avec de telles forces, les États-Unis préserveraient leur capacité de dissuasion, mais ils montreraient bien qu'ils ne veulent pas attaquer la Russie. La Russie continuerait alors sans doute la désactivation de la plupart de ses missiles, et le désarmement stipulé par les traités START II et III serait accéléré : il pourrait s'achever en moins de deux ans.

Comment vérifier l'application de ces mesures ? On peut surveiller le nombre de sous-marins à quai et prévoir des inspections surprises des sites, conformément à l'accord START I. À plus long terme, on peut chercher de nouveaux moyens techniques pour vérifier fréquemment que les missiles nucléaires ne constituent pas une menace immédiate. Par exemple, des



3. PLUSIEURS CENTAINES DE KILOMÈTRES CARRÉS seraient détruits, autour de Washington, si une ogive nucléaire de 500 kilotonnes explosait au-dessus du Monument de Washington. Le cercle intérieur délimite la zone où la plupart des personnes seraient directement tuées par l'explosion. Le cercle extérieur délimite la surface où les habitants périeraient en raison des incendies dévastateurs provoqués dans les zones construites. Il y aurait des victimes sur une étendue plus vaste encore.

«scellés» électroniques garantiraient qu'un composant enlevé d'un missile n'a pas été remis en place. L'intégrité de ces scellés serait vérifiée à distance par des systèmes de communication codée par satellite.

Le niveau zéro d'alerte globale

Ce plan de désactivation des forces nucléaires américaines et russes, qui réduirait notablement le risque d'une attaque, aurait un double avantage : il éviterait le maintien de missiles prêts à être lancés sur alerte et supprimerait toute raison de les maintenir ainsi. Les chefs d'État seraient contraints d'attendre la confirmation d'une attaque avant de décider d'une riposte, ce qui réduirait beaucoup le risque d'un lancement accidentel ou non autorisé.

Les dirigeants militaires russes et américains insisteront sans doute pour garder une partie de leur arsenal en état d'alerte maximale, quelques centaines d'ogives chacun, jusqu'à ce que les autres puissances nucléaires – la France, la Grande-Bretagne et la Chine – adoptent des mesures semblables. Cependant, si les États-Unis et la Russie

aspirent à des normes de sécurité stricte pour leurs armes nucléaires, ils devraient s'empresse de retirer toutes leurs forces nucléaires de l'état d'alerte et de prendre ensuite des mesures supplémentaires pour augmenter le temps nécessaire à la réactivation de ces armes.

L'objectif ultime serait de séparer la plupart, sinon toutes les ogives nucléaires de leurs missiles, puis, à terme, d'éliminer la majorité des ogives et des missiles en stock. Un programme aussi vaste nécessite le renforcement des moyens de vérification : chaque puissance nucléaire doit pouvoir repérer si un autre pays est en train de préparer ses missiles nucléaires pour un lancement rapide.

Ceux dont l'inquiétude majeure demeure une attaque surprise rechigneront naturellement à s'engager dans un tel programme global de désarmement nucléaire. La conception des procédures exactes de désactivation nucléaire doit tenir compte de cette crainte pour que l'on supprime le risque le plus immédiat : le lancement accidentel ou non autorisé de missiles nucléaires.

Bruce BLAIR est conseiller stratégique à l'Institut Brookings, à Washington. Harold FEIVESON, professeur à l'Université Princeton, a travaillé à l'Agence américaine pour le contrôle des armements et le désarmement. Franck von HIPPEL, également professeur à l'Université Princeton, a été, en 1994, directeur adjoint de la sécurité militaire américaine.

Bruce G. BLAIR, *The Logic of Accidental Nuclear War*, Brookings Institution, 1993.

Bruce G. BLAIR, *Global Zero Alert for Nuclear Forces*, Brookings Institution, 1995.

Lucien POIRIER et Gérard CHALIAND, *Le chantier stratégique*, Hachette-Pluriel, 1997.

The Future of U.S. Nuclear Weapons Policy, National Academy of Sciences, National Academy Press, 1997.

