

SOMMAIRE

L'IMAGE MILITAIRE

Par Alexandre Pukall 2002

Introduction	5
I. L'IMAGE MILITAIRE CLASSIQUE	6
A. L'OBTENTION DE L'IMAGE MILITAIRE	6
B. LE TRANSPORT DE L'IMAGE MILITAIRE	15
II. L'IMAGE MILITAIRE MODERNE OU L'ERE DE L'INFORMATIQUE	41
A. LES NOUVEAUX MOYENS D'OBTENTION DE L'IMAGE	41
B. LES TECHNIQUES D'IMAGERIE NUMERIQUE AVANCEES	52
C. LE COMMANDEMENT NUMERIQUE	55
Conclusion	62

«Nos satellites espions peuvent détecter un être humain lisant son journal dans son jardin et prendre son visage en photo» telles étaient les déclarations il y a deux ans, de responsables du NRO, le National Reconnaissance Office, organisme américain chargé de la capture et de l'analyse des images militaires provenant principalement des satellites et des avions espions.

Or, depuis les attentats du 11 septembre 2001, le monde recherche deux personnes : Oussama ben Laden, chef de l'organisation terroriste Al Qaïda et le Mollah Omar, chef des talibans afghans, toujours introuvables, malgré tous les moyens du NRO.

Qu'en est-il donc de leur puissance technologique à travers l'utilisation de l'image militaire ? D'ailleurs qu'est-ce que l'image militaire ?

En fait, l'image militaire doit être considérée au sens propre, c'est-à-dire tout procédé qui permet aux militaires de se faire une représentation précise de la position de leurs forces par rapport aux forces adverses et nous verrons que cette définition englobe de nombreux procédés des plus simples aux plus techniques.

L'utilisation de l'image par les militaires a connu une rupture avec l'apparition de l'informatique.

Nous verrons qu'avant l'apparition de l'informatique, une autre décomposition apparaissait déjà : soit l'image militaire était transportée telle quelle et sans modification (plans, photographies) vers les utilisateurs (en général les postes de commandement) soit l'image était décomposée en unités élémentaires (comme un signal radioélectrique) puis recomposée à sa destination.

Avec l'apparition de l'informatique cette distinction disparaît pour ne laisser que des images décomposées puis recomposées.

Dans ces deux cas, l'image est utilisée comme source d'information, permettant aux organismes militaires de réagir plus efficacement lors d'une action.

Les nouveaux systèmes permettent d'observer l'ennemi, même la nuit, et surtout de centraliser toute l'information disponible en des points uniques de commandement, que l'on appelle les Internet tactiques.

I. L'IMAGE MILITAIRE CLASSIQUE

De tout temps les hommes ont créés des armées et de tout temps les militaires au sein de ces dernières ont eu besoin de renseignements pour agir.

C'est dans le cadre de ce besoin d'information, qu'apparaît l'image militaire. Une armée est comme un corps humain : chaque cellule est indépendante mais le cerveau coordonne le tout. Mais pour coordonner le tout, le cerveau doit disposer de nombreuses informations en provenance de tout le corps.

L'armée fait la même chose, un commandement dirige les troupes mais ce commandement doit disposer d'informations.

Le but de l'image militaire va être d'apporter ces informations. L'image militaire peut donc être considérée comme tout procédé qui apporte de l'information au commandement.

Le but de cette information est d'obtenir une représentation visuelle de ce que l'on appelle, le théâtre des opérations, c'est-à-dire la représentation de l'armée en question dans l'espace et le temps.

Ceci est également valable pour les armées ennemies. Pour pouvoir coordonner des actions militaires il faut pouvoir se situer soi-même mais également situer les adversaires.

La première chose à prendre en considération est l'obtention de ces informations. Comment obtenir une information fiable sur sa position dans le temps et dans l'espace par rapport aux adversaires ?

A. L'OBTENTION DE L'IMAGE MILITAIRE

La première étape consiste à obtenir l'image militaire par les moyens existants. Suivant l'époque à laquelle on se trouve, les armées n'ont pas eu les mêmes possibilités techniques.

1. L'obtention directe

a) L'éclaireur

Pour obtenir une information, le plus simple a toujours été d'envoyer quelqu'un la chercher. Ce sont les éclaireurs. Ils ont existés de tout temps : aussi bien chez les Egyptiens que lors des campagnes d'Alexandre le Grand.

Dans le cas le plus simple l'éclaireur ne fait qu'approcher les lignes adverses sans y pénétrer : il observe les emplacements de l'ennemi, éventuellement ses mouvements et rapporte le tout de mémoire ou en prenant des notes dans le cas où il sait écrire. C'était d'ailleurs loin d'être le cas dans les premières armées.

b) L'espion

Dans les cas plus compliqués, l'éclaireur devient espion. L'espion doit pouvoir se fondre parmi la population présente dans le camp adverse afin d'obtenir des informations précises, des détails sur les positions et l'organisation interne des adversaires.

Ce doit être quelqu'un de formé à la culture adverse, parlant la langue sans accent particulier (ce qui éveillerait les soupçons) et doit avoir un passé plausible et vérifiable par l'ennemi.

C'est souvent une mission à haut risque car les possibilités d'être découvert sont très grandes.

De nombreux espions ont émaillés l'Histoire. L'espionne la plus connue est sûrement Mata Hari ¹.

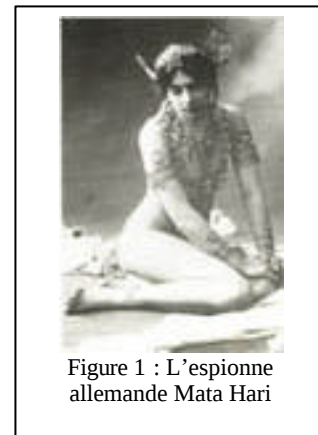


Figure 1 : L'espionne allemande Mata Hari

c) Les instruments

- La tour de guet:

Plutôt réservée aux défenseurs, la tour de guet pouvait aussi être montée par les assiégeants afin de mieux contrôler les mouvements au sein du camp adverse. Le matériau le plus souvent utilisé était bien entendu le bois, malgré son inflammabilité naturelle. Il fallait donc trouver un compromis entre la distance minimale pour observer et la portée des flèches (qui pouvaient être enflammées) et autres projectiles.

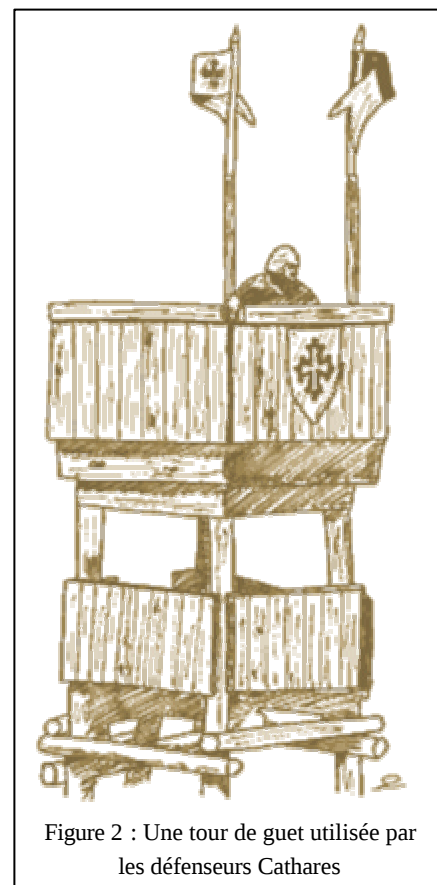


Figure 2 : Une tour de guet utilisée par les défenseurs Cathares

¹ Espionne allemande (à partir de 1907) qui se fit passer pour danseuse, **Mata Hari** (1876-1917) de son vrai nom Margaretha Geertruida Zelle est envoyée à Paris pour mettre la main sur des documents concernant les mouvements des troupes russes. Amante de nombreux officiers alliés, elle obtiendra des informations très secrètes. Mais le filet se resserre autour d'elle. Arrêtée, elle comparaitra devant un tribunal militaire. Elle sera finalement fusillée. *A noter que certains historiens mettent en doute le rôle d'espionne de Mata Hari. Les minutes du procès militaire sont toujours classées 'secret' et personne n'a pu avoir accès aux preuves fournies par le tribunal militaire français.*

- La longue-vue:

Pendant des millénaires, l'homme n'a vu les objets que grandeur nature, et cette grandeur changeait avec la distance qui l'en séparait. La seule manière d'observer un détail consistait à raccourcir la distance entre l'objet convoité et l'oeil. La chose n'était pas toujours possible, ce qui créait bien des énigmes. La distance constituait l'obstacle majeur entre l'observateur et le sujet étudié. Il en fut ainsi jusqu'en 1300, date à laquelle des opticiens hollandais eurent l'idée de combiner deux lentilles ensemble (convexe et concave). En 1600 la loupe était connue mais les lois de l'optique ne l'étaient pas. C'est donc tout à fait par hasard que des lunetiers hollandais mirent deux lentilles au bout d'un tube et découvrirent la lunette grossissante que Galilée allait rendre célèbre.

C'est à la charnière des XVI^e et XVII^e siècles qu'apparaissent les premières « lunettes d'approche » (figure 3)².

Les applications militaires sont tout de suite entrevues : on peut observer l'ennemi de loin sans se déplacer ou sans s'en approcher de trop près, on peut ensuite agir en conséquence.

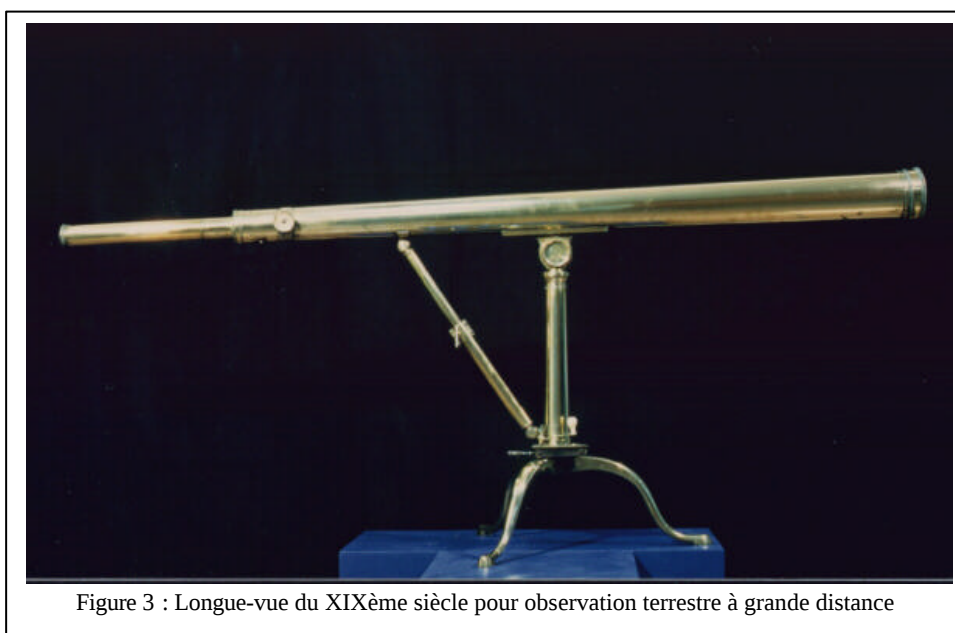
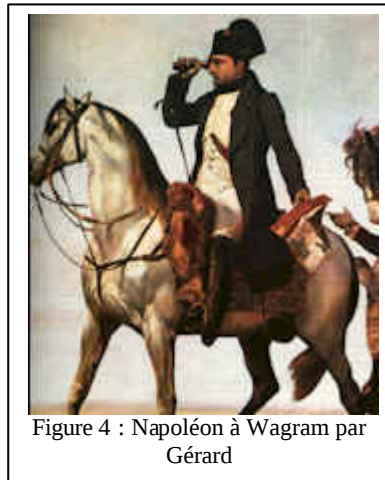


Figure 3 : Longue-vue du XIX^{ème} siècle pour observation terrestre à grande distance

Par la suite l'utilisation des « lunettes d'approche » n'a cessé de se généraliser.

² Fabriquée par "Lincoln" à Londres, cette longue-vue du XIX^{ème} siècle est optimisée pour l'observation terrestre à grande distance. Elle est équipée d'un pied de table et de mouvements lents : celui en azimut, par vis sans fin, est débrayable par une petite manivelle en ivoire afin de permettre un rapide changement de la direction d'observation, celui en hauteur, par crémaillère, ne permet que des angles limités par rapport à l'horizontale.

Napoléon Ier et ses officiers firent grand usage de ces lunettes. Napoléon a d'ailleurs souvent été représenté muni d'une longue-vue (figure 4) ³.



Même durant la seconde guerre mondiale, les sous-marins allemands ⁴ utilisaient encore ces lunettes, devenues des jumelles, pour repérer des convois ennemis. (figures 5 et 6)
Il y avait toujours un ou deux hommes, lorsque le sous-marin naviguait en surface, en train d'observer l'horizon à la jumelle.



³ Le portrait par le peintre Gérard de Napoléon à Wagram, muni de sa lunette d'approche, peut être considéré comme l'image mythique. Le terme "observatoire" (qui, d'après le *Petit Robert* entre dans la langue française en 1667) prend au XIX^{ème} siècle un sens militaire "Lieu élevé, favorable à l'observation ou aménagé en poste d'observation. *"Napoléon avait choisi pour observatoire une étroite croupe de gazon"* (HUGO)

⁴ Les U-boot naviguaient la plupart du temps en surface pour ne pas vider inutilement leurs batteries électriques. Ils utilisaient alors leurs moteurs diesels, ce qui permettait également de recharger les batteries. Lors des plongées d'attaque, leurs batteries leur permettaient de tenir environ une heure à plein régime.



Les jumelles modernes permettent de voir, même la nuit, elles équipent en particulier les avions, chars et hélicoptères militaires comme nous le verrons par la suite.

- Les ballons d'observation:



En 1793, le Comité de salut public décide de faire construire un ballon d'observation à usage militaire; en 1794, la première compagnie d'aérostiers effectue avec succès ses premières missions à l'armée de Sambre-et-Meuse, à Maubeuge, Charleroi, Fleurus; devant un pareil moyen d'observation, l'ennemi est complètement désorienté. Napoléon Bonaparte, moins enthousiaste, supprime les unités d'aérostiers en 1799. En revanche, son neveu Napoléon III, qui s'était livré à des expériences de propulsion de ballons avec des hélices, crée en 1859 une unité de montgolfières et les utilise au cours de la campagne d'Italie en juin 1859.

Au cours du siège de Paris, en 1870, Nadar ⁵ propose ses services et son matériel pour observer les mouvements de l'ennemi. Il organise le premier départ en ballon. À ce moment là les ballons libres sont le seul moyen de maintenir les communications avec la province. Nadar, après avoir utilisé les ballons en captif pour observer les mouvements ennemis, organise le premier départ, place Saint-Pierre à Montmartre. Du 23 septembre 1870 au 28 janvier 1871, 66 ballons quittent Paris. Ils transportent 168 personnes, 400 pigeons et 11 tonnes de courrier (2 500 000 lettres). Le plus illustre passager des ballons est le Ministre de l'Intérieur Léon Gambetta qui part à bord de "l'Armand Barbès" le 7 octobre 1870.

⁵ **Félix Nadar** (1820-1910), de son vrai nom Félix Tournachon, fut un grand inventeur dans le domaine de la photographie. Il commença par être journaliste et caricaturiste mais fut amené à la photographie en 1853 grâce à une lithographie, "Le panthéon Nadar", regroupant 300 personnalités françaises. Il inventa la photo aérienne ("Le géant" en 1858), la photo artificielle avec des piles Bunsen et la photo à la lumière artificielle en 1861. Beaucoup de célébrités, dont Victor Hugo ou Jules Verne, posèrent pour lui. Il monta en 1874 la première exposition impressionniste avec des tableaux de Cézanne, Pissarro, Monet...

2. L'obtention indirecte

Elle apparaît principalement avec l'invention de la photographie. L'être humain ne récupère plus les informations visuelles directement, il passe par un support qui est l'appareil et la pellicule photographique ⁶.

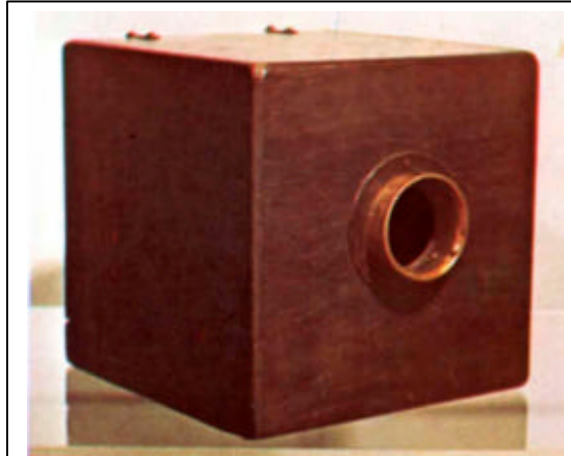


Figure 8 : Appareil photographique de Nicéphore Niepce

L'appareil photographique pouvait être mis à bord d'un ballon et le champ de bataille était pris du haut de ce dernier, comme ce fut le cas lors de la première guerre mondiale. Durant cette même guerre, on utilisa également les avions.

Au début, on confiait surtout des missions de reconnaissance aux aviateurs. Grâce à leur « vue à vol d'oiseau » du terrain, ils pouvaient rapporter à leur commandement au sol des renseignements précieux sur les positions ennemies et, plus tard, les documenter à l'aide de photos ⁷.

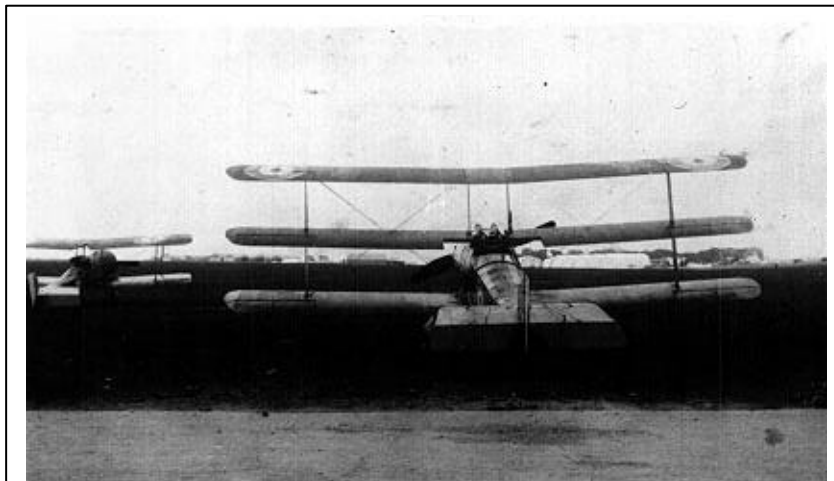


Figure 9 : Avions de reconnaissance alliés en 1915

⁶ Les premières images photographiques sur papier au chlorure d'argent furent réalisées durant l'année 1816 par Nicéphore Niepce. Né en 1765 à Chalon-sur-Saône, il s'était d'abord destiné à l'état ecclésiastique.

Ses recherches héliographiques sont à l'origine de la découverte de la photographie, qu'il mena à bien avec Daguerre, son associé. Il effectua des recherches dans de nombreux domaines (moteur à explosion, colorants, lithographe, etc.), mais connu la célébrité grâce à ses travaux sur la reproduction photographique de la lumière.

⁷ Winter Jay – Baggett Blaine, *14-18 la Grande Guerre*, France Loisirs, 1992

Les techniques photographiques se développèrent au fil des années et surtout durant la seconde guerre mondiale.

Le Junkers Ju 87 allemand dit « Stuka » utilisé principalement comme avion d'attaque en piqué, fut également utilisé comme avion de reconnaissance photographique ⁸.

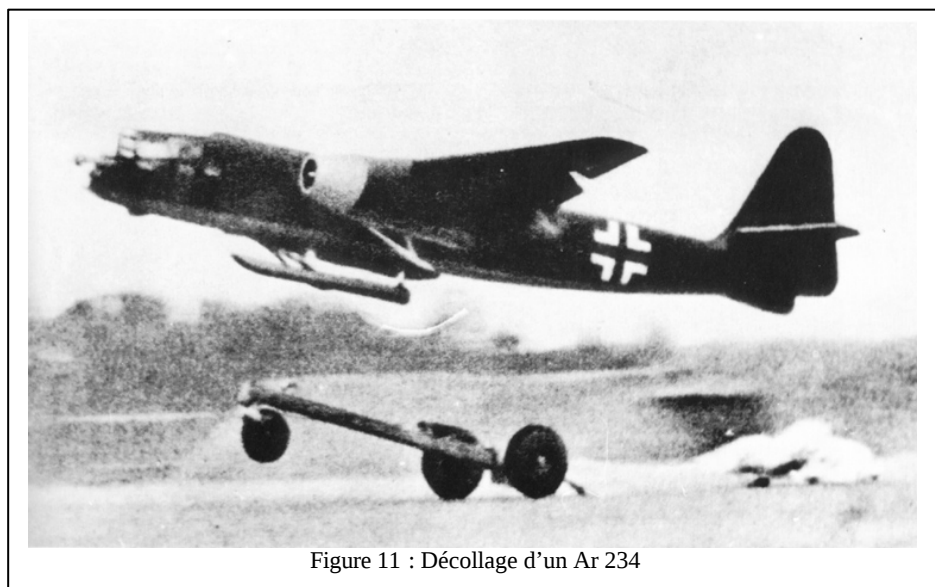


Vers le début 1944, les armes secrètes d'Hitler commençaient à faire leur apparition. Outre les bombes

volantes V1 et les missiles V2, une troisième arme secrète était l'avion à réaction.

La première mission de reconnaissance photographique jamais effectuée à bord d'un appareil à réaction (figure 11) fut faite par

le capitaine Erich Sommer à bord du biréacteur Arado Ar 234 ⁹ au-dessus de la Normandie durant l'été 1944 ¹⁰.



⁸ Smith Peter, *Junkers Ju 87 Stuka*, Crowood Pr Ltd, 1998

⁹ Les premiers Ar 234 de reconnaissance n'étaient pas encore équipés d'un train d'atterrissage. L'envol s'effectuait à partir d'un chariot tricycle largué au décollage ; le chariot était ensuite freiné par un parachute. L'appareil devait, à son retour se poser sur une piste en herbe en glissant sur des patins rétractables. L'appareil était à son tour freiné par un parachute.

¹⁰ Bauduin Philippe – Charon Eric, *Normandie 44 : les photos de l'avion-espion*, Maît Jacques, 1997

Le 2 Août 1944 à 16h32, Erich Sommer, depuis son Ar 234, photographie le port artificiel d'Arromanches depuis une altitude de 11 000 mètres. Cette photographie transmise au haut état-major allemand par béliographe ¹¹, révèle la présence de pontons flottants et de plus de trois cents navires alliés. L'image a été retravaillée par les analystes allemands qui ont surlignés les éléments importants du décor comme les navires et les pontons (figure 12).



Figure 12 : Le port d'Arromanches

Le 28 septembre 1944, Juvincourt est un terrain militaire allié. Erich Sommer survole à bord de son Ar 234 la base qui fut celle dont il partit au-dessus de la Normandie deux mois auparavant. Désormais, au sol, ce sont 165 Thunderbolt et un Lancaster. Un camp de toile est installé. Ce fragment laisse apparaître, cerclés de pointillés, les abris où étaient stationnés les Arado deux mois plus tôt avant que les troupes américaines ne prennent le terrain (figure 13).

¹¹ Le précurseur du fax inventé par Edouard Belin en 1907

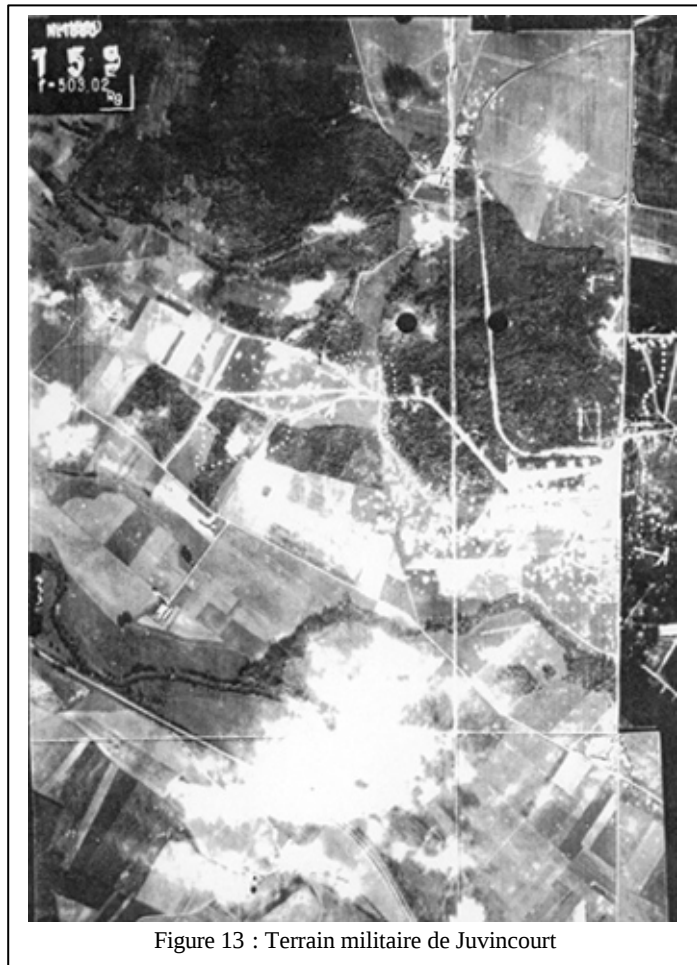


Figure 13 : Terrain militaire de Juvincourt

La guerre froide vit le développement d'avions espions spécifiques, en particulier le Lockheed U2, avion espion de reconnaissance en haute altitude conçu en 1956. Il ne disposait que d'un seul membre d'équipage.

Cet avion ne volait pas très vite (740 km/h) mais permettait de voler à 70 000 pieds (21335 mètres) sur une distance de 4635 km.

Il était doté d'un système d'optique très sophistiqué et classé secret défense permettant de prendre des photographies normales, infrarouges ou radars.

Aucune information précise n'est donc disponible mais il est admis que le système optique permettait de compter chaque homme dans un bataillon.

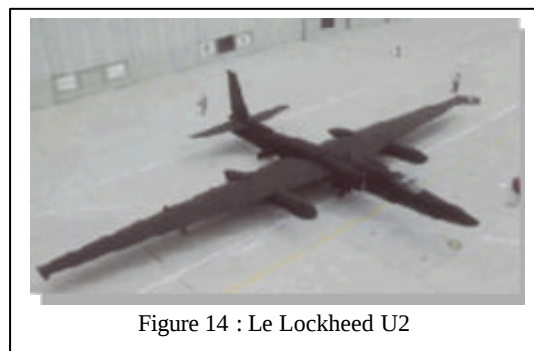


Figure 14 : Le Lockheed U2

Un exemplaire du Lockheed U2 fut abattu en union soviétique le 1^{er} Mai 1960. Francis Gary Powers, le pilote, fut touché au dessus de Sverdlovsk. Il s'éjecta et fut récupéré par les Soviétiques. Condamné à 10 ans de prison pour espionnage, il passa 21 mois derrière les barreaux et fut échangé en février 1962 contre l'espion russe Rudolf Abel, capturé à New York en 1957.

B. LE TRANSPORT DE L'IMAGE MILITAIRE

Obtenir l'image militaire est une chose, mais il est évident que ceux qui en ont besoin sont les chefs. Or, les chefs ne se déplacent jamais sur le terrain et prennent moins de risques que les soldats. Il faut donc que quelqu'un se charge de rapporter ces images au poste de commandement.

1. Le transport direct sans modification de forme de l'image

Dans le transport direct, l'image ou le message à transmettre n'est pas modifié. Si on transmet un dessin ou un plan, ce dernier arrivera à destination sans aucune modification de sa forme ou de son contenu.

a) Le porteur au crâne rasé

Utiliser un porteur pour transporter un plan, un dessin ou un message a souvent été utilisé au cours de l'Histoire. Le problème principal est que si le porteur est intercepté, le plan est perdu et peut avantager l'ennemi de façon certaine.

Lors de la conquête et de la destruction de l'Empire perse (334-323 avant J-C) par Alexandre le Grand, les Perses utilisèrent un ingénieux procédé de communication pour leurs plans de bataille et leurs messages à transmettre ¹².

Ils tatouaient les plans ou le message sur le crâne rasé d'un soldat puis ils laissaient repousser les cheveux. Le soldat était ensuite envoyé porter le message. S'il était capturé, personne ne pensait à regarder sous ses cheveux. C'était donc un procédé de stéganographie (le fait de dissimuler le message). Mais il ne fallait pas être pressé pour envoyer un message...

b) Le pigeon voyageur ¹³



Figure 15 : Un pigeon voyageur bagué aux pattes

- Dans l'Antiquité

Moïse raconte qu'après le déluge, alors que les eaux recouvraient encore la terre, Noé lâcha une colombe. Celle-ci revint à l'arche, portant un rameau d'olivier.

- L'instinct et la volonté qui poussent les pigeons à revenir vers leur point de départ sont connus et utilisés depuis les premiers temps de la civilisation. Les Égyptiens, les Perses, les Chinois et les Grecs, utilisaient les pigeons voyageurs comme messagers lors de leurs campagnes de guerre, ou pour la politique et le commerce. Des serveurs colombophiles étaient spécialement affectés à leurs soins et à leur transport.

¹² Kahn David, *La guerre des codes secrets*, InterEditions, 1980

¹³ Van der Linden Christian, *Le pigeon voyageur*, Payot, 1950

Après sa victoire aux jeux olympiques, un athlète de l'île d'Égine, lâcha un pigeon porteur d'un ruban pourpre qui repartit vers son île annoncer sa victoire.

- Les Romains comprirent dès le début de leurs conquêtes les avantages qu'ils pourraient en tirer. Ils bâtirent d'énormes pigeonniers pouvant contenir 4 à 5.000 pigeons. Ils se servaient des pigeons messagers en toutes occasions.

Des pigeons teints de différentes couleurs étaient relâchés après les courses de chars pour avertir les propriétaires de leur victoire ou de leur défaite.

- Le siège de Modène par Antoine, en l'an 43 avant J.-C., vit cet usage appliqué pour la première fois à l'art militaire. Le consul Hirtius envoya à Decius Brutus, commandant de la ville, une lettre attachée au cou d'un pigeon par un fil de soie. A son tour Decius Brutus dépêcha au camp des consuls un pigeon porteur d'une missive attachée à l'une de ses pattes.

- On pense que Pline l'Ancien ¹⁴ a fait allusion à cette manière toute nouvelle de correspondre avec les siens en temps de guerre, lorsqu'il décrit dans son *Histoire Naturelle* : "*A quoi servent les remparts et les sentinelles et le blocus, quand on peut faire parvenir des nouvelles à travers l'espace.*"

- *Au moyen Age*

Charlemagne rend l'élevage du pigeon "privilège nobiliaire". Pratiquement tous les châteaux, fermes seigneuriales et abbayes, possédaient une tour à pigeons. Celle-ci pouvait contenir jusqu'à 5.000 pigeons et attestait de la richesse et de la puissance de son propriétaire.

Les seigneurs les employaient comme messagers commerciaux, politiques et porteurs de renseignements en temps de guerre.

- Ils ont servi pendant les Croisades Religieuses. Lorsque les chrétiens arrivèrent en Orient pour conquérir Jérusalem, il existait un service de poste par pigeon. Dans le poème du Tasse *La Jérusalem est délivrée*, l'auteur écrit :

¹⁴ Pline l'Ancien, 30-79: Né dans une riche famille à Côme dans le nord de l'Italie, Pline suit à Rome les cours de l'école des Rhéteurs. Il commence ensuite une carrière équestre dans l'administration impériale. Préfet d'une aile de cavalerie, il fait campagne en Germanie, entre 47 et 57. Il interrompt sa carrière pendant les dernières années du règne de Néron et se consacre alors à des travaux littéraires. Devenu empereur, Vespasien, qui était son ami, le rappelle dans l'administration.

La dernière partie de sa vie est dévolue à une vaste compilation (trente-sept livres) dédiée à Titus : son *Histoire naturelle*. Pline assure qu'il a utilisé plus de deux mille volumes pour rassembler la matière de cette vaste enquête sur la nature. Il y consacre tout son temps libre : son neveu raconte qu'en été il se livre à l'étude dès la tombée du jour et en hiver dès une heure du matin. À tout moment, pendant ses repas ou en voyage, il a toujours à ses côtés un lecteur et un copiste auquel il dicte des extraits de ce qu'il entend lire.

Cette oeuvre, véritable bilan de la somme des connaissances de l'époque, sera longtemps le symbole de tout le savoir humain.

L'année qui suit la publication de son *Histoire Naturelle*, Pline meurt victime de sa curiosité scientifique : en voulant observer de plus près la fameuse éruption du Vésuve qui devait ravager Pompéi, il périt suffoqué par les vapeurs sulfureuses.

"Pendant que les chrétiens se préparent à l'assaut et les infidèles à la défense, on aperçoit un pigeon qui fend les plaines de l'air et dirige son vol vers les remparts de Saline. Les ailes étendues, il plane sur l'armée chrétienne. Déjà, cet étrange courrier du sein des nues s'abaisse vers la cité. Mais soudain, un faucon au bec tranchant, à la serre cruelle, fond sur l'oiseau timide. Il le poursuit, il le presse et déjà il est prêt à le déchirer. Le pigeon tremblant s'abat et va chercher un asile sur les genoux de Bouillon. Le héros le reçoit et le sauve. Mais au bout d'un fil attaché à son cou, pend un billet qui est caché sous son aile. Godefroy le prend, l'ouvre et lit ces mots : "Le général d'Égypte au Roi de Palestine - Salut - Ne laisse point, Seigneur, abattre ton courage. Résiste encore 4 à 5 jours. Je viens délivrer les murs. Tes yeux verront tomber tes ennemis." "

- La poste par pigeon fut également mise à l'honneur par le Sultan Saladin, lors du siège de Ptolémaïs. C'est par ce même moyen que le débarquement de Saint-Louis en Égypte fut annoncé au Sultan du Caire et que furent appris les résultats de la bataille de Mansourah, si désastreuse pour les chrétiens.

- Le Sultan Nouredin (1146-1173) avait également apprécié tous les avantages que pouvait procurer la poste par pigeons afin d'être informé au plus tôt de ce qui se passait dans ses états. Par ses soins, le service des postes avait été complètement organisé. Des tours servant de colombiers avaient été élevées de distance en distance sur toute l'étendue de l'empire. Chaque colomnier avait son directeur et ses veilleurs qui attendaient à tour de rôle l'arrivée des pigeons. On y trouvait aussi des domestiques et des mules pour les échanges réciproques de pigeons. Cette institution des colombiers présentait un si grand intérêt pour la sûreté et la tranquillité publique, que les dépenses engagées étaient considérables.

- Dans un manuscrit arabe conservé à la Bibliothèque Nationale et dont une traduction se trouve insérée dans le premier volume du voyage en Syrie de Volney, on trouve exposée une partie de la distribution de ces colombiers. Par leur moyen, les villes plus importantes étaient mises en relation les unes avec les autres.

Les lettres destinées à être transmises étaient attachées sous l'aile du pigeon et souvent, en duplicata, confiées à des pigeons différents. Arrivées à destination, elles étaient remises par le veilleur au sultan lui-même, qui seul, avait le droit de les détacher. Les pigeons étaient appelés les anges du roi et les plus rapides étaient hors de prix.

- Les corsaires de Dunkerque et de Saint-Malo utilisaient des pigeons avec une technique toute particulière. Elle consistait à envoyer une barque de reconnaissance au large avec quelques pigeons. Dès qu'une proie était repérée, on lâchait les pigeons. Ceux-ci indiquaient, en tournant pour s'orienter, la position du bâtiment convoité.

- *Après la Révolution*

Il fallut attendre la Révolution de 1789 pour voir abolir le "privilège nobiliaire". Dans presque tous les cahiers de doléances, on trouve trace de dégâts occasionnés par les pigeons de châteaux aux cultures.

La Révolution donna à tous le droit de détenir des pigeons. Des colombiers se bâtirent un peu partout, surtout pour en retirer de la viande bon marché : le pigeon se nourrissait dans les champs dès les beaux jours et, en les habituant, l'hiver on pouvait leur faire manger un peu de tout.

- Mais le goût du jeu étant très développé à cette époque, des concours sont organisés en 1800 dans le Nord de la France et en Belgique. C'est le début d'une sélection sévère qui aboutira au vrai pigeon voyageur.

- En 1806, les financiers de l'époque comprennent l'intérêt que représente le pigeon messenger pour la transmission d'une information. Aussi n'hésitent-ils pas à louer à prix d'or des pigeons bien entraînés. C'est ainsi que Rothschild, apprenant la défaite de Napoléon à Waterloo par pigeon messenger, disposa avant tout le monde d'une information qui lui permit une excellente spéculation boursière qui fut à l'origine de sa fortune.

- A Anvers, les propriétaires de bateaux de transport marchand faisaient emmener sur ceux-ci de nombreux pigeons. Quand les marins n'avaient plus que quelques jours de mer à voyager, ils lâchaient ceux-ci avec des messages indiquant la marchandise transportée. A l'arrivée du bateau, celle-ci était déjà vendue. C'est ainsi que cette ville avec ses 25.000 pigeons sélectionnés, était en 1846 la première ville colombophile au monde.

- Pendant le siège de Paris en 1870, 64 ballons chargés de pigeons quittèrent la ville. Ils étaient destinés à rapporter à la capitale, assiégée par les troupes allemandes, des nouvelles du Gouvernement. Les dépêches étaient miniaturisées par un procédé mis au point par le photographe Dragon, qui s'était fait remarquer en réduisant une photo représentant 400 députés sur une pellicule de 2 millimètres carrés. Grâce à ce procédé, chaque pigeon pouvait transporter 3.000 dépêches sur une pellicule de 3,5 millimètres carrés.

Pendant le siège, les pigeons ont ainsi acheminé 115.000 dépêches officielles et plus d'un million de dépêches privées.

Les 25 premiers pigeons furent emportés par le ballon Le Washington. Ils furent ensuite amenés à Tours où s'était installé le Gouvernement. Le 17 octobre, on leur confia leur première mission, qu'ils accomplirent fidèlement. L'expérience fut renouvelée avec le même succès et fut si concluante que le 4 novembre, on les chargea de la correspondance privée. Les pellicules étaient projetées sur un écran et recopiées à la main. Ainsi, Paris recevait-il régulièrement un véritable journal qui le tenait au courant des opérations militaires et de la vie du pays.

Les pigeons étaient chassés par les Uhlans, lanciers de l'armée allemande et par les paysans qui avaient déclaré la guerre aux pigeons. Leur action avait pris une telle ampleur que Gambetta avait édicté la peine de mort contre quiconque serait surpris tirant sur l'un d'eux.

- Le 6 septembre, décision fut prise par le Préfet du Nord, à l'initiative de M. Hassebroucq, Président du Tribunal de Commerce de Roubaix, d'envoyer à Paris, avant que les lignes de chemins de fer ne soit coupées, des pigeons pour ramener des nouvelles de la capitale. Mille cinq cents pigeons furent réunis dans les villes de Roubaix et de Tourcoing et on fit appel à deux colombophiles, J. François de Tourcoing et H. Leman de Roubaix pour les accompagner.

Le 9 septembre au soir, ils arrivaient à Paris. Les pigeons furent logés au Bois de Boulogne, dans les greniers du jardin d'acclimatation. La première dépêche reçue à Roubaix donnait les détails de la bataille de Champigny.

Six siècles après l'Orient, la France emploie enfin le pigeon voyageur comme porteur de messages. Après la guerre de 1870, l'armée en tire les leçons qui s'imposent. Coëtquidan et Montoire deviennent les principaux centres d'instruction colombophile militaire.

- Vers 1900, les pigeons sont embarqués sur les bateaux et employés comme porteurs de courrier. Bientôt, ils servent les cours de la Bourse. Bien entendu, il faut d'abord les transporter sur les lieux où ils sont employés avant de pouvoir les relâcher porteurs d'un message. Ce voyage s'effectue souvent à dos d'homme, parfois à cheval.

- *Durant la Première Guerre Mondiale*

Durant la guerre 1914-1918, l'armée française améliore sa technique : au lieu de colombiers fixes qui se trouvaient soit très loin du front, soit trop près, ils utilisent l'Araba, qui avance et recule selon le retrait ou la progression de l'adversaire. L'Araba était un autobus à impériale de marque Berliet, transformé en pigeonnier. Le bas servait de réserve de nourriture et de logement pour le soigneur. Les soldats qui s'occupaient des pigeons avaient un très grand rôle et les pigeons revenaient surtout pour eux.



Figure 16 : L'Araba, pigeonnier mobile

- En 1916, on fabrique 16 pigeonniers sur remorque, afin d'améliorer la mobilité. Certains pigeons furent de véritables héros. Le plus connu d'entre eux est "Le Vaillant", matricule 787.15, qui fut lâché du fort de Vaux le 4 juin 1916 à 11 heures 30 pour apporter à Verdun le dernier message du Commandant Raynal. Celui-ci écrivait :

"Nous tenons toujours, mais nous subissons une attaque par les gaz et les fumées très dangereuses. Il y a urgence à nous dégager, faites-nous donner de suite toute communication optique par Souville, qui ne répond pas à nos appels. C'est mon dernier pigeon. Signé : Raynal."

Ce pigeon a obtenu la citation suivante à l'ordre de la Nation :

"Malgré les difficultés énormes résultant d'une intense fumée et d'une émission abondante de gaz, a accompli la mission dont l'avait chargé le commandant Raynal, unique moyen de communication de l'héroïque défenseur du fort de Vaux, a transmis les derniers renseignements qui aient été reçus de cet officier, fortement intoxiqué, est arrivé mourant au colombier."

- L'utilisation du pigeon soldat a permis de sauver de nombreuses vies humaines. C'est ainsi que le Capitaine René écrit dans son ouvrage Lorette, une bataille de 12 mois, octobre 1914 - septembre 1915 :

"Une unité de chasseurs à pied, engagée à fond, s'est trouvée en pointe et coupée des autres unités. Tous les moyens pour aviser le commandement de cette situation étaient fauchés par les bombardements ou le tir des mitrailleuses. Le téléphone était coupé et la liaison optique impossible en raison de la fumée des éclatements. C'est alors que les chasseurs qui avaient emportés quelques pigeons voyageurs obtinrent de les lâcher avec le message suivant : "Sommes sous le Souchez. Subissons lourdes pertes, mais le moral est très élevé. Vive la France !" Du colombier, le message fut transmis à l'artillerie qui allongea le tir, protégeant ainsi nos chasseurs d'une contre-attaque allemande. Ainsi Souchez fut libéré."

- Durant la Deuxième Guerre Mondiale

Durant la guerre 1939-1945, 16.500 pigeons anglais furent parachutés en France, afin de rapporter au commandement allié des renseignements sur les lignes ennemies. Les Allemands avaient spécialement dressé des faucons pour les attaquer en vol.

Un jour, six sous-marins allemands se réfugient dans le port de Bordeaux. Les résistants envoient un pigeon messenger avertir l'opérateur radio de Toulouse et deux heures plus tard, la RAF largue une pluie de bombes sur les sous-marins. Ce pigeon fut appelé "Le Maquisard". Un autre pigeon, nommé "White Vision", était affecté à un hydravion de la RAF. Au cours d'une mission dans la tempête, l'appareil tomba dans la Mer du Nord. Les aviateurs lâchèrent le pigeon malgré le brouillard et le froid, porteur d'un message indiquant leur position. "White Vision" remplit sa mission malgré la tempête, et quelques heures plus tard, les aviateurs étaient sauvés.

- *De nos jours*

- Le pigeon voyageur n'est plus guère employé comme messenger : il a été victime de la concurrence du télégraphe, puis du téléphone et de la radiophonie (TSF). Mais il a encore servi pendant les deux dernières guerres, car c'est un messenger que l'ennemi ne peut neutraliser, à moins de l'abattre. L'armée française possède encore un colombier au Mont Valérien, à Suresnes, dans la banlieue parisienne, et quelques pigeonniers mobiles.

- Des hôpitaux emploient les pigeons voyageurs pour transporter leurs produits à analyser de l'hôpital au laboratoire (par exemple, de Granville à Avranches, dans la Manche). Les habitants des îles isolées les utilisent de la même façon pour se relier au continent. C'est plus rapide et plus économique que le bateau ou la voiture. Le pigeon ne craint pas les embouteillages.

- L'US Navy a ouvert à Hawaï une école de pigeons héliportés destinés au repérage et au sauvetage en mer. Les moniteurs associent certaines couleurs à des récompenses (rouge, jaune, orange). Quand la couleur apparaît, le pigeon appuie sur une petite pédale et la récompense tombe. Comme ces couleurs sont celles des canots pneumatiques et des gilets de sauvetage et que le pigeon a une excellente vue, le tour est joué !... Les pigeons sont efficaces à 90%, alors que l'homme n'atteint que 30%.

Il est évident que tout moyen de transport comme l'avion, le train, la voiture ... peut être utilisé pour transporter l'image militaire, mais c'est vraiment le pigeon voyageur qui a joué le plus grand rôle dans l'Histoire.

2. Le transport indirect avec encodage de l'image

Dans le cas du transport indirect, la photographie militaire est décomposée avant d'être transmise, puis recomposée à l'arrivée.

L'image est, en fait, décomposée en éléments simples, comme par exemple, des mots, qui décrivent cette dernière sous forme de texte.

Apparaît avec le transport indirect, la technique que l'on appelle *Cryptographie*. Elle permet de brouiller le message afin qu'il ne puisse pas être lu par quelqu'un d'autre que le destinataire.

Avec le transport direct, l'image restait sous sa forme première et pouvait donc être visualisée par toute personne l'interceptant.

Le but du transport indirect va être d'une part d'accélérer le processus d'envoi vers le destinataire quand c'est possible et d'autre part de protéger l'image contre l'interception.

a) Le porteur

Le porteur doit transmettre le message à son destinataire. Le porteur peut être un être humain, mais aussi un pigeon voyageur, un véhicule ...

Le principe est à peu près le même que dans le cas du transport direct, à la différence que l'image est transportée sous forme de message et non plus dans sa forme originale et que ce message est chiffré ¹⁵.

- La Scytale Lacédémonienne ¹⁶

Une des traces les plus anciennes que nous connaissons est la Scytale Lacédémonienne (figure 17) utilisée au cinquième siècle avant Jésus Christ. On enroulait une bande de papyrus autour d'une baguette en bois. On rédigeait alors le texte transversalement en lignes verticales successives.

Une fois la bande détachée, ce texte ne présentait plus de sens cohérent et ne pouvait être déchiffré que par ceux possédant une baguette de même diamètre.

En résumé la technique consistait à:

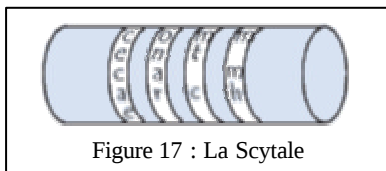


Figure 17 : La Scytale

- ? enrouler une bande de papyrus sur un cylindre appelé **scytale**
- ? écrire le texte longitudinalement sur la bandelette ainsi enroulée (le message dans l'exemple ci-dessus est "comment ça marche")

Le message une fois déroulé n'est plus compréhensible ("cecaenar mt c m mh"). Il suffit au destinataire d'avoir un cylindre de même rayon pour pouvoir déchiffrer le message.

En réalité un casseur ¹⁷ (il existait des casseurs à l'époque...) peut déchiffrer le message en essayant des cylindres de diamètre successifs différents, ce qui revient à dire que la méthode

¹⁵ Chiffrement : Terminologie officielle pour le mot cryptage, technique de brouillage d'un texte clair

¹⁶ Stern Jacques, *La science du secret*, Odile Jacob, 1998

¹⁷ On les appelle les Cryptanalystes de nos jours : ceux qui peuvent lire un message secret sans en connaître la clef

peut être cassée statistiquement (il suffit de prendre les caractères un à un, éloignés d'une certaine distance).

Cette technique de chiffrement du message n'est pas la seule et de nombreuses autres sont apparus durant les siècles suivants.

- *Le chiffre César, Vigenère et les Lexiques de chiffrement* ¹⁸

Plus tard, on attribue à Jules César une autre méthode de cryptographie. Elle consiste à remplacer chaque lettre par une lettre située trois places plus loin dans l'alphabet (A devient D, B devient E,..., X devient A, etc.). Un système de ce type est très facile à casser. Il suffit de repérer les lettres les plus fréquentes dans la langue pour découvrir le pas de substitution (en français ce sont les lettres E puis S et A). Une généralisation de ce système s'appelle système cryptographique de Vigenère. La clef consiste en une série de lettres, par exemple BEN, que l'on recopie sous le message à coder de la façon suivante.

message :	MYSTERE.....
clef	: BENBENB.....
texte	: ODGVJFG.....

Une fois que l'on a attribué à chaque lettre sa place dans l'alphabet, on décale de deux rangs lorsque l'on "ajoute" B, de cinq pour E et de quatorze pour N. Pour déchiffrer le message, il suffit de connaître la clef et de la retrancher au texte chiffré. Il est un peu plus difficile de cryptanalyser un tel message car en fonction de sa place par rapport aux lettres de la clef, une même lettre se transformera différemment. Néanmoins, des méthodes statistiques permettent encore de cryptanalyser de tels messages. On peut encore compliquer ce système en changeant de clef fréquemment selon un code préétabli. Supposons que l'auteur et le destinataire possèdent un même livre. Un message chiffré commencera par une indication du type 35,4 et il faudra chercher page 35, le quatrième mot pour déterminer la clef de déchiffrement.

On peut aussi convenir à l'avance de changer de clef en passant au mot suivant à intervalles réguliers. Le stade ultime de ce système fut la création de sortes de lexiques de chiffrement transformant lettres, syllabes ou mots en suites de chiffres. On utilisa de tels livres jusqu'à la première guerre mondiale. Mais de telles méthodes étaient lourdes et lentes et il ne fallait pas laisser traîner les livres !

¹⁸ Kahn David, *La guerre des codes secrets*, InterEditions, 1980

b) La transmission par relais ¹⁹

Le besoin de transmettre des informations sur de grandes distances est universel. Parfois auditif (le tam-tam africain par exemple), mais le plus souvent visuel (fanions, signaux de fumée des Indiens d'Amérique, flambeaux utilisés sur la Grande muraille de Chine pour annoncer les envahisseurs ou pendant la Guerre de Troie pour annoncer la victoire, ...), ce besoin est obligé de se contenter de moyens simples à l'origine pour être satisfait.

En 336 avant Jésus-Christ, le Grec **Énée dit le Tacticien** utilise pour la première fois des signaux visuels codés. Dans des vases remplis d'eau, des flotteurs en liège comportent une règle graduée verticale sur laquelle sont inscrits des signes. Le premier poste fait un signal avec une torche et ouvre un robinet situé en bas de son vase ; le poste suivant fait de même. Arrivé à la position de la règle qu'il souhaite, le premier poste ferme le robinet et refait un signal avec sa torche : le poste suivant répète le mouvement et connaît ainsi la position de la règle : il ne reste qu'à traduire.



Figure 18 : Relais visuels d'Énée le Tacticien



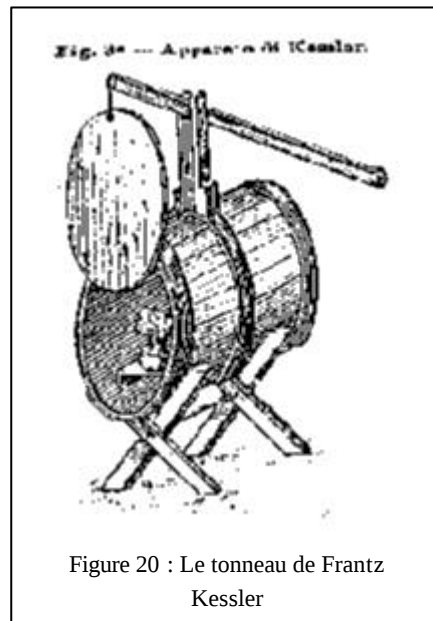
Figure 19 : Une tour à signaux romaine

En 150 avant notre ère, l'historien grec **Polybe** utilise des signaux alphabétiques à l'aide de deux groupes de cinq torches bien séparés. L'alphabet est divisé en cinq groupes. Les torches de gauche indiquent le groupe de lettres qu'il faut utiliser (par exemple deux torches allumées signifient deuxième groupe de lettres), les torches de droite la lettre qu'il faut prendre (une torche, par exemple, désigne la première lettre du groupe).

Les Romains franchissent l'étape suivante en mettant en place un système permanent de relais qu'ils placent dans des tours tenues par des stationnaires militaires tout autour de la Méditerranée (figure 18). Ces tours communiquaient par signaux de torches et on en aurait compté environ 1197 en Italie, 1 200 dans les Gaules, 500 en Asie.

¹⁹ Wilson Geoffrey, *The old telegraphs*, Philimore, 1976

Tous ces systèmes ont en commun le fait qu'on ne peut les lire de loin. Il faudra donc attendre l'invention, puis la mise au point de la longue-vue pour arriver au système Chappe. La première utilisation d'une longue-vue est à mettre au crédit de l'Allemand **Franz Kessler** (vers 1580 - 1650). Il suggère en 1616 de placer les signaux dans un tonneau noirci afin d'en améliorer la vision de loin et de cibler celui-ci à l'aide d'un viseur (figure 20).



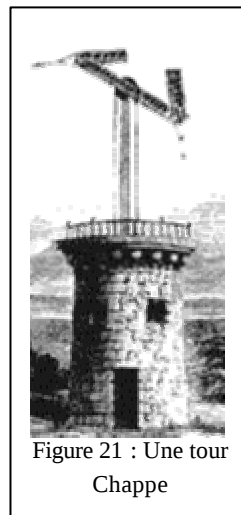
C'est le français **Guillaume Amontons** enfin, qui eut le mérite, vers 1690, d'utiliser une lunette d'approche pour observer des signaux transmis par postes fixes. Il faudra tout de même attendre la fin du siècle suivant pour avoir des lunettes fiables.

c) Les tours télégraphiques ²⁰

Vers 1790, une diligence pouvait porter un message de Paris à Strasbourg en **quatre jours**. En 1799, le même message mettra moins de **...2 heures !**

Cette véritable révolution est due à une invention, le télégraphe optique de Claude CHAPPE (figure 21). Il marque la naissance des télécommunications.

Cette technique fut créée pour causes de guerres révolutionnaires européennes : le besoin de communications rapides précipita la construction de lignes, le retour à la paix les mit en sommeil; au gré des divers événements, le réseau se développa, puis l'invention de nouvelles techniques l'acheva vers 1850.



Il existait plus de 500 stations permanentes en France.

Les recherches des frères Chappe aboutirent à un système de 3 bras articulés, formant des figures géométriques, dont chaque figure correspondait à un chiffre ou un nombre, selon un "vocabulaire" pré-établi, transmis de site à site, entre deux points distants. Claude Chappe baptisera au départ son invention Tachygraphe, afin d'exprimer un gain de rapidité par rapport aux moyens de transmissions de messages, existants de l'époque, soit la Poste aux Lettres et la Poste aux Chevaux ²¹.

A cette époque l'Assemblée Nationale encourageait toute démarche ou toute expérience "utile au bien Public". De plus, le pouvoir étant "en danger", il recherchait des moyens de communication rapides avec son armée, ses frontières, ses comités dans la France entière. Claude Chappe présenta son invention à la Convention Nationale, sous la haute protection de Joseph Lakanal conquis par le bien-fondé de ce projet. Il sera également bien épaulé par son frère Ignace qui devient en 1791 député de la Sarthe. Il obtiendra l'autorisation et le financement d'une ligne expérimentale entre Ménilmontant et St-Martin-du-Tertre, opération qui fut un succès.

Puis la Convention décidera de la création de la première ligne (à grande distance) entre Paris et Lille. Mais l'invention est "nationalisée" par la Convention Nationale, et Claude Chappe sera nommé Ingénieur Thélégraphe (sic), avec appointements d'un Lieutenant du Génie. Cette invention qui prend le nom définitif de Télégraphie Aérienne est un élément de prestige de la jeune République, un moyen sûr de surveiller les frontières du pays, mais aussi de surveiller les armées que guette l'insubordination à l'époque.

Le réseau de Télégraphie Aérienne va se mettre progressivement en place, à partir de 1794.

²⁰ Saint Denis Gilles, *La télégraphie Chappe*, Editions de l'Est, 1993

²¹ La Poste aux Chevaux (maîtres de poste) était destinée aux voyageurs et aux marchandises, la Poste aux Lettres (maîtres des courriers) était destinée au courrier.

- Le système Chappe

Le principe fondamental du système Chappe est la transmission d'un signal visuel (codé), soit une figure géométrique, à partir d'un point émetteur, à l'aide de "bras" articulés. Ce signal est reçu en un autre site par un agent télégraphier qui scrute avec une longue-vue, le site émetteur. A son tour l'agent transmet avec le même mécanisme le signal vers un autre site distant, c'est la retransmission. Le même signal est donc répété 15 fois sur une ligne qui comprend 15 sites relais de transmission.

La vitesse de transmission d'un message sera d'autant plus rapide et performante qu'il y aura un nombre faible de relais de retransmission. Ainsi les tours Chappe sont distantes d'environ 8 kilomètres, suivant la topographie du terrain, mais également de la "performance" des lunettes de visée.

Les agents en poste à chaque tour sont nommés par l'Administration du télégraphe, des "stationnaires", parce qu'ils sont en "station" (comme la station du Trou d'Enfer²²). Ils sont deux par tour ou station : l'un lit les signaux avec sa lunette de visée, l'autre manipule l'appareillage pour retransmettre les signaux à raison de 8 à 10 signaux par minute.

A chaque extrémité de la ligne, un poste de Direction. Par exemple en 1823, un Directeur était en poste à Bordeaux et un autre Directeur à Bayonne. Seuls ces directeurs connaissaient le code ou "vocabulaire" des signaux chiffrés reçus. Chaque signal transmis était effectivement un chiffre ou un nombre. Ainsi le nombre 91 transmis était traduit par "République"... Le dit code ou "chiffre" a été élaboré par Prosper Delaunay, parent de Chappe, ancien Consul du Portugal.



Figure 22 : La station du Trou d'Enfer



Figure 23 : Les bras articulés de la station du Trou d'Enfer

²² La station du Trou d'Enfer est située sur la commune de Bailly dans le département des Yvelines (78) à 12 km à l'ouest de Paris. La tour a été construite en 1798 : Claude Chappe, qui avait choisi l'emplacement, confia la direction des travaux à son frère Ignace. Elle mesurait initialement 4 m de hauteur sur une base presque carrée de 4,20 m de longueur. La ligne commença à transmettre des messages en juin 1799. Le dessin de la figure 23 daté de 1842, représente la tour à l'époque de son fonctionnement. Il montre que la tour avait un toit presque plat et légèrement débordant. Cependant à sa construction en 1798, le toit n'était pas encore plat, il a été modifié par la suite.

d) La télégraphie morse

La télégraphie avec fil qui a suivi l'invention de Claude Chappe est connue sous le nom de télégraphe Morse.

L'invention en 1800, par le physicien italien Alessandro Volta, de la pile voltaïque, premier moyen de stocker l'électricité, suscita une immense vague d'expérimentations électriques, dont de nombreuses tentatives d'établir une communication entre des points éloignés en utilisant l'électricité et des fils métalliques. Le peintre paysagiste américain Samuel F.B. Morse imagina en 1832 un appareil électromagnétique utilisant des courants électriques interrompus en fonction d'un code prédéfini.

En 1843, le Congrès alloua 30 000 dollars pour tester son invention sur une ligne de 65 kilomètres, le long de la voie ferrée Washington-Baltimore. Elle fut ouverte le 24 mai 1844 par ce message: «Quelle œuvre Dieu a faite!». Au cours de cette même année, naquirent des sociétés privées qui projetaient de gérer des lignes en morse vers toutes les régions du pays. Après plusieurs tentatives, un câble sous-marin relia la Grande-Bretagne et l'Amérique en 1866. Un autre atteignit l'Australie en 1871. Et, bien avant le nouveau siècle, un vaste réseau de lignes couvrait la plus grande partie de la planète.

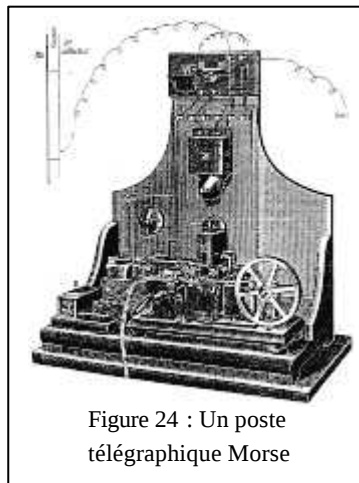
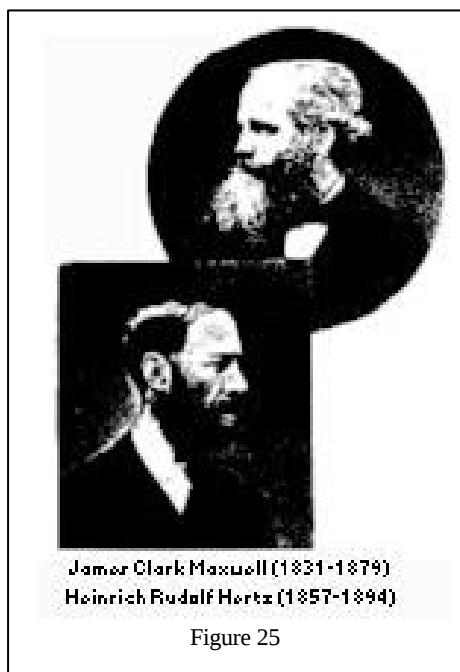


Figure 24 : Un poste télégraphique Morse



- ONDES HERTZIENNES

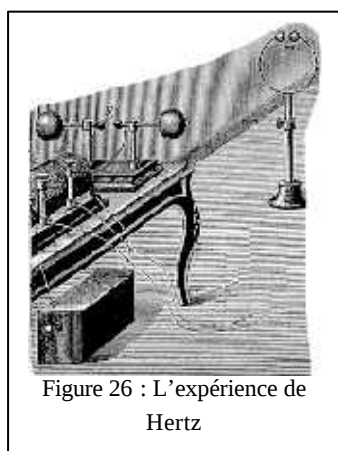
Maxwell et Hertz découvrent les ondes électromagnétiques

1873 - James Maxwell à Londres, publie son Traité d'électricité et de magnétisme.

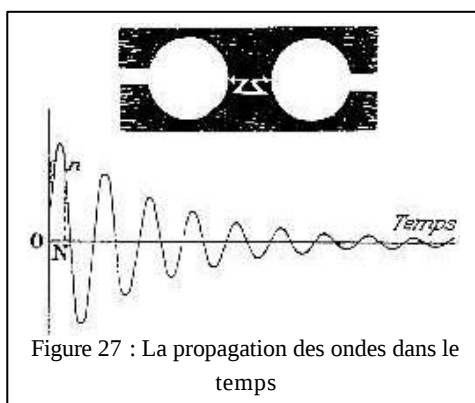
Par raisonnement mathématique, il établit que toute perturbation électrique donne naissance à des oscillations électromagnétiques de fréquences diverses, non perceptibles par nos sens, qui rayonnent dans l'espace, comme le son, la lumière et la chaleur.

1887 - Heinrich Hertz à Karlsruhe vérifie par l'expérience les théories de Maxwell.

Une étincelle électrique jaillit entre deux boules de cuivre. A quelques mètres et simultanément, une étincelle minuscule prend naissance dans la coupure du *résonateur* en forme de boucle. Il est ainsi prouvé que les oscillations électromagnétiques sont induites à distance (figure 26).



Les "claquements électriques" successifs ébranlent l'état magnétique de l'espace environnant, de la même façon que des pierres jetées dans un lac font onduler de proche en proche la surface des eaux (figure 27). Cette comparaison poétique est à l'origine de l'emploi du mot "ondes" pour désigner les oscillations électromagnétiques ... les *ondes hertziennes*.

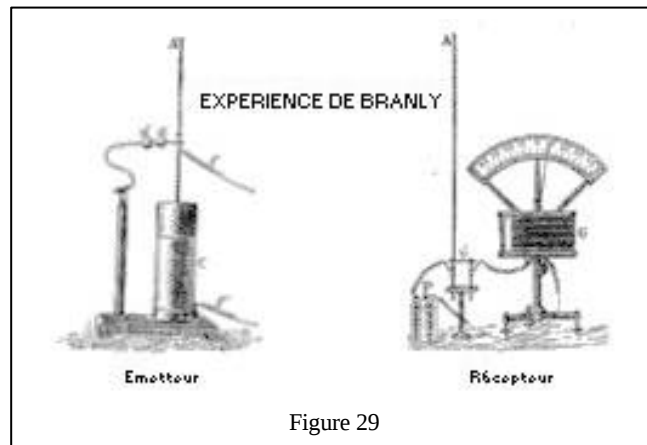
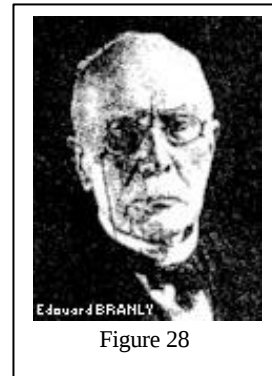


²³ Bertho Catherine, *Télégraphes et téléphones de Valmy au microprocesseur*, Le Livre de Poche, 1981

- TUBES A LIMAILLE

Branly découvre le premier récepteur sensible d'ondes hertziennes.

1890 - Edouard Branly découvre à Paris que la limaille de divers métaux devient brusquement conductrice lorsqu'une étincelle électrique éclate à proximité. Son *tube à limaille* qu'il appelle radioconducteur, muni d'une antenne, fait alors dévier l'aiguille d'un galvanomètre. Un léger choc sur le tube retire à la limaille les propriétés conductrices et coupe le circuit. Branly fait la démonstration. Les appareils, émetteur et récepteur sont disposés respectivement dans deux salles de l'Institut Catholique séparés par 30 mètres (figure 29).



1894 - Olivier Lodge à Oxford reproduit l'expérience de Branly. Il automatise la décohérence de la limaille au moyen d'un trembleur à mouvement d'horlogerie. Il obtient une portée de 130 mètres et baptise le tube à limaille *cohéreur*.

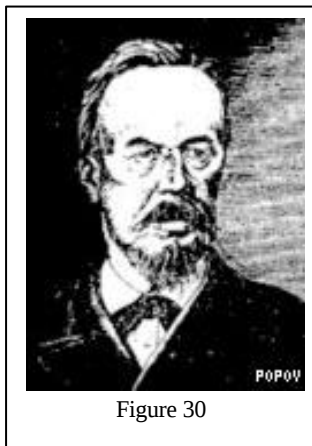
Désormais, il est possible de déclencher une action mécanique importante à distance, à travers les murs, sans lien matériel ... SANS FIL !

- TELEGRAPHIE ... SANS FIL ...

Popov Transmet le premier message Morse ... sans fil. Ducretet construit un matériel de "Télégraphie hertzienne sans fil" de qualité. Marconi pressent que les Ondes Hertziennes se propagent A GRANDE DISTANCE. Il multiplie les expériences ... et les succès.

- A partir de 1890, dans les Sociétés Savantes et dans les Grandes Ecoles, on s'intéresse aux Ondes Hertziennes.

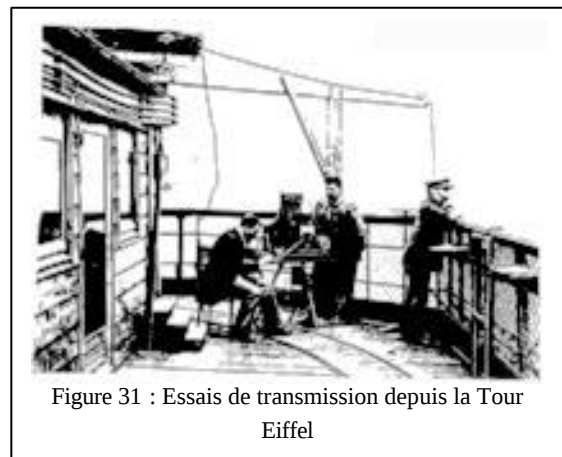
- Dès 1892, à Paris, le célèbre constructeur d'appareils scientifiques, Eugène Ducretet, fournit aux cabinets de physique des appareils de qualité pour reproduire les expériences de Hertz, de Branly puis de Lodge.



- A Kronstadt en Russie, Alexandre Popov, professeur de physique des officiers de marine du Tzar, porte une grande attention à ces expériences. Il a l'idée d'utiliser les Ondes Hertziennes et le Tube à Limaille pour actionner, à distance et sans fil, une sonnerie. Il transmet ainsi des messages en Code Morse. Il imagine d'utiliser comme antenne, un fil métallique soutenu par un ballon et les câbles de descente des paratonnerres.

- Le 7 Mai 1895, Popov présente son expérience à la Société Russe de physique et de chimie de Saint-Pétersbourg. Le 24 Mai 1896, il obtient une portée de 250 mètres. Le message cadencé par un manipulateur s'inscrit sur la bande de papier déroulée par un télégraphe Morse. La décohésion est obtenue automatiquement par une sonnerie frappeuse branchée dans le circuit de réception. Le poste radio-téléphonique "Popov-Ducretet", inventé par la suite, est à l'origine de la réception du Morse par "lecture au son".

- En Novembre 1897, Eugène Ducretet réussit des essais de transmission aux abords de son laboratoire de la rue Claude Bernard. Le 5 Novembre 1898, il réalise la première liaison Hertzienne au-dessus d'une grande ville (figure 31), entre le 3ème étage de la Tour Eiffel et le Panthéon (4 kilomètres).



- Popov correspond avec Ducretet, puis le rencontre à Paris en 1899. De leur collaboration va naître tout un matériel de "télégraphie hertziennne sans fil" de qualité (figures 32 et 33). Les ateliers Ducretet équippent 23 bâtiments de la flotte Russe et les stations côtières.

- Ces mêmes appareils Popov-Ducretet utilisés à partir de 1899 par le Lieutenant de Vaisseau Tissot, au large de Brest, permettent des liaisons de 42, puis 83 kilomètres.



Figure 32

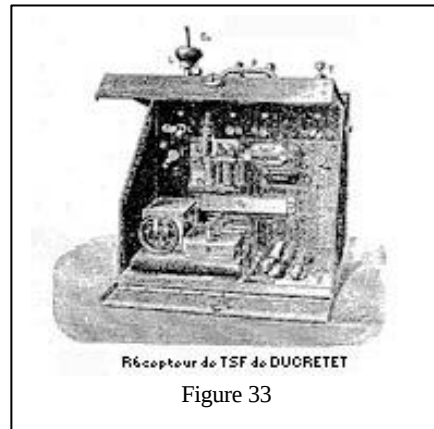


Figure 33

- A la même époque, le jeune Guglielmo Marconi, qui va devenir le grand promoteur et industriel de la télégraphie sans fil, commence ses expériences près de Bologne. Lui aussi a l'idée de transmettre sans fil des messages Morse. Il pressent que les ondes Hertziennes peuvent se propager à *grande distance*. Muni de capitaux importants, il augmente progressivement la puissance des appareils émetteurs de Hertz et la sensibilité des dispositifs récepteurs de Branly. Il imagine de relier l'un des pôles à la Terre.



Figure 34

- Marconi multiplie les expériences ... et les succès.

- Fin 1895 - Il fait inscrire des signaux Morse à 2.400 mètres.

- Juillet 1897 - Il obtient une portée de 16 kilomètres entre La Spezzia et le cuirassé San Marino.

- Octobre 1897 - Il atteint 54 kilomètres (Salisbury-Bath).

- Mars 1899 - Son message destiné au professeur Branly traverse la Manche, sans fil. (46 Km.)

- Février 1901 - Il relie Antibes à la Corse. (175 Km.)

- Décembre 1901 - Installé à Terre-Neuve, il perçoit des signaux émis depuis la côte Est de l'Angleterre : 3.400 Km. Le succès de cette expérience est confirmé en 1903 par la réception d'un message télégraphique complet.

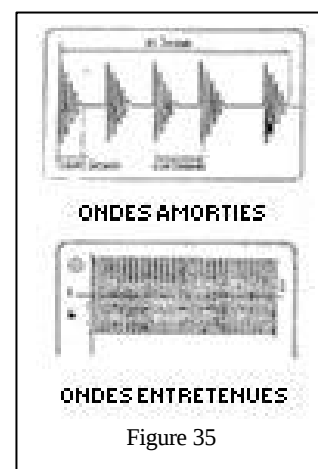
- Des expériences semblables sont poursuivies depuis 1897 par Adolphe Slaby près de Berlin et Ferdinand Braun à Strasbourg

- T.S.F. PREMIERE GENERATION

Dans les installations de Télégraphie sans fil de la première génération, type Popov-Ducretet ou Marconi :

- L'émetteur ou transmetteur est composé d'un générateur de haute tension : une *bobine d'induction* dite de ruhmkorff. Les étincelles électriques de couleur rose-violet jaillissent à répétition entre les deux boules de cuivre de l'*éclateur-oscillateur*.

On a donné le nom d'*ondes amorties* aux signaux engendrés par l'appareil décrit ci-dessus, par comparaison aux *ondes entretenues* découvertes plus tard et qui sont utilisées de nos jours (figure 35).



- Le récepteur est composé principalement d'un *tube à limaille* dit aussi *radioconducteur* ou *cohéreur*. Une faible quantité de limaille de fer, de nickel, d'argent ou d'or est contenue dans un petit tube de verre sans pression notable entre deux pistons métalliques. En temps normal, l'appareil présente une forte résistance au passage du courant électrique, mais devient conducteur lorsqu'il est soumis à l'influence d'une onde électromagnétique. Cette propriété permet d'actionner, avec l'aide d'un relais très sensible, l'un des inscripteurs Morse bien connus dans l'administration des télégraphes depuis 1854. Un message en points et en traits est tracé à l'encre sur un long ruban de papier. Le dispositif appelé *frappeur* est composé d'une sonnerie électrique. En produisant de légers ébranlements sur le tube à limaille, il lui rend ses propriétés de forte résistance après chaque signal.

- Le transmetteur et le récepteur sont reliés à la Terre et pourvus chacun d'un fil métallique dressé en l'air, grâce à un mât ou un cerf-volant. Ce fil est bien connu sous le nom d'*antenne*.

Les antennes qui ont la propriété de rayonner ou de capter les ondes, sont, dans ces appareils de la première génération, les seuls dispositifs d'*accord*. La "longueur d'onde" est ainsi déterminée (plus ou moins parfaitement) par la longueur du fil.

- SYNTONIE

La multiplication des stations de T.S.F de première génération et l'augmentation des puissances, ne tardèrent pas à poser des problèmes aux pionniers. Les interférences entre émetteurs rendaient fréquemment impossible une réception correcte des messages.

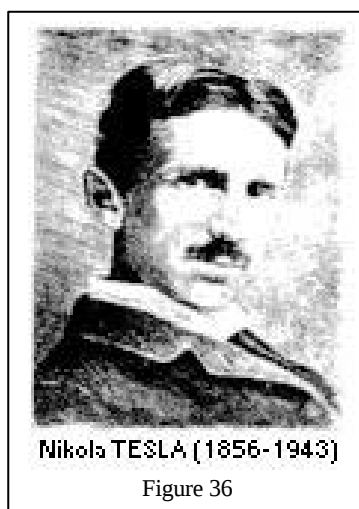
Dès 1901, Marconi, à l'occasion de l'expérience de Calvi, puis Ducretet, Slabi-Arco et Braun mettent en oeuvre de nouveaux procédés pour accorder de plus en plus précisément, *syntoniser* les stations d'émission et de réception sur des longueurs d'ondes choisies.

Le dispositif utilisé est appelé à l'origine *Jigger*. Il sera plus connu par la suite sous le nom de *circuit oscillant*.

Ces circuits sont composés d'enroulements de fil conducteur isolé ou *bobines de self induction* et de *bouteilles de Leyde* ou *condensateurs*. Le nombre, l'espacement et le diamètre des spires des bobines, la capacité des condensateurs, le type de branchement et le couplage de ces éléments judicieusement choisis et calculés, déterminent la fréquence des oscillations électriques.

Non seulement la nouvelle technique portait remède aux risques d'interférences, mais en plus elle offrait deux avantages précieux, diminution des troubles causés par les parasites atmosphériques et amplification notable de la transmission par une mise en résonance des stations d'émission et de réception.

Ces progrès trouvaient leur origine dans les remarquables travaux de Nikola Tesla sur les « Courants alternatifs de grande fréquence », rendus publics en 1891. La Haute Fréquence avait été utilisée en premier lieu à des fins médicales. Le Professeur d'Arsonval, le Docteur Oudin et Eugène Ducretet, attachèrent leur noms à ces expériences. Par la suite, Tesla avait imaginé d'appliquer ses découvertes à la Télégraphie Sans Fil. En Septembre 1897, il avait déposé deux brevets concernant le principe de la Syntonie des émetteurs et des récepteurs.



Ainsi, progressivement, les divers appareils émettant ou recevant des ondes hertziennes furent-ils équipés de circuits d'accord montés en Tesla ou en Oudin (figures 37 et 38). Depuis cent ans, l'aspect, la taille, le nombre des éléments mis en oeuvre ont pu varier, mais les principes sont restés inchangés.

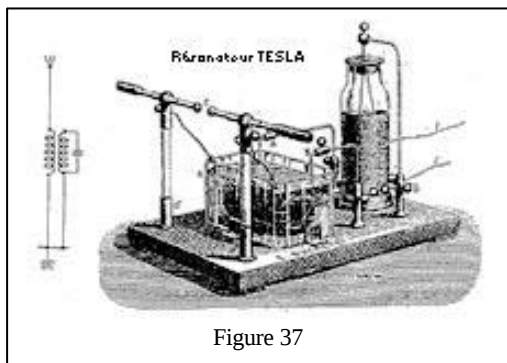


Figure 37

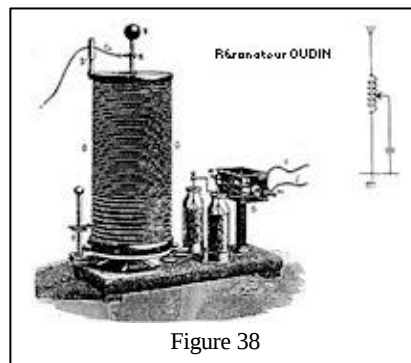


Figure 38

- La transmission de l'image militaire par la T.S.F.

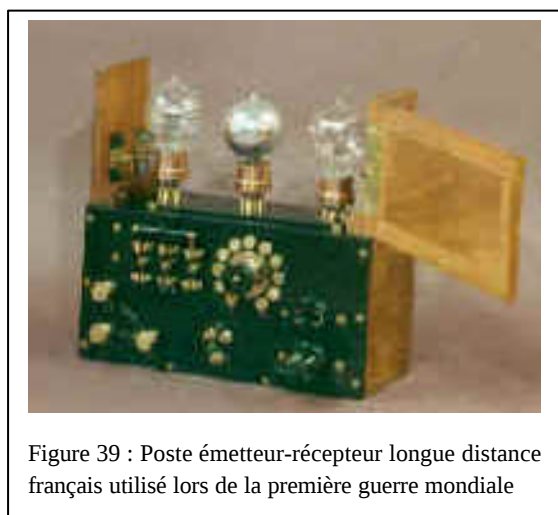


Figure 39 : Poste émetteur-récepteur longue distance français utilisé lors de la première guerre mondiale

L'objectif de la TSF à ses débuts était simplement de reproduire et d'étendre le champ du télégraphe morse, sans qu'il y ait besoin de fils. Quand on découvrit que la TSF pouvait envoyer des messages sur de longues distances (figure 39), elle fut adaptée à l'usage des navires en mer, qui jusque-là n'avaient aucun moyen de communiquer ni avec la terre ni entre eux, sauf par signaux visuels quand ils étaient proches.

Concernant l'image militaire à transmettre, s'il s'agit d'un plan, elle va être décomposée en coordonnées qui pourront être transmises par radio.

Autrement l'image photographique est décrite par des mots dans le message, comme par exemple : « Avons devant nous un bataillon de 15 tanks Panzer armés de canons de 75 ».

Il faut un système de chiffrement pour envoyer le message de façon sûre, sans risque qu'il puisse être lu par l'ennemi.

En effet, les ondes radio se diffusent dans toutes les directions et peuvent parcourir de grandes distances. Le message a donc de fortes chances d'arriver jusqu'à l'ennemi.

Les Allemands par exemple, utilisèrent la machine Enigma durant la deuxième guerre mondiale.

Enigma ²⁴ était l'invention d'un Hollandais, Hugo Koch de Delft, qui avait pris un brevet pour une machine à écrire secrète, à La Haye en octobre 1919. Koch avait créé une société pour développer et exploiter son invention, mais incapable de mener à bien la réalisation de la machine, il avait cédé les brevets à un Allemand, Arthur Scherbius, ingénieur-inventeur habitant Berlin, qui avait construit effectivement une machine à partir des plans de Koch et l'avait appelée Enigma d'après les "Variations sur une énigme" de Sir Edward Elgar.

Ce prototype de Scherbius, forme assez primitive de la machine chiffrente définitive, avait été exposé au public pour la première fois en 1923 au Congrès du Syndicat international des Postes et en 1924 les Postes allemandes avaient utilisé une Enigma pour échanger des voeux avec le congrès.

Selon une brochure diffusée en anglais, la machine était conçue à l'origine pour protéger les secrets commerciaux et non les secrets militaires, et ses mérites étaient vantés comme suit :

" La curiosité naturelle de vos concurrents sera déjouée par une machine qui vous permettra de garder entièrement secrets tous vos documents, tout au moins les plus importants d'entre eux, sans occasionner de dépenses notables. Un secret bien protégé peut vous faire récupérer totalement le prix de la machine ... "

Malheureusement pour lui, l'entreprise hasardeuse de Scherbius n'eut aucun succès et il vendit les brevets d'Enigma à une autre compagnie.

Entre-temps, Hitler était arrivé au pouvoir. Aussi le réarmement et la réorganisation de la Wehrmacht allaient-elles bon train. Les généraux battaient la campagne pour trouver des laboratoires et des ateliers susceptibles de fournir une nouvelle machine à coder capable de protéger leurs secrets.

C'est le Colonel Erich Fellgiebel, appelé à devenir l'officier en chef des transmissions de l'armée allemande et du Haut Commandement allemand, qui, le premier, prit fait et cause pour Enigma. Fait significatif, Fellgiebel allait également devenir l'un des conspirateurs les plus actifs de la Schwarze Kapelle.

Enigma disparut alors des circuits commerciaux et dès que Fellgiebel se mit à l'expérimenter, elle se révéla peu onéreuse, solide, portative, simple à manoeuvrer, et apte à fournir des codes en abondance. Mais par-dessus tout, après avoir rajouté un tableau de clés électriques, on la proclama à l'abri des tentatives de décryptage les plus poussées. Ainsi était-il relativement peu important qu'elle fût saisie par un ennemi puisqu'elle se révélait inutilisable sans les clefs de chiffrement. Elle répondait donc exactement en tous points aux besoins de la Wehrmacht.

Comme on le sait maintenant, les anglais avec l'aide de machines électroniques dédiées réussirent à casser Enigma durant toute la guerre.

²⁴ Gave Brown Anthony, *La guerre secrète*, Pygmalion, 1989

Enigma était basé sur le principe du rotor (ou tambour chiffrant). Le rotor est un disque de la taille approximative d'un palet de hockey, fait d'un matériau isolant et muni sur chaque face de 26 contacts électriques. Un ensemble de connexions arbitrairement choisies relie chaque contact de la face d'entrée à l'un des contacts de la face de sortie. Sachant que chacun de ces contacts correspond à une lettre, il est clair qu'un rotor n'est rien d'autre que la réalisation électrique d'un alphabet de substitution de type mono-alphabétique à alphabet désordonné (une lettre est substituée par une autre mais toujours la même).

Mais si on le fait tourner entre deux disques fixes portant, eux aussi, 26 contacts, on obtiendra 26 alphabets de substitution différents. On en aura 676 (26×26) si, entre les deux disques fixes, on juxtapose

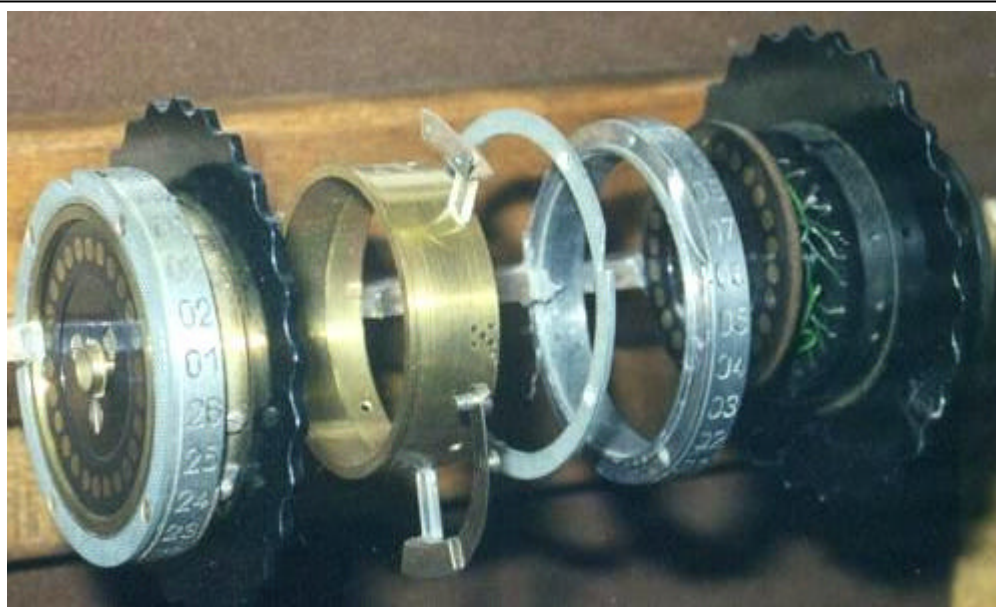


Figure 40 : Coupe d'un rotor de l'Enigma

deux rotors tournant à un rythme différent (cas d'Enigma grâce à des « doigts d'entraînement »), et ce nombre est multiplié par 26 pour chaque adjonction d'un rotor supplémentaire : trois rotors : 17576 alphabets, quatre : 456976, cinq : 11 881 376...

Le mérite particulier de ce dispositif réside donc dans l'énorme quantité d'alphabets de substitution qu'il peut produire. Comme la position relative des rotors varie constamment (les rotors tournent dans un mouvement semblable à celui des roues d'un compteur), chaque lettre d'un texte clair, même prodigieusement long, peut être chiffré avec un alphabet différent.

Si on détaille les composants d'Enigma²⁵, elle était composée d'un clavier alphabétique, d'un écran lumineux, de trois rotors "numérotés" chacun de A à Z, choisis parmi 5 (puis 8) possibles et d'un certain plan de câblage en face avant, regroupant certaines lettres deux par deux et laissant d'autres invariantes (par exemple : A-D, B-Y, H-H, etc.). A chaque frappe sur le clavier, le premier rotor tournait d'une unité puis à la fin d'un tour complet, décalait le deuxième rotor d'une unité et ainsi de suite comme pour un compteur kilométrique. On positionnait initialement les rotors comme on voulait, ce qui définissait ainsi la clef (BLG par exemple). Ceci entraînait l'existence de plus de 100 milliards de possibilités différentes de chiffrement !

La frappe au clavier d'une lettre en allumait une autre sur l'écran de façon symétrique (si A donnait C alors C donnait A). Ainsi pour chiffrer un message, une fois la clef fixée, il suffisait

²⁵ Harris Robert, *Enigma*, Pocket, 1992

de le taper sur la machine et pour le déchiffrer de mettre les rotors dans la même position initiale et de taper le message chiffré. Chaque message commençait par la donnée de la clef choisie par l'opérateur, qu'il cryptait elle aussi selon une liste de clef changeant tous les jours.

Ce qui conduisit au décryptage de cette machine (figure 41) fut la conjonction d'un énorme travail d'analyse logique des messages interceptés, de la réalisation de machines pour simuler les décryptages, de la capture de carnets de clef ainsi que la répétition des mêmes formules dans les messages (RIEN A SIGNALER, BULLETIN METEO, etc.). Une technique de cryptanalyse ²⁶ utilisée consista également à s'arranger pour confier à l'adversaire une information importante et urgente puis d'intercepter sa transformation chiffrée pour travailler au décryptage à partir d'un ensemble formé d'un texte en clair et d'un texte chiffré.



Figure 41 : La machine à coder Enigma

Exemple de message naval ²⁷ allemand codé avec l'Enigma: ²⁸

(1) B O I E F R L D X T P H C T P G U B H I E G O Q B O
 (2) L U C I E/D E L T A/Y G U S T A V/G E L B/Y/Q U A T
 (3) L D , G , Q

(1) P Q G D G E R V L E O F C W N V X H V V O H Z O A R
 (2) S C H/A C H T/Z W O/D R E I/S I E B E N/P I/C A E S
 (3) 8 2 3 7 P' C

(1) T J P I B B C F G
 (2) A R/Z W O/N E U N
 (3) 2 9

(4) LD' Rapport sur ennemi
 G Convoi ennemi en vue
 Q, 8237 Case 8237 [Latitude 71.27 N Longitude 07.10 E]
 Pi Signé
 C29 Capitaine 29

- 1) Texte crypté avec l'Enigma. Les sous-marins disposaient d'un carnet de codage avec de nouvelles clefs à utiliser chaque heure.
- 2) Texte clair : ici le texte clair est :
 LUCIE DELTA Y GUSTAV GELB Y QUATSCH ACHT ZWO DREI SIEBEN PI
 CAESAR ZWO NEUN LBS

²⁶ Cryptanalyse : technique permettant de lire un message chiffré d'un ennemi sans en connaître la clef

²⁷ Erskine Ralph, "Kriegsmarine Short Signal Systems - and How Bletchley Park Exploited Them", in *Cryptologia*, Janvier 1999, pages 16-20

²⁸ Erskine Ralph, "Kriegsmarine Signal Indicators", in *Cryptologia*, Avril 1996, pages 30-40

- 3) Equivalence du texte clair en langage courant, on prend la première lettre du mot pour les lettres, les chiffres sont représentés par leur équivalence en lettre, le Y représente une virgule. On a :

LD, G, Q, 8237 PI C29

On utilise un texte en clair beaucoup plus long que le texte final, comme LUCIE DELTA pour les lettres LD, afin de parer aux erreurs de réception et au brouillage.

En effet, si on reçoit le message QF à la place de LD, on ne peut pas faire le rapprochement entre les deux. Au contraire, si on reçoit QUCIE FELTA, on transforme aisément QUCIE en LUCIE et FELTA en DELTA.

Voilà pourquoi une telle redondance était introduite dans les messages.

- 4) Transcription en clair :

Le sous-marin allemand signale un convoi ennemi à sa portée à la latitude 71.27 Nord et Longitude 07.10 Est. L'Etat-Major allemand ainsi que les U-boots disposaient de cartes quadrillées. La case 8237 est celle dans laquelle se trouve le convoi.

f) le bélinographe

Comment faire transiter une image par un réseau, en l'occurrence le téléphone, qui par définition n'accepte que le son ? C'est l'équation qu'a dû résoudre, et qu'a brillamment résolue, l'inventeur Édouard Belin en 1907. Il a tout simplement imaginé de traduire les blancs et les noirs qui composent une photographie (figure 42), en signaux sonores se déclinant du plus aigu (le blanc) au plus grave (le noir).

Côté transmetteur, un tirage photographique est soigneusement plaqué sur un cylindre qui tourne, à raison de soixante rotations par minute. Tout au long de ce cylindre et donc de cette image va se déplacer sur un pas de vis synchrone, graduellement, une cellule photo-électrique chargée d'enregistrer, ligne par ligne, les blancs, les noirs et leurs intermédiaires. A chaque fois que cette cellule lit du blanc, elle émet un signal aigu ; à l'inverse, elle émet un signal grave quand elle lit du noir. Elle analyse, convertit et donc transmet toute la gamme intermédiaire des gris. À l'autre bout de la ligne, un récepteur reconvertit ces signaux sonores en signaux optiques, reconstituant ainsi la photographie émise.

Si le cliché plaqué sur le cylindre est en couleurs, la cellule de lecture sera munie de filtres correspondant respectivement à la trichromie fondamentale : magenta (rouge), cyan (bleu) et yellow (jaune). Elle effectuera trois passages (donc trois fois plus de temps de transmission), un pour chaque couleur. Trois clichés ainsi encodés seront délivrés, qu'il suffira de superposer pour reconstituer la photo couleur.

Le premier fax était né ! Et cela dès 1907.

Le bélinographe s'appelle également phototélégraphe ou téléphotographe.



Le bélinographe a souvent été utilisé durant la seconde guerre mondiale. Par exemple, comme nous l'avons vu précédemment, l'avion à réaction Arado Ar 234 allemand, utilisé pour des vols de reconnaissance, transmettait ses clichés en vol par ce moyen.

II. L'IMAGE MILITAIRE MODERNE OU L'ERE DE L'INFORMATIQUE

Avec l'apparition de l'informatique, la distinction entre obtention directe et obtention indirecte disparaît. On ne parle plus à présent que d'obtention indirecte, l'image étant décomposée en éléments simples avant d'être envoyée vers sa destination.

L'informatique va permettre également de retravailler automatiquement une image qui serait de piètre qualité, afin de faire ressortir les éléments militaires intéressants.

A. LES NOUVEAUX MOYENS D'OBTENTION DE L'IMAGE

1. Les satellites²⁹

Il y a quelques décennies, l'exploration de l'espace appartenait encore à l'univers merveilleux de la fiction.

En moins de 30 ans, l'espace et les activités spatiales se sont ainsi imposés au monde bien réel de l'industrie, de l'économie, de la recherche, de la culture ou de la défense.

a) Les premiers satellites de l'Histoire

- Spoutnik 1:

En 1957, l'humanité entre dans l'ère spatiale : le 4 octobre, l'Union Soviétique lance Spoutnik 1 : le 1er satellite artificiel de la terre. (Spoutnik signifiant compagnon).

Cet engin crée un énorme retentissement auprès de l'opinion mondiale : c'est ainsi que Spoutnik la petite boule de l'espace est devenue un instrument diplomatique très efficace comme on s'en apercevra par la suite.

Spoutnik 1 (figure 43) était une sphère d'aluminium de 58 cm de diamètre et pesait 83 kg. Il tournait autour de la terre en un peu plus de 96 minutes.

Muni de quatre longues antennes, il transmet un « bip-bip » sonore durant 21 jours avant de se désintégrer en rentrant dans les couches denses de l'atmosphère.

Dépourvu d'appareillage scientifique, il était surtout destiné à tester sa fusée porteuse, la R-7 ou Zemliorka.

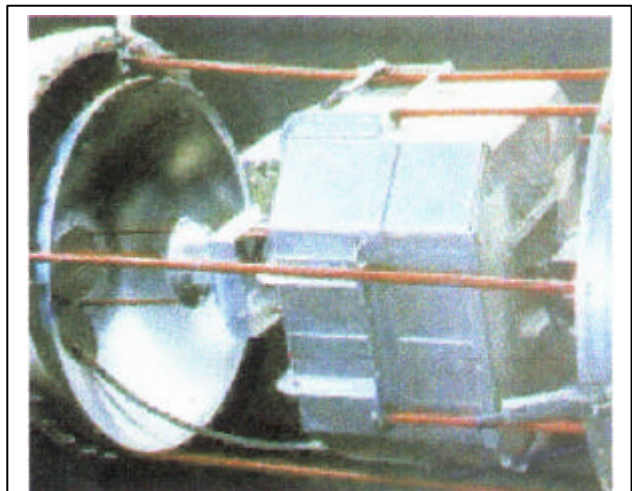


Figure 43 : L'intérieur du satellite Spoutnik 1

²⁹ Dupas Alain, *Une autre histoire de l'espace*, Découverte Gallimard, 1991

- Spoutnik 2 (figure 44):

Il fut lancé le 3 novembre 1957 avec à bord la chienne **Laïka**, premier mammifère envoyé dans l'espace. Elle mourut au bout d'une semaine, après l'épuisement des batteries chimiques qui entretenaient le système de régénération de l'air de son habitacle.

Le satellite fut détruit lors de sa rentrée dans l'atmosphère, le 14 avril 1958. Il pesait 508 kg.

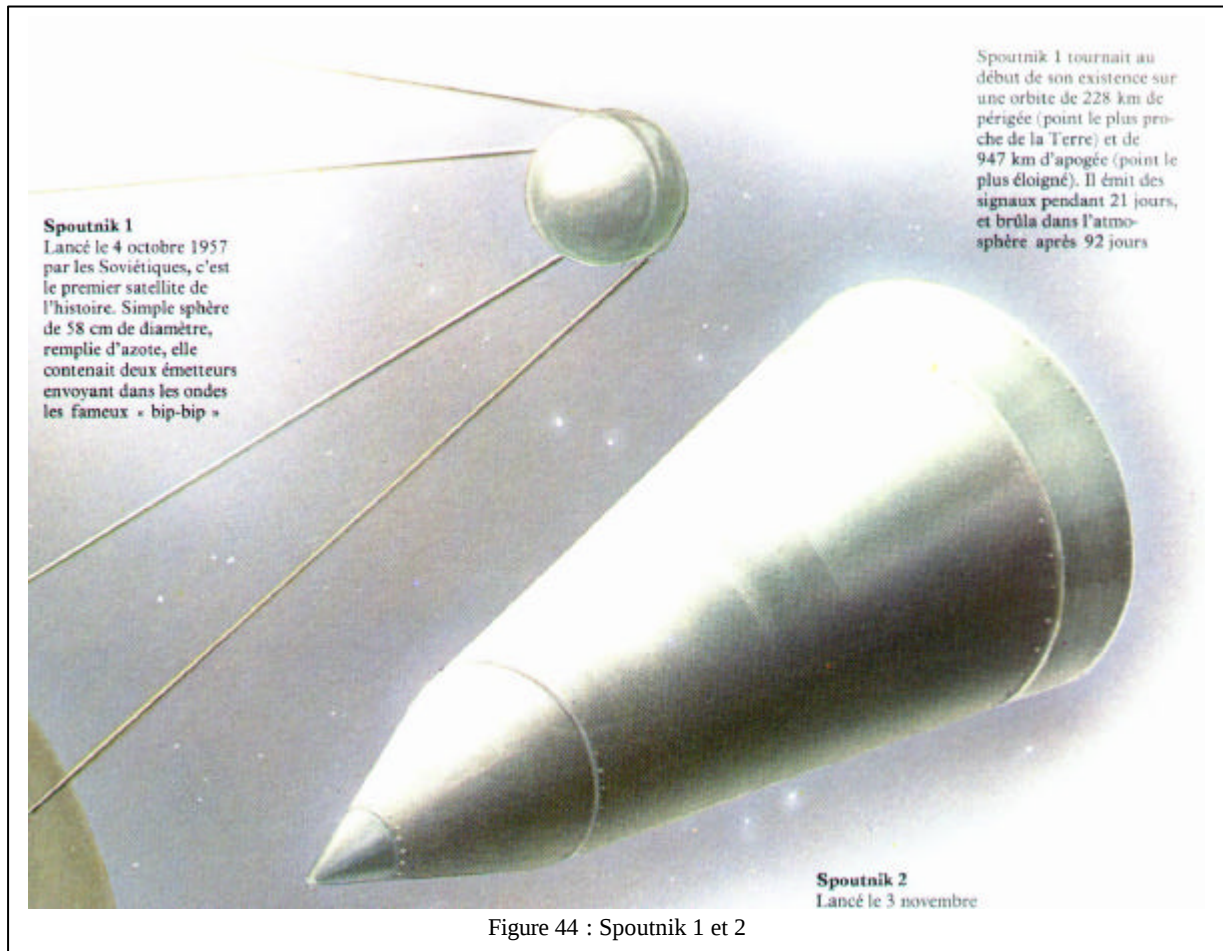
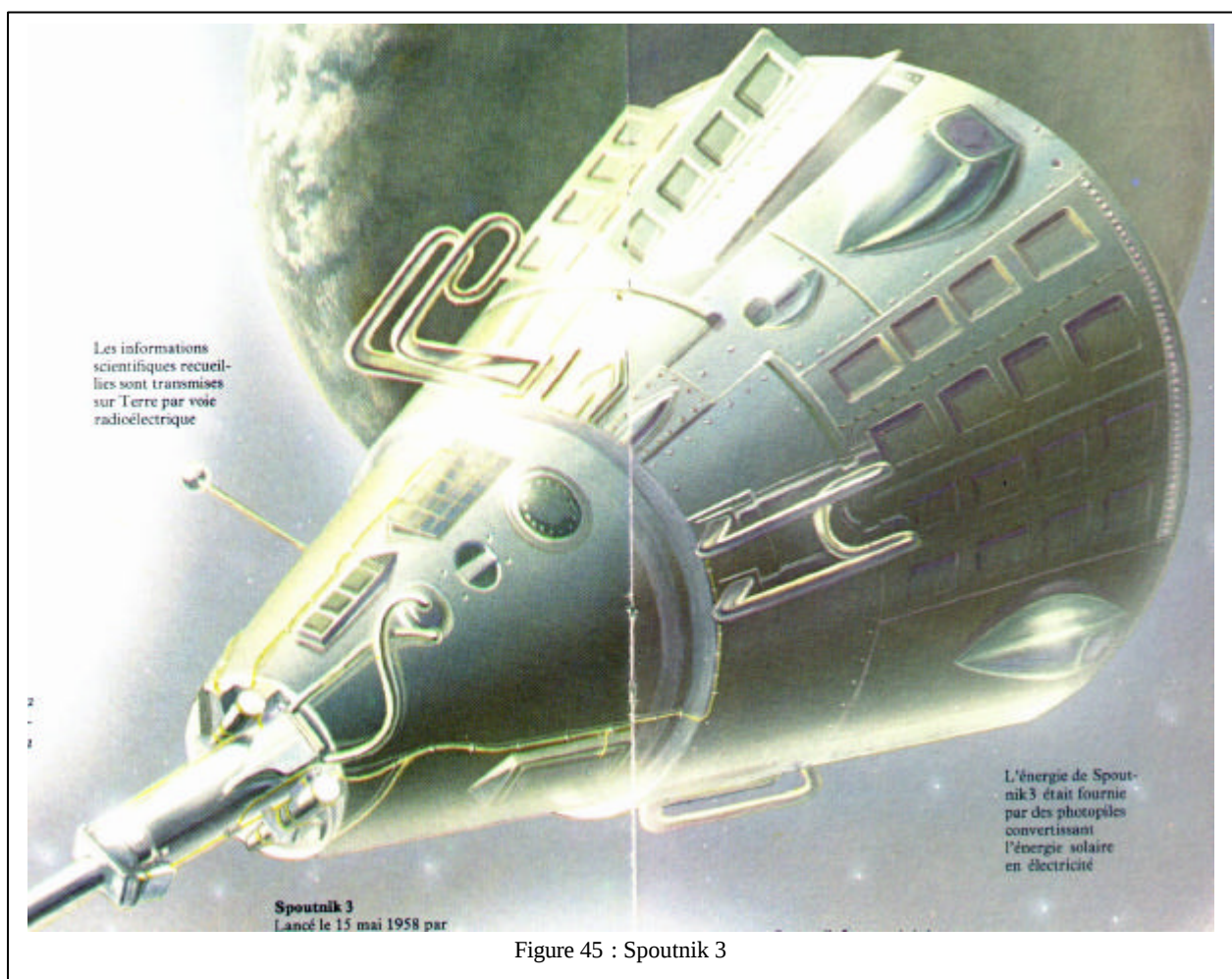


Figure 44 : Spoutnik 1 et 2

- Spoutnik 3 (figure 45):

Placé sur orbite par les Soviétiques, le 15 mai 1958, il était un laboratoire automatique de 1327 kg renfermant 968 kg d'appareils scientifique, valeur record qui resta inégalée durant 10 ans.

Sa charge utile comprenait jusqu'à dix instruments qui fournirent jusqu'en juillet 1959 de nombreux renseignements sur l'environnement de la Terre (pression et composition de la haute atmosphère). Son énergie était fournie par des photopiles convertissant l'énergie solaire en électricité.



Il retomba sur Terre le 6 avril 1960.

b) Les satellites espions³⁰

L'invention des satellites donna envie aux militaires d'en profiter. Si on pouvait mettre en orbite des instruments scientifiques, on pouvait tout aussi bien mettre des caméras pour surveiller ses voisins.

- *Le NRO (National Reconnaissance Office)*³¹

Le NRO (National Reconnaissance Office) est l'agence américaine concevant et fabriquant les satellites espions. On sait très peu de choses sur cette agence. Par exemple jusqu'en 1992, on ne connaissait même pas son en-tête de papier à lettre. Son véritable budget est classé Secret Défense.

Le NRO est né en le 25 Août 1960 suite à une controverse intense entre la Maison Blanche, la CIA et le Département de la Défense pour déterminer qui aurait la responsabilité de la reconnaissance par satellite du pays, voire de suivre un véhicule ou une personne.

Cette agence, sous l'impulsion du Président Eisenhower, fut créée dans le but d'assurer les intérêts de tous les demandeurs, aussi bien dans le renseignement civil que militaire.

Aujourd'hui, le NRO posséderait des capacités d'observation uniques au monde.

- *Les satellites militaires:*

Les noms de codes relativement connus de ces satellites sont les *Keyhole*³². L'un des derniers en date s'appellerait *KH 12 Improved Crystal*. Il permettrait d'observer la terre de jour comme de nuit en utilisant la technologie radar avec une précision de quelques centimètres (il devient facile de reconnaître une marque de voiture, de compter le nombre de personnes sur un square).

Pourquoi utiliser une technologie radar ? Tout simplement parce que l'optique a des limites évidentes : la nuit, les nuages, le brouillard, le feuillage même, la rendent inopérante. Ces limitations, bien connues de l'observé, lui donnent une confortable marge de manoeuvre. Seul le radar peut rendre l'avantage à l'observateur.

De plus il ne faut pas oublier que vus du ciel, même avec une technologie radar tous les hommes avec une barbe et un turban ressemblent à Ben Laden. De même, s'il se déplace avec une ombrelle, le satellite ne verra pas ce qui se cache en dessous.

De plus, une technologie précise à quelques centimètres permet de distinguer un être humain mais pas de voir un visage et ceci même si l'observé s'allonge dans l'herbe et regarde le ciel.

Enfin, le satellite doit se positionner avant de pouvoir faire une observation car il a un champ de vision limité (figure 46 page suivante). Il ne peut donc agir que sur renseignements : « Ben Laden est peut être à telle position, vérifiez avec votre satellite » mais il ne peut en aucun cas surveiller automatiquement une large zone.

³⁰ Brune François, *Sous le soleil de Big Brother*, L'Harmattan, 2000

³¹ Site Internet <http://www.nro.gov/>

³² Keyhole signifie trou de serrure en anglais

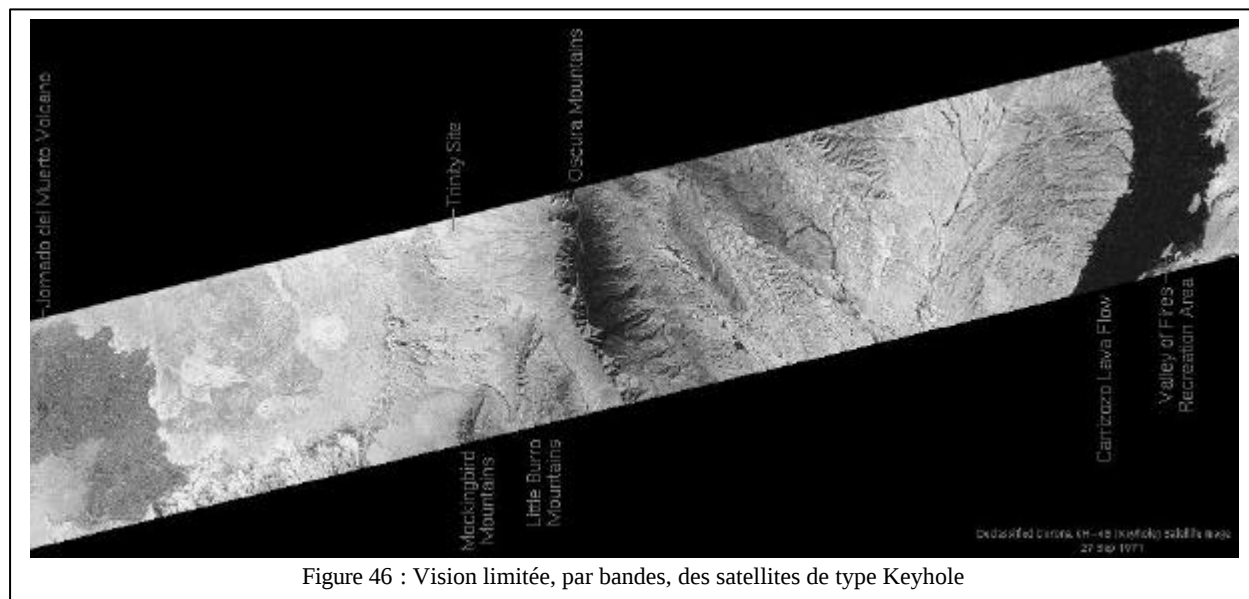


Figure 46 : Vision limitée, par bandes, des satellites de type Keyhole

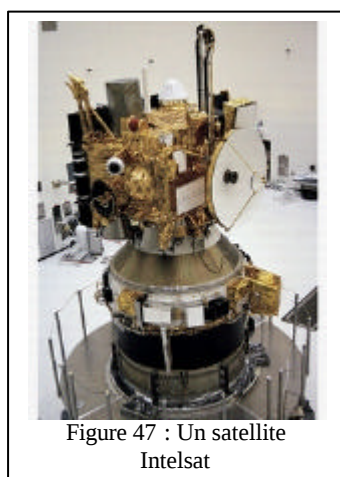


Figure 47 : Un satellite Intelsat

En sus de ces satellites d'observation, il existerait également des satellites d'interception et d'écoute des communications. Ceux-là sont utilisés par la NSA. (National Security Agency, agence chargée de l'interception des communications étrangères).

Leurs caractéristiques sont inconnues mais il y en aurait un certain nombre en orbite géostationnaire (cela signifie que le satellite reste fixe par rapport à un point de la terre) pouvant intercepter les communications transitant initialement vers le réseau Intelsat (organisme civil de télécommunications possédant plusieurs satellites) qui a pour mission de relayer nos communications transcontinentales.

Ces satellites développés par le NRO ont pour nom de code *Mercury*. Ils sont placés juste à côté des satellites civils de communication Intelsat. Le diamètre de leur antenne serait énorme (entre 80 et 100 mètres). Ce sont des gigantesques paraboles déployables qui captent le signal en provenance de la Terre, tout comme l'Intelsat, puis réacheminent ce dernier vers une station d'écoute qui se charge de décrypter les communications (voix, fax, email, telex) en utilisant des Dictionnaires.

En résumé on distingue deux classes principales de satellites:

- Satellite **géostationnaire** : c'est un satellite de type *Mercury* placé juste à côté d'un satellite relayant des communications transcontinentales de type Intelsat. De par la taille de sa parabole (de 80 à 100 mètres), les signaux initialement reçus par le satellite Intelsat le seront également par le *Mercury*. Ce dernier les retransmettra à la station d'écoute la plus proche afin d'en analyser les données.

- Satellite **d'observation**: c'est un satellite de type *Keyhole* utilisant une technologie radar, qui permet de voir de jour comme de nuit et sous les nuages avec une précision de l'ordre de quelques centimètres. Ces satellites évolueraient à des altitudes variant entre 200 et 1.000 km. Une quinzaine seraient en orbite actuellement.

Les satellites d'observation photographient à des cadences très élevées et à des résolutions très fines des secteurs sensibles; certains d'entre eux ont la possibilité de changer leur orbite. Ils permettent d'identifier avec précision des véhicules ou de suivre des déplacements de troupes, de décrire suffisamment bien bâtiments et corps d'usine... Ces satellites opéreraient en mode multispectral, ce qui permet, en comparant les résultats aux différentes longueurs d'onde, de repérer des anomalies, et donc de percer d'éventuels camouflages.

On peut noter deux autres classes de satellites mais de moins grande importance:

-Les satellites **d'alerte avancée**

Le principe des satellites d'alerte avancée est à bien des égards similaire, mais ils captent toute anomalie thermique (explosion, mise à feu de missile) et informent très rapidement les dispositifs d'interception.

L'importance des satellites espions lors de conflits militaires est illustrée par la guerre du Golfe. Trois KH_11 et trois KH_12 ont surveillé le secteur 24 heures sur 24, grâce au radar et à des dispositifs d'intensification du signal qui autorisent la «vision nocturne». Le conflit permit aussi de constater l'efficacité des dispositifs d'alerte avancée et d'interception, en particulier pour l'interception des missiles Scud irakiens en utilisant des missiles Patriot américains.

- Satellite **d'écoute basse altitude**: cette classe de satellites sert de système d'écoute d'appoint principalement pour les régions dans les latitudes proches du Pôle Nord. Les *Mercury* (figure 48) couvrant mal ces régions (à cause de leur orbite géostationnaire), des satellites plus connus sous le nom de *Trumpet* évoluent à des orbites polaires elliptiques, leur permettant de rester longtemps dans les régions du Nord. La NSA peut alors écouter tous les transmetteurs dans ces zones et par la même occasion intercepter les signaux envoyés par l'ex-URSS à ses satellites de communications évoluant dans les mêmes orbites.

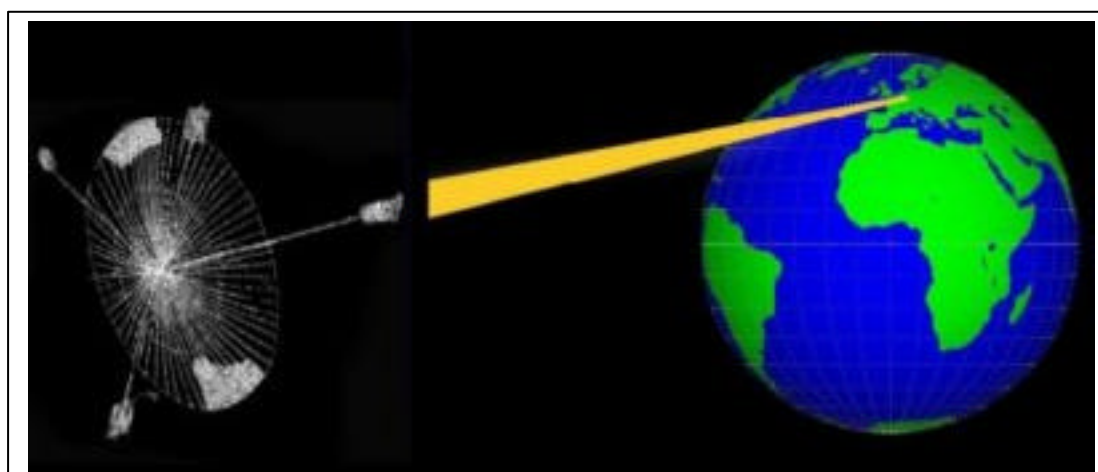


Figure 48 : Dessin d'un satellite *Mercury* interceptant les signaux transmis par des antennes terrestres à destination des satellites relais Intelsat

Les photographies satellites optiques, radars ou infrarouges doivent ensuite être traitées par des analystes spécialisés dans la reconnaissance de forme.

En effet, comment reconnaître un char d'une jeep quand cet élément ne fait qu'un millimètre sur une photo de 50 centimètres de côté ?

L'analyste (figure 51) doit prendre en compte divers facteurs comme la distance de l'élément par rapport à d'autres. Par exemple la jeep sera plus souvent stationnée près de bureaux ou de baraquements d'habitation que le char qui, lui, sera proche d'un hangar.

Cependant l'informatique permet également de mâcher le travail des analystes (figure 49 et 50) en sélectionnant des zones de terrains susceptibles de contenir des éléments militaires et en les retravaillant automatiquement.



Figure 49 : Photographie initiale d'une zone terrestre



Figure 50 : Photographie de la zone après traitement informatique



Figure 51 : Analyste interprétant des photographies satellites lors de la Guerre du Golfe

2. Les systèmes de vision de nuit tactiques

Les satellites sont dotés de systèmes de vision de nuit infrarouge ou radar mais ils ne remplacent pas les systèmes de vision tactiques (pour les troupes sur le terrain). Un soldat dans son char doit pouvoir voir directement l'ennemi, même de nuit, sans devoir attendre l'arrivée d'une image satellite.

L'informatique a permis des avancées spectaculaires dans ce domaine.

Il existe des systèmes de vision de nuit aussi bien pour les avions ou hélicoptères (figure 52), que pour les chars ou même les fantassins (figure 53).

La figure 52 présente des jumelles de vision nocturne fixées sur le casque des pilotes d'hélicoptères. En utilisation, le soldat n'est pas obligé de les tenir et garde les mains libres pour la conduite de son hélicoptère.

Durant la guerre du Golfe, les performances technologiques ont été une force majeure du côté allié. Les appareils à imagerie thermique ont permis d'anéantir les blindés irakiens – T-72 notamment – avec des pertes minimes.



Figure 52 : Jumelles de vision nocturne



Figure 53 : Soldat équipé du système de vision nocturne AN/PVS7B américain

- *Le TADS/PNVS*³³

Certains systèmes de vision de nuit sont directement intégrés dans les avions ou hélicoptères et le pilote n'a même pas besoin d'avoir de lunettes spéciales. Il obtient directement l'image sur son écran de contrôle.

Le TADS/PNVS (Target Acquisition Designation Sight / Pilot Night Vision Sensor) équipe les hélicoptères Apache (figure 54). C'est un système de vision de nuit permettant également de faire de l'acquisition de cibles. L'informatique embarquée est donc capable de détecter les cibles potentielles après analyse automatique de l'image reçue.

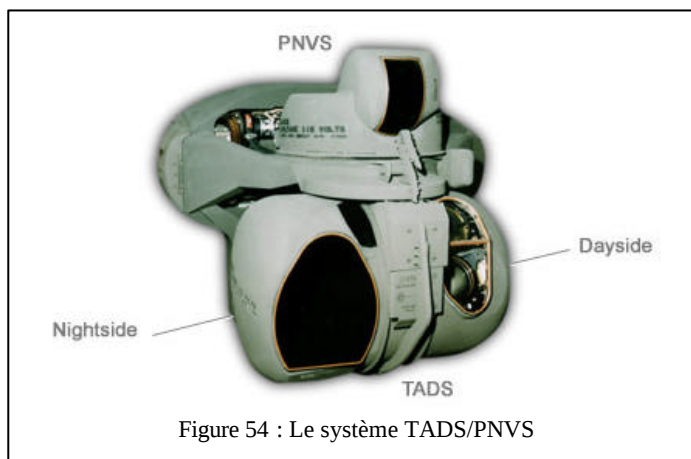


Figure 54 : Le système TADS/PNVS

On nomme souvent ce système « les yeux de l'Apache ». Il permet au pilote de voler à de très basses altitudes dans le noir complet avec des conditions météorologiques très défavorables, de voir les cibles au sol et de les détruire.

Le TADS/PNVS est logé dans une sorte de tourelle rotative à l'avant de l'hélicoptère. Cette tourelle peut être actionnée manuellement ou contrôlée par les mouvements de la tête du pilote.

La tourelle contient un détecteur infrarouge pour la détection des cibles durant les vols de nuit, un télescope, une caméra optique ainsi qu'un générateur de faisceau laser permettant un guidage de missiles par laser (figure 55).

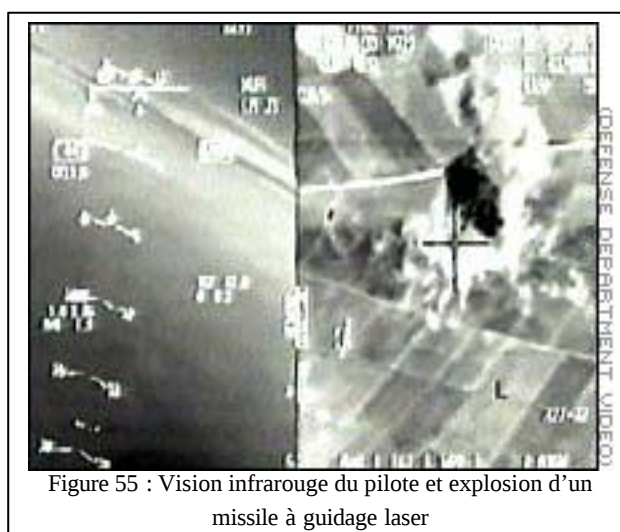


Figure 55 : Vision infrarouge du pilote et explosion d'un missile à guidage laser

³³ Site Internet <http://www.lockheedmartin.com/>

3. Les drones ou avions sans pilote³⁴

Après avoir envahi l'usine, les robots prennent de plus en plus position dans l'armée: les drones (avions sans pilote) et les robots terrestres joueront un rôle déterminant.

Il s'agit d'exploiter les progrès accomplis dans la robotique pour confier à des engins téléguidés des missions d'observation, de reconnaissance du terrain ou même d'attaque.

Ces nouveaux systèmes sont destinés à améliorer l'efficacité et la protection du combattant en lui permettant d'agir à distance, à l'abri du feu ennemi.

En France, le futur système de combat tel qu'imaginé par la DGA (Direction Générale de l'Armement) et baptisé "bulle opérationnelle aéroterrestre" (BOA) sera composé d'Engins Blindés à Roues de Contact (EBRC) utilisés en synergie avec des robots et des drones qui auront pour tâche de monter en première ligne pour localiser l'ennemi.

Grâce aux informations ainsi transmises, l'équipage de l'ERBC pourra alors engager les tirs avant même d'être en vue de l'adversaire.

Ce futur blindé, dont la mise en service pourrait intervenir en 2011, sera équipé d'un canon mais également de missiles et de munitions intelligentes capables de corriger leur trajectoire en fonction de la cible.

Les missions les plus dangereuses consistant à se risquer en terrain découvert, seront confiées aux robots. La DGA cherche à exploiter le potentiel de la robotique, profitant notamment des travaux réalisés dans ce domaine par l'industrie du jouet.

Deux nouveaux prototypes, Syrano et Ptoleme, ont ainsi été mis au point. Le premier est un engin à chenilles télécommandé de 4 tonnes, pouvant atteindre une vitesse de 60 km/h et capable de localiser une cible à 10 km de distance. Le second est un petit véhicule léger à 4 roues destiné à des missions d'observation grâce à une caméra vidéo manipulable à distance.

Pour le déminage, des chars lourds télécommandés AMX30 seront modernisés afin d'en améliorer l'autonomie.

Des drones miniatures, d'une envergure d'une quinzaine de centimètres, pourraient de leur côté être utilisés pour des missions de reconnaissance en milieu urbain.

Il est prévu de mettre au point un robot volant qui soit capable de rentrer à l'intérieur d'un immeuble, afin de repérer un éventuel tireur embusqué. Ce type de microdron, à décollage vertical et capable d'effectuer des vols stationnaires, comme un hélicoptère, ne devrait cependant pas voir le jour avant 2005.

A plus long terme, des drones plus perfectionnés, devraient pouvoir assurer des missions d'attaque afin de détruire des cibles.

Mais pourquoi la France veut-elle se doter tout d'un coup de ces nouvelles armes perfectionnées ? Tout simplement pour rattraper son retard vis-à-vis des Etats-Unis.

En effet, les Etats-Unis disposent déjà de tous ces matériels.

³⁴ Toffler Heidi et Alvin, *Guerre et contre-guerre*, Fayard, 2001

Le drone américain le plus connu est le Predator RQ-1A, utilisé pour des missions de surveillance ou de reconnaissance. Il est équipé de dispositifs de surveillance radar, optique et infrarouge et les images recueillies peuvent être envoyées directement aux soldats ou aux postes de commandement grâce à un lien de communication par satellite.

Le drone est piloté à distance par un soldat qui se trouve dans une sorte de caisson de réalité virtuelle, bien à l'abri dans un poste de commandement.

Ce type de drone a été utilisé en Bosnie et également en Afghanistan pour détecter des groupes de Talibans en fuite.



Figure 56 : Le drone américain RQ-1A

A noter que cette petite merveille de technologie coûte la bagatelle de 40 millions de dollars ! Vu le coût, on comprend pourquoi la France n'est pas encore équipée.

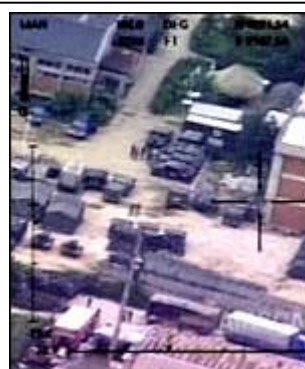


Figure 57 : Photographie de hangars en Bosnie, vus par un drone RQ-1A

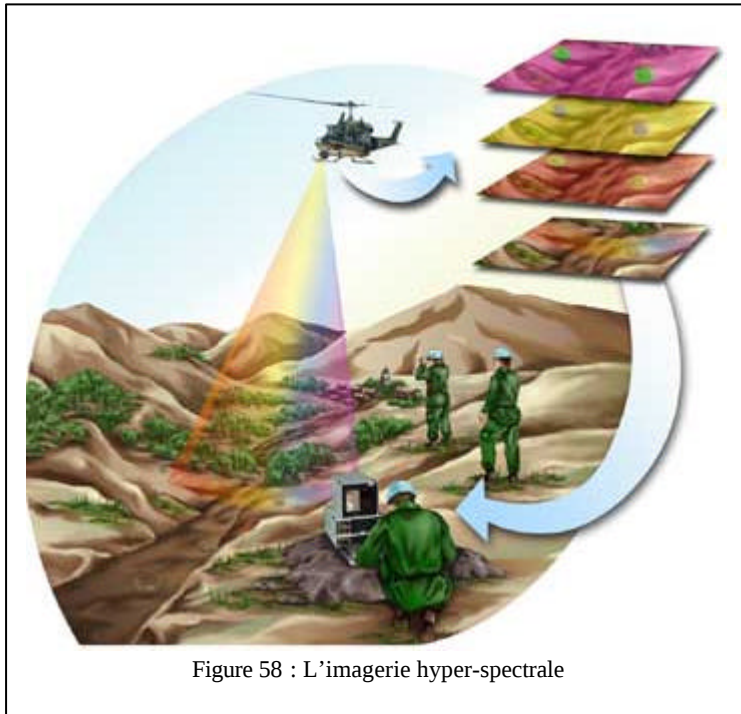


Figure 58 : L'imagerie hyper-spectrale

B. LES TECHNIQUES D'IMAGERIE NUMERIQUE AVANCEES ³⁵

1. L'imagerie hyper spectrale

L'imagerie hyper spectrale permet de détecter des objets sur le sol qui n'apparaissent pas à l'œil nu. Elle implique la séparation du spectre visible et de l'infrarouge en une centaine de parties spectrales ce qui permet de relier de façon très précise les caractéristiques du sol, telle la couleur, à des normes de référence. La technique peut donc détecter aussi bien des objets camouflés que des objets présents

mais ne faisant pas partie du cadre naturel (figure 58) ³⁶.

L'imageur spectrographique compact et aéroporté (le « Casi » en anglais) est la version de l'imageur pouvant être utilisée en mouvement (figure 59) ³⁷

Transporté en hélicoptère, le Casi est capable de détecter des véhicules, des soldats camouflés mais également des mines posées en surface (voir figure 60 page suivante) ³⁸, des blocs d'explosifs cachés par la végétation sur plusieurs types de terrains...



Figure 59 : Le Casi

³⁵ Paul Serge, "La télédétection aérospatiale" in *Armées d'aujourd'hui*, n°259, Septembre 2001, pages 26-29

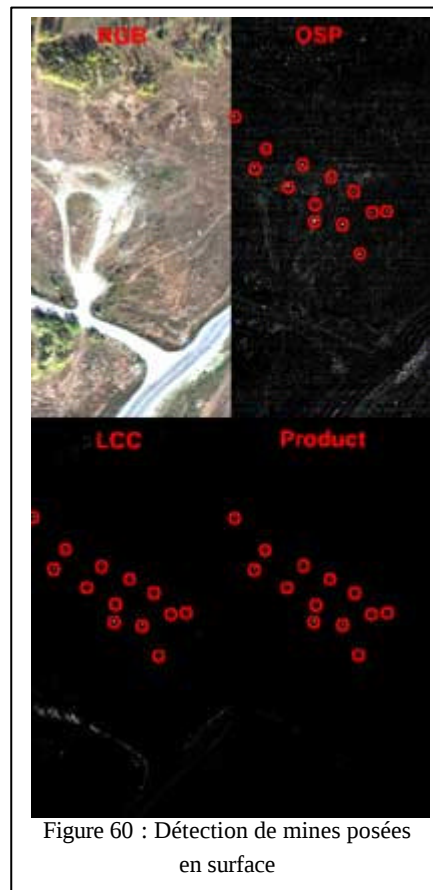
³⁶ Aéroporté, l'imageur hyper spectral construit une image de la surface. L'instrument sépare le spectre de la scène en un grand nombre de bandes; une analyse, qui décèle les différences subtiles en couleur, fait ressortir les cibles de l'arrière-plan.

³⁷ Le Casi. A gauche, du haut vers le bas: le moniteur, l'élément de contrôle et l'unité d'alimentation en électricité. À droite on retrouve le clavier et le capteur.

³⁸ Mines anti-char posées en surface dans une région légèrement boisée. L'image visuelle (en haut à gauche) a été développée en utilisant trois algorithmes différents : OSP, LCC et Product pour montrer les mines (encadrées) individuellement.

La détection des mines enfouies dans le sol est également possible. Les mines enfouies sont détectées à l'aide d'évidences secondaires telles le foulage de la végétation et du sol ainsi que le stress végétatif causé par la fuite de vapeurs explosives. Ces vapeurs modifient le comportement des plantes, par exemple elles accélèrent leur mécanisme de photosynthèse et cela est détectable.

L'imagerie hyper spectrale peut être utilisée comme un moyen d'identification et de cartographie des régions affectées par les mines. Il est relativement facile de détecter le passage de poseurs de mines à une date antérieure, grâce à des éléments restants tels des boîtes, des parachutes et des traces de pneus, même si ces derniers sont à présent cachés par la végétation.



2. Le système de visualisation panosphérique (PVS)

L'imagerie panosphérique (IP) est une technique d'imagerie qui permet de capter et de reproduire un champ de vision sphérique complet, corrigé en perspective tout autour de l'objectif, tant avec un appareil photo qu'avec une caméra vidéo. Cette technologie trouve son utilité dans des applications où il faut avoir un haut niveau de conscience de la situation ou lorsqu'il faut une téléprésence d'immersion, c'est-à-dire être sûr le terrain mais à distance.

La figure 61 présente un panosphérique recréé à partir d'une image sphérique. On observe sur 360° un bâtiment, un terrain et une remorque de camion.

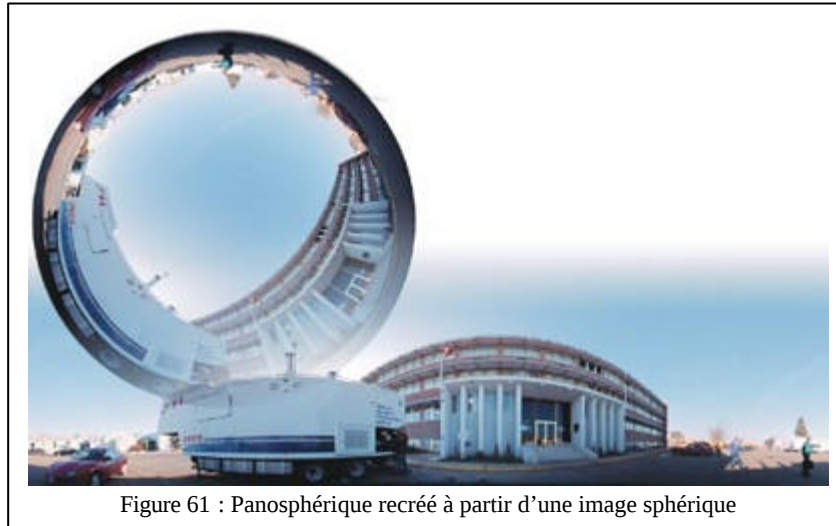


Figure 61 : Panosphérique recréé à partir d'une image sphérique

Le procédé de création d'une image panosphérique (image plane non déformée) est le suivant: une caméra vidéo est placée de manière à capter l'image se trouvant dans un champ de vision sphérique réfléchi par une surface hémisphérique ou conique.

La sortie numérique de la caméra vidéo est traitée par le système informatique afin d'en corriger la perspective et autres déformations optiques inhérentes à toute image captée par une source sphérique. Chaque pixel de l'image sphérique est assorti d'une «adresse» précise vers laquelle elle doit être déplacée pour apparaître à l'endroit voulu de l'image de sortie. Le système informatique remplace chaque pixel utilisé à partir d'une table de référence où il prélève l'adresse voulue du pixel. La transformation opérée à partir de la table de référence est indépendante de la complexité de l'image déformée; une image complexe est tout aussi facilement transformée qu'une image simple. L'image corrigée peut être affichée en plusieurs formats définis par l'utilisateur, par exemple en bande panoramique sur 360 degrés, en fenêtres de "conscience situationnelle" (c'est à dire l'affichage d'une partie précise de l'image qui contient un élément particulier, comme un missile fonçant sur l'utilisateur) ou en format d'immersion en réalité virtuelle, - visualisable par un casque de réalité virtuelle par exemple.

Le système de réalité virtuelle peut aussi bien être utilisé pour des simulations à grande échelle qu'en situation de combat dans des chars, avions ou même dans un poste de commandement éloigné.

C. LE COMMANDEMENT NUMERIQUE

1. Le commandement tactique numérique

La révolution de l'Internet tactique³⁹ et la numérisation du champ de bataille commence à se déployer dans les armées. Qu'est-ce que l'Internet tactique ? c'est tout simplement le fait d'avoir une vision globale du champ de bataille, même s'il est distant de dizaines de milliers de kilomètres. Tous les équipements et hommes engagés envoient directement les informations qu'ils obtiennent sur le terrain au système de commandement numérique.

Trois systèmes existent à l'heure actuelle : le Finders et le SIR de fabrication française ainsi que le FBCB2 américain. Ces trois systèmes qui forment un véritable "Internet tactique" (figure 62) sont déjà en service.

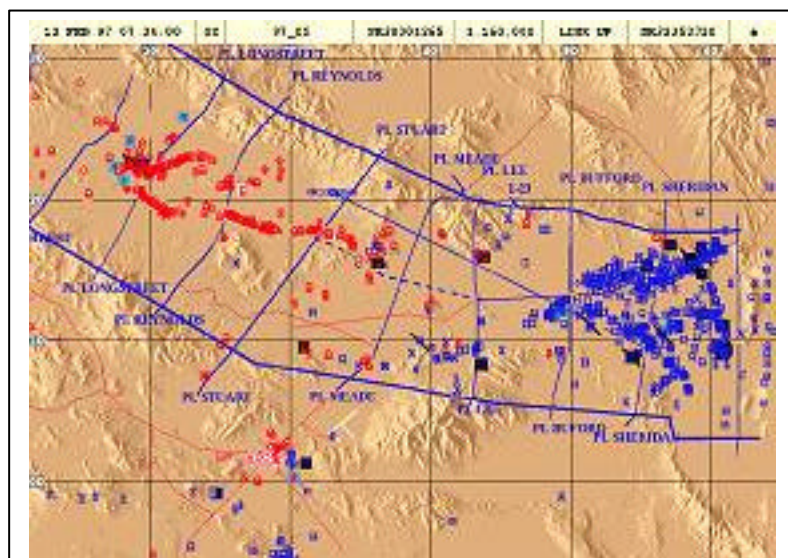


Figure 62 : Internet Tactique offert par le FBCB2 américain

Les quatre réponses de base

Ces systèmes ont de nombreux points communs. Leur principale utilité consiste à fournir en permanence les réponses à quatre questions fondamentales:

- ? Où suis-je ?
- ? Où sont mes propres forces ?
- ? Où sont les forces adverses repérées ?
- ? Quelle est ma mission ?

³⁹ Bradford James, "Tactical Internet Key To Digital Battlefield" in *American Forces Press Service*, Avril 2000, pages 31-32

Pour ce faire, tant Finders, SIR que FBCB2 combinent deux éléments matériels: d'une part, une interconnexion de radios effectuant automatiquement des transferts de données; d'autre part, un écran relié à un ordinateur et affichant la carte du secteur avec les unités amies et adverses. La transmission des informations à l'ensemble des postes, en quasi-temps réel et leur visualisation sur les secteurs d'engagement ⁴⁰ et d'intérêt ⁴¹ constituent l'intérêt principal de ces systèmes.

a) Le Finders de Giat Industries ⁴²

Avec l'introduction du char de combat Leclerc, premier char de 4^e génération, la France a également mis en service le premier système de commandement et de contrôle tactique, le Finders, conçu par Giat Industries. Opérationnel depuis 1995 sur Leclerc, Finders a depuis été installé sur 5 autres véhicules de combat, notamment les VBL et AMX-10 RC. Conçu pour fonctionner au niveau tactique (c'est-à-dire sur le terrain), et s'adressant en particulier aux commandants de compagnie et aux officiers subordonnés, le Finders comporte 4 fonctions majeures:



Figure 63 : Le Finders de Giat Industries

- ? La transmission d'ordres graphiques clairs
- ? La mise à jour automatique de l'état technique et logistique de l'unité
- ? La connaissance en quasi-temps réel des événements du champ de bataille
- ? L'aide à l'analyse tactique de la situation

Deux modèles de Finders sont actuellement disponibles: le kit CSV, qui convient à la majorité des véhicules de combat et en particulier aux officiers devant en permanence passer de leur poste de commandement à leur poste de combat, et le kit Recce, qui réduit les cycles de mise à jour des informations et correspond à une utilisation permanente ⁴³.

Plus de 200 exemplaires de Finders sont déjà en service, tous à bord de véhicules de combat: aucun modèle portable n'existe à l'heure actuelle. Le système est compatible avec la plupart des radios numériques existantes, qui permettent en alternance la transmission de données et la communication vocale. Ainsi, le Finders exige des taux de transfert oscillant entre 600 et 4800 bps (bits par seconde); les modèles de radios numériques PR4G de Thomson-CSF, SE-235 et SE-135 dans notre armée, fonctionnent à 2400 bps, ce qui est tout à fait compatible avec le Finders.

⁴⁰ Secteur d'attaque contre les forces ennemies

⁴¹ Terrain ennemi à conquérir en priorité

⁴² Site Internet <http://www.giat-industries.fr/>

⁴³ Utilisation ininterrompue dans un poste de commandement principal

De ce fait, le Finders n'entrave pas les conversations, se bornant à imposer un temps d'attente n'excédant pas 1,5 secondes, et autorise les communications avec d'autres stations numériques non équipées du système. Mais son principal intérêt réside dans sa capacité à assurer une transmission des informations à l'ensemble des postes, quelque soit leur réseau, et à maintenir une couverture intégrale sur le principe de la toile d'araignée propre à l'Internet, avec notamment un mécanisme automatique de retransmission et de confirmation.

Enfin, le Finders n'est pas un système fermé: il a été conçu pour être interopérable avec des systèmes de commandement et de contrôle de niveau supérieur. Ce qui est le cas en France avec le Système d'Information Régimentaire.

b) Le SIR d'Aérospatiale Matra

Le SIR mis en développement à partir de 1996, sous la maîtrise d'œuvre de Matra Systèmes & Informations, filiale d'Aérospatiale Matra (devenue EADS), est opérationnel depuis l'année 2000, et a démontré son interopérabilité avec le Finders. Il ne diffère d'ailleurs que peu par rapport à ce dernier dans son fonctionnement et ses possibilités, si ce n'est qu'il est adapté aux opérations de plus grande échelle.

De ce fait, les postes SIR sont également installés à bord de véhicules; fin 2002, par exemple, 4 VAB (Véhicules de l'Avant Blindé) seront opérationnels pour l'instruction des officiers à l'Ecole supérieure d'application des transmissions de Rennes.

Ce système participe largement à la "révolution culturelle" que vit actuellement l'armée française dans sa transition vers la professionnalisation, notamment en permettant l'accroissement des responsabilités des échelons tactiques, c'est-à-dire que les officiers sur le terrain commencent à avoir les mêmes responsabilités de décision que les officiers dans les postes de commandement généraux.



Figure 64 : Le SIR d'Aérospatiale Matra

c) Le FBCB2 de l'US Army ⁴⁴

Les Forces armées américaines produisent naturellement de vifs efforts pour intégrer les technologies de l'âge de l'information à leurs Forces terrestres. C'est en 1996 que le processus dénommé Force XXI a été lancé, avec pour but la numérisation complète d'une grande unité, la 4^e division d'infanterie.



Figure 65 : Poste de Commandement de la Force XXI

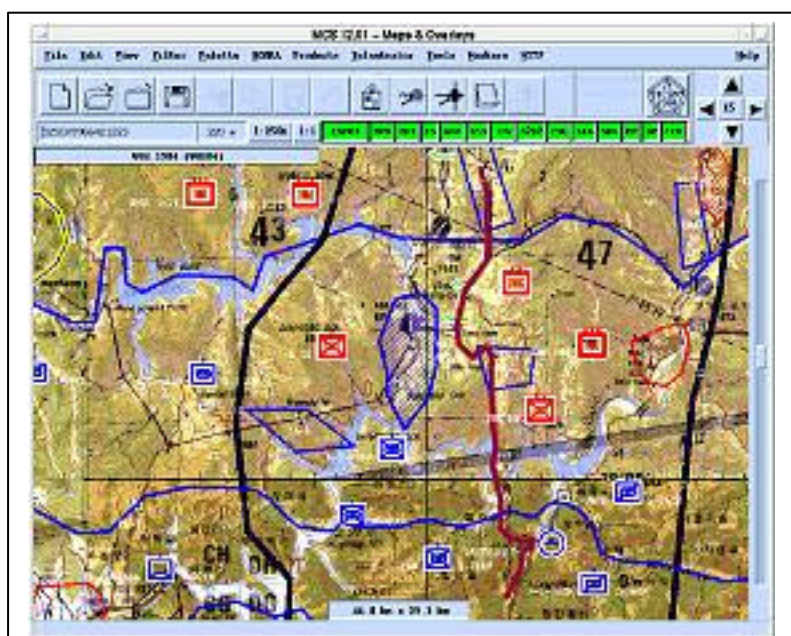


Figure 66 : Le logiciel Applique'

Dans ce processus de numérisation comprenant 11 projets, l'élément central est constitué par le Force XXI Battle Command, Brigade and Below (FBCB2), un système de commandement et de contrôle installé dans tous les véhicules de combat de la division. Deux projets distincts le constituent: Applique', un ensemble matériel et logiciel servant de terminal informatique, et Tactical Internet, un système de transmission automatique couplé à un GPS (système de positionnement par satellite).

⁴⁴ Dylan Robert, "Force XXI: Training For War On The Digital Battlefield" in *American Forces Press Service*, Décembre 1996, pages 18-20



Figure 67 : Le FBCB2 américain

Le fonctionnement du FBCB2 est très comparable à ceux des systèmes français; la différence fondamentale, pour les utilisateurs de l'US Army, réside dans le fait que ces terminaux informatiques sont à l'extrémité d'un système global combinant images satellitaires, drones et radars aériens comme terrestres pour assurer une conscience de la situation ("situational awareness") sans équivalent.

Applique' permet aux officiers d'obtenir en quasi-temps réel une image complète de la situation, avec affichage sur carte de toutes les unités reconnues, amies ou adverses. Un stylo optique permet de recevoir davantage

d'informations sur n'importe quelle icône, ou encore d'envoyer un message numérique - un e-mail, en fait - à n'importe quel destinataire ou à tous, avec confirmation. Tactical Internet, pour sa part, adapte en permanence les transmissions du véhicule selon ses déplacements et autorise les communications vocales sans entraver les transferts de données.

2. Les conséquences sur les Forces terrestres

Depuis fin 2001, aussi bien la France que les USA disposent de systèmes de commandement et de contrôle informatiques opérationnels au niveau tactique. Les avantages que procurent ces Internet tactiques aux Forces terrestres sont énormes; nous nous bornerons ici à en citer quatre principaux:

- ? L'interconnexion des postes supprime le ralentissement dû à la hiérarchie pour la transmission de l'information et autorise donc une capacité de réaction sans précédent aux manœuvres adverses
- ? La conjugaison d'une carte numérique à un système de localisation satellitaire réduit considérablement les pertes de temps liées aux mouvements
- ? La conscience de la situation ne supprime pas nécessairement les incertitudes liées à l'adversaire, mais elle diminue de manière considérable les risques de "friendly fire" (tirer contre ses propres forces ou des forces amies)
- ? Enfin, le renforcement marquant de l'orientation géographique et tactique des officiers sur le terrain permet d'accroître l'efficacité de la collaboration interarmes. Des unités d'autres armes peuvent être prévenues directement par les officiers sur le terrain et intervenir, sans devoir attendre que les ordres remontent au commandement général puis redescendent vers l'unité en question.

Les Internet tactiques sont donc des multiplicateurs de forces, au point qu'une force conventionnelle des années 90 affrontant une force numérisée de taille comparable se verrait systématiquement repérée dans ses moindres mouvements, contrée dans toutes ses intentions, fixée puis détruite par un feu d'une précision extrême. Les expériences concrètes faites dans les Advanced Warfighting Experiments (AWE) de l'US Army, entre 1996 et 1999, ont complètement validé ces concepts.

Les systèmes de commandement numériques sont une vraie révolution, cependant il faut prendre en compte les failles et faiblesses réelles ou potentielles dont souffrent actuellement les systèmes de commandement numériques ⁴⁵. En particulier on peut citer:

- ? Le **pouvoir presque hypnotique des écrans de contrôle** et le risque que les officiers des formations de combat fondent toutes leurs réflexions sur les informations fournies par le système et omettent une immersion sensorielle, - voir, écouter -, dans leur secteur d'engagement
- ? L'**abstraction des facteurs humains et immatériels** au profit d'une concentration sur les facteurs immédiatement quantifiables, aboutissant à une perte possible de

⁴⁵ Burgess Lisa, "Computers dominate war games, but common sense can save the day ", in *European and Pacific Stars and Stripes*, Avril 2001, pages 12-13

perception d'éléments essentiels du champ de bataille, - comme l'état physique et psychologique des formations propres et adverses -

- ? La **possibilité accrue de micro-conduite** (*micromanagement*) pour les officiers généraux et supérieurs, puisque le système leur permet non seulement de voir mais également d'ordonner jusqu'au niveau groupe et section, en passant par-dessus les officiers subalternes
- ? La **fragilité excessive des systèmes informatiques** aux dérangements, qu'ils soient dus à l'imperfection des logiciels (bugs), à l'interconnexion de systèmes hétérogènes, ou tout simplement à l'action de l'adversaire, - amenant les officiers d'état-major à davantage se préoccuper du fonctionnement des systèmes que de la situation des combats -
- ? La **lenteur potentiellement accrue du cycle décisionnel** en raison de la surcharge d'informations (*information overload*), qui nécessite une grande capacité de synthèse et d'abstraction, et de la possibilité d'acquérir des informations sans cesse plus précises, - en retardant le déclenchement de l'action.

Bref, même si certaines craintes légitimes quant au commandement et au traitement de l'information sont apparues, il faut admettre que la révolution dans les affaires militaires n'est pas un mirage !

CONCLUSION

De tout temps, les armées ont eu besoin d'obtenir des renseignements sur leurs propres forces et celles de leurs adversaires. C'est ce service primordial qu'a dû rendre l'image militaire à travers les Siècles.

Obtenir l'image puis la transmettre jusqu'aux postes de commandement était le labeur des soldats chargés de cette mission.

La technique a permis d'accélérer les processus de transmission et de protéger la vie des soldats. C'est à ce titre que l'informatique fut une véritable révolution en matière d'obtention et de transmission de l'image.

Si on compare l'évolution historique, nous sommes passé d'une priorité pour le renseignement à une priorité pour la vie des hommes.

En effet, à l'heure actuelle, les drones permettent d'obtenir des images sans risquer la vie d'hommes sur le terrain. Ceci n'est cependant valable que pour les pays disposant d'un budget important. N'oublions pas qu'un drone vaut la bagatelle de quarante millions de dollars.

Enfin, le commandement numérique, qui permet de centraliser toutes les informations du champ de bataille en un lieu unique, n'est pas sans provoquer certaines craintes.

Que se passerait-il, en effet, si une armée ennemie pénétrait le système de commandement avec l'aide de hackers informatiques et donnait ordre aux forces en question de tirer sur leurs propres soldats ?

Il suffit de se rappeler le film de John Badham sorti en 1983, War Games, dans lequel un jeune hacker réussissait à pénétrer un ordinateur de la défense américaine et manquait de provoquer le lancement de missiles thermonucléaires sur l'Union Soviétique.

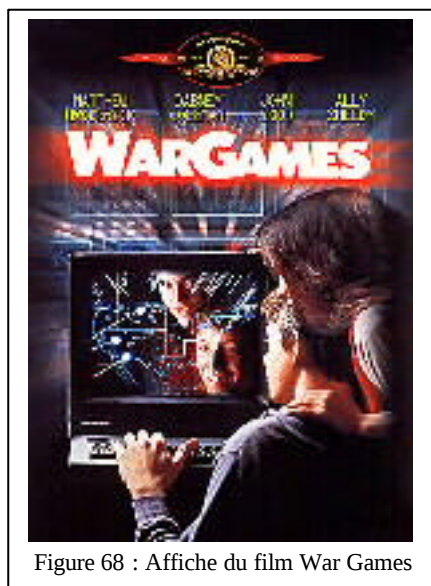


Figure 68 : Affiche du film War Games

BIBLIOGRAPHIE

LIVRES

- Winter Jay - Baggett Blaine, *14-18 la Grande Guerre*, France Loisirs, 1992.
Smith Peter, *Junkers Ju 87 Stuka*, Crowood Pr Ltd, 1998.
Bauduin Philippe - Charon Eric, *Normandie 44 : les photos de l'avion-espion*, Maît Jacques, 1997.
Kahn David, *La guerre des codes secrets*, InterEditions, 1980.
Van der Linden Christian, *Le pigeon voyageur*, Payot, 1950.
Stern Jacques, *La science du secret*, Odile Jacob, 1998.
Wilson Geoffrey, *The old telegraphs*, Philimore, 1976.
Saint Denis Gilles, *La télégraphie Chappe*, Editions de l'Est, 1993.
Bertho Catherine, *Télégraphes et téléphones de Valmy au microprocesseur*, Le Livre de Poche, 1981.
Gave Brown Anthony, *La guerre secrète*, Pygmalion, 1989.
Harris Robert, *Enigma*, Pocket, 1992.
Dupas Alain, *Une autre histoire de l'espace*, Découverte Gallimard, 1991.
Brune François, *Sous le soleil de Big Brother*, L'Harmattan, 2000.
Toffler Heidi et Alvin, *Guerre et contre-guerre*, Fayard, 2001.

MAGAZINES ET REVUES

- Erskine Ralph, "Kriegsmarine Short Signal Systems - and How Bletchley Park Exploited Them", in *Cryptologia*, Janvier 1999, pages 16-20.
Erskine Ralph, "Kriegsmarine Signal Indicators", in *Cryptologia*, Avril 1996, pages 30-40.
Paul Serge, "La télédétection aérospatiale" in *Armées d'aujourd'hui*, n°259, Septembre 2001, pages 26-29.
Bradford James, "Tactical Internet Key To Digital Battlefield" in *American Forces Press Service*, Avril 2000, pages 31-32.
Dylan Robert, "Force XXI: Training For War On The Digital Battlefield" in *American Forces Press Service*, Décembre 1996, pages 18-20.
Burgess Lisa, "Computers dominate war games, but common sense can save the day ", in *European and Pacific Stars and Stripes*, Avril 2001, pages 12-13.

SITES INTERNET

<http://www.nro.gov/>

<http://www.lockheedmartin.com/>

<http://www.giat-industries.fr/>

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : L'espionne allemande Mata Hari	7
Figure 2 : Une tour de guet utilisée par les défenseurs Cathares	7
Figure 3 : Longue-vue du XIXème siècle pour observation terrestre à grande distance	8
Figure 4 : Napoléon à Wagram par Gérard	9
Figure 5 : Un U-boot en surface	9
Figure 6 : Jumelles de sous-marin allemand (U-boot)	10
Figure 7 : Lancement d'un ballon à air chaud	10
Figure 8 : Appareil photographique de Nicéphore Niepce	11
Figure 9 : Avions de reconnaissance alliés en 1915	11
Figure 10 : Un Ju 87 Stuka au cours d'une mission de reconnaissance sur l'Angleterre en 1940	12
Figure 11 : Décollage d'un Ar 234	12
Figure 12 : Le port d'Arromanches	13
Figure 13 : Terrain militaire de Juvincourt	14
Figure 14 : Le Lockheed U2	14
Figure 15 : Un pigeon voyageur bagué aux pattes	15
Figure 16 : L'Araba, pigeonnier mobile	19
Figure 17 : La Scytale	22
Figure 18 : Relais visuels d'Énée le Tacticien	24
Figure 19 : Une tour à signaux romaine	24
Figure 20 : Le tonneau de Frantz Kessler	25
Figure 21 : Une tour Chappe	26
Figure 22 : La station du Trou d'Enfer	27
Figure 23 : Les bras articulés de la station du Trou d'Enfer	27
Figure 24 : Un poste télégraphique Morse	28
Figure 25 : Maxwell et Hertz	29
Figure 26 : L'expérience de Hertz	29
Figure 27 : La propagation des ondes dans le temps	29
Figure 28 : Edouard Branly	30
Figure 29 : L'expérience de Branly	30
Figure 30 : Alexandre Popov	31
Figure 31 : Essais de transmission depuis la Tour Eiffel	31

Figure 32 : Poste Popov-Ducretet _____	32
Figure 33 : Récepteur Ducretet _____	32
Figure 34 : Guglielmo Marconi _____	32
Figure 35 : Ondes amorties, ondes entretenues _____	33
Figure 36 : Nikola Tesla _____	34
Figure 37 : Résonateur Tesla _____	35
Figure 38 : Résonateur Oudin _____	35
Figure 39 : Poste émetteur-récepteur longue distance français utilisé lors de la première guerre mondiale _____	35
Figure 40 : Coupe d'un rotor de l'Enigma _____	37
Figure 41 : La machine à coder Enigma _____	38
Figure 42 : La première photographie transmise par le béliographe _____	40
Figure 43 : L'intérieur du satellite Spoutnik 1 _____	41
Figure 44 : Spoutnik 1 et 2 _____	42
Figure 45 : Spoutnik 3 _____	43
Figure 46 : Vision limitée, par bandes, des satellites de type Keyhole _____	45
Figure 47 : Un satellite Intelsat _____	45
Figure 48 : Dessin d'un satellite Mercury interceptant les signaux transmis par des antennes terrestres à destination des satellites relais Intelsat _____	46
Figure 49 : Photographie initiale d'une zone terrestre _____	47
Figure 50 : Photographie de la zone après traitement informatique _____	47
Figure 51 : Analyste interprétant des photographies satellites lors de la Guerre du Golfe _____	47
Figure 52 : Jumelles de vision nocturne _____	48
Figure 53 : Soldat équipé du système de vision nocturne AN/PVS7B américain _____	48
Figure 54 : Le système TADS/PNVS _____	49
Figure 55 : Vision infrarouge du pilote et explosion d'un missile à guidage laser _____	49
Figure 56 : Le drone américain RQ-1A _____	51
Figure 57 : Photographie de hangars en Bosnie, vus par un drone RQ-1A _____	51
Figure 58 : L'imagerie hyper-spectrale _____	52
Figure 59 : Le Casi _____	52
Figure 60 : Détection de mines posées en surface _____	53
Figure 61 : Panosphérique recréé à partir d'une image sphérique _____	54
Figure 62 : Internet Tactique offert par le FBCB2 américain _____	55
Figure 63 : Le Finders de Giat Industries _____	56
Figure 64 : Le SIR d'Aérospatiale Matra _____	57
Figure 65 : Poste de Commandement de la Force XXI _____	58

Figure 66 : Le logiciel Applique'	58
Figure 67 : Le FBCB2 américain	59
Figure 68 : Affiche du film War Games	62

TABLE DES MATIERES

Introduction	5
I. L'IMAGE MILITAIRE CLASSIQUE	6
A. L'OBTENTION DE L'IMAGE MILITAIRE	6
1. L'obtention directe	6
a) L'éclaireur	6
b) L'espion	7
c) Les instruments	7
- La tour de guet	7
- La longue-vue	8
- Les ballons d'observation	10
2. L'obtention indirecte	11
B. LE TRANSPORT DE L'IMAGE MILITAIRE	15
1. Le transport direct sans modification de forme de l'image	15
a) Le porteur au crâne rasé	15
b) Le pigeon voyageur	15
- Dans l'Antiquité	15
- Au moyen Age	16
- Après la Révolution	18
- Durant la Première Guerre Mondiale	19
- Durant la Deuxième Guerre Mondiale	20
- De nos jours	21
2. Le transport indirect avec encodage de l'image	22
a) Le porteur	22
- La Scytale Lacédémonienne	22
- Le chiffre César, Vigenère et les Lexiques de chiffrement	23
b) La transmission par relais	24
c) Les tours télégraphiques	26
- Le système Chappe	27
d) la télégraphie morse	28
e) La télégraphie sans fil	29
- Ondes Hertziennes	29
- Tubes à limaille	30
- Télégraphie... sans fil...	31
- T.S.F. première génération	33
- Syntonie	34
- La transmission de l'image militaire par la T.S.F. (Enigma)	35
f) le béliographe	40
II. L'IMAGE MILITAIRE MODERNE OU L'ERE DE L'INFORMATIQUE	41
A. LES NOUVEAUX MOYENS D'OBTENTION DE L'IMAGE	41
1. Les satellites	41
a) Les premiers satellites de l'Histoire	41
- Spoutnik 1	41
- Spoutnik 2	42
- Spoutnik 3	43

b) Les satellites espions _____	44
- Le NRO (National Reconnaissance Office) _____	44
- Les satellites militaires _____	44
2. Les systèmes de vision de nuit tactiques _____	48
- Le TADS/PNVS _____	49
3. Les drones ou avions sans pilote _____	50
B. LES TECHNIQUES D'IMAGERIE NUMERIQUE AVANCEES _____	52
1. L'imagerie hyper spectrale _____	52
2. Le système de visualisation panosphérique (PVS) _____	54
C. LE COMMANDEMENT NUMERIQUE _____	55
1. Le commandement tactique numérique _____	55
a) Le Finders de Giat Industries _____	56
b) Le SIR d'Aérospatiale Matra _____	57
c) Le FBCB2 de l'US Army _____	58
2. Les conséquences sur les Forces terrestres _____	60
 Conclusion _____	 62
 Bibliographie _____	 63
Table des illustrations _____	64