



“OPÉRATION LINDBERGH”

***Une première mondiale en télé-chirurgie :
le geste chirurgical a traversé l’Atlantique !***

New York – Strasbourg

**Conférence de Presse
19 septembre 2001**

**Espace Multimedia
103 rue de Grenelle
75007 Paris**

Sommaire

L'opération et la patiente

L'alliance réussie de 3 compétences uniques

Schéma de l'opération Lindbergh

Nom de code : « Opération Lindbergh »

Les grandes étapes des communications transatlantiques depuis 150 ans

Pour tout savoir sur la télé-chirurgie

L'opération et la patiente

Réalisation : première intervention chirurgicale transatlantique chez l'homme

Date : 7 septembre 2001

Lieux : Bloc de Chirurgie A, Hôpitaux Universitaires de Strasbourg, Place de l'Hôpital, Strasbourg / Immeuble Equant, avenue of the Americas, New York

Equipe : le Professeur Jacques Marescaux assisté du Professeur J. Leroy et du Professeur M. Gagner

Partenaires : IRCAD, France Télécom, Computer Motion

L'intervention chirurgicale

L'intervention chirurgicale s'est déroulée non pas à partir d'un hôpital, mais dans un immeuble de Manhattan. L'équipe chirurgicale était répartie de la manière suivante : le Prof. J. Marescaux assisté du Prof. M. Gagner étaient à New York ; le Prof. J. Leroy et le Dr. M. Smith se trouvaient dans le bloc opératoire du C.H.U. de Strasbourg, prêts à intervenir en cas de besoin. L'intervention s'est déroulée sous anesthésie générale, se conformant aux règles classiques de la chirurgie mini-invasive, avec introduction d'une optique et d'une caméra dans le ventre de la patiente et des deux instruments permettant d'opérer.

L'intervention chirurgicale consistait en une cholecystectomie laparoscopique (ablation de la vésicule biliaire de manière mini-invasive) chez une patiente qui souffrait de cette pathologie de manière chronique. Le choix de ce type d'intervention pour effectuer la première opération transatlantique n'a pas été anodin : l'ablation de la vésicule biliaire par voie mini-invasive est devenue le « gold-standard » reconnu par toute la communauté chirurgicale internationale – l'équipe chirurgicale de Strasbourg avait analysé les avantages de la chirurgie assistée par ordinateur dans ce type d'intervention et en avait publié les résultats dans un prestigieux journal chirurgical américain (*Annals of Surgery*) – enfin il s'agit d'une intervention chirurgicale qui peut être simple, mais parfois difficile, voire dangereuse, d'où l'intérêt de démontrer la possibilité du partage du geste chirurgical en cas de complications ou de difficultés pendant l'intervention.

L'opération, qui a duré 45 minutes, a nécessité la compétence combinée d'une équipe soudée de 40 personnes associant l'équipe médicale, les ingénieurs de France Télécom, et les ingénieurs spécialisés dans les systèmes robotiques de Computer Motion.

La patiente

La patiente, âgée de 68 ans, a reçu avant son opération une préparation spécifique afin de comprendre, dans tous ses détails, le déroulement de l'opération. Elle a visité l'IRCAD/EITS à Strasbourg, vu le robot fonctionner et très bien intégré la distanciation qui existerait lors de son opération entre son chirurgien à New York et elle-même à Strasbourg. Elle a été informée selon la procédure de la loi Huriet de tous les risques potentiels inhérents à la mise en œuvre de cette nouvelle technologie, ainsi que de l'avis favorable émis par le CCPPRB d'Alsace. Son acceptation a été immédiate et sa motivation très claire : fascination pour les nouvelles technologies – sécurité devant une telle sophistication technologique – certitude qu'elle participait à une révolution majeure en chirurgie.

Ce 7 septembre 2001 a été l'aboutissement de nombreuses années de recherche au sein de l'IRCAD/EITS de Strasbourg, puisque déjà en 1993, le Prof. Marescaux avait déposé un projet européen Eureka « Master » visant à initier et développer la chirurgie assistée par ordinateur.

Expérimentations

Les premiers essais simulés d'une intervention chirurgicale expérimentale à Strasbourg via Paris (soit 1 000 km de distance, aller-retour) ont été effectués et réussis en septembre 2000 avec un délai de transmission de l'ordre de 200 millisecondes.

Des travaux ultérieurs devaient permettre de réduire ce délai à 150 millisecondes, permettant ainsi, en juillet 2001, plusieurs opérations expérimentales transatlantiques entre New York et Strasbourg avec un parcours des données d'environ 15 000 km. La réussite et la fiabilité de ces essais permettaient d'envisager de passer à l'opération chez l'être humain.

L'alliance réussie de 3 compétences uniques

Une expertise de longue date en télé-chirurgie : l'IRCAD et l'EITS

L'IRCAD et l'EITS (European Institute of Tele-Surgery) ont acquis en 7 ans une renommée internationale facilement attestée par le nombre et l'origine des chirurgiens s'inscrivant aux sessions de formation : ainsi plus de 3 000 chirurgiens sont accueillis chaque année, venant des 3 continents et pris en charge par une équipe internationale de 800 experts. L'IRCAD-EITS se place ainsi au premier rang des écoles de chirurgie dans le monde et la place de l'Institut Européen de Téléchirurgie (EITS) sur l'échiquier mondial de la formation est unique puisqu'il n'existe aucune structure universitaire de cette envergure dans le monde.

La création de ce centre en 1994 est à l'initiative du Professeur Jacques Marescaux, conscient en 1993 du passage inéluctable et rapide de la chirurgie de l'ère industrielle à l'ère de l'information. Cette structure privée originale est ainsi dédiée à la valorisation de la recherche fondamentale contre le cancer (IRCAD) et au développement des nouvelles technologies informatiques dans le monde chirurgical (EITS).

La télé-chirurgie est donc au centre des études et des recherches de l'IRCAD-EITS, suite aux autres révolutions survenues dans le monde chirurgical depuis 10 ans. Après l'avènement de la chirurgie mini-invasive permettant de réaliser l'acte chirurgical guidé par l'introduction d'une caméra sans avoir recours à une ouverture de l'abdomen ou du thorax, l'arrivée de la chirurgie assistée par ordinateur a permis, par l'intelligence artificielle qu'elle apporte au chirurgien, de sécuriser le geste opératoire, de le rendre plus précis, tandis qu'elle introduit le concept de distanciation entre le chirurgien et son patient.

L'IRCAD-EITS s'est donc tout naturellement tourné depuis de nombreuses années vers le défi de la distance entre le chirurgien et son patient : imaginer que celle-ci, actuellement de quelques mètres dans le bloc opératoire, pourrait être de plusieurs milliers de kilomètres. C'est ce que l'ensemble de l'équipe de l'*Opération Lindbergh* vient de démontrer.

L'excellence des transmissions à haut débit : France Télécom

Pour la réussite de cette opération, le défi relevé par France Télécom était de fournir à l'équipe chirurgicale :

- une transmission de qualité, fiable et sécurisée, maîtrisée de bout en bout
- une garantie de débit à 10 Mbit/s
- un délai de transmission constant et inférieur à 200 ms sur l'aller et retour, délai réputé impossible à atteindre sur une telle distance.

En plus de ce challenge technique, il était nécessaire de faire transiter sur un même service plusieurs types d'usage.

Par la maîtrise de cette transmission multiservices France Télécom a permis de rapprocher les continents de cinq façons (cf schéma) :

- par le geste du chirurgien via le robot et la transmission de données
- par sa voix grâce à la téléphonie sur IP
- par ses yeux au moyen d'une caméra endoscopique et le moniteur vidéo
- par une visioconférence qui permet la coordination visuelle des deux salles

- par les données de contrôle échangées sans cesse entre deux micro-ordinateurs situés à chaque extrémité.

Grâce à l'ensemble des forces du groupe France Télécom, le pari fut tenu :

- la Branche Entreprise a coordonné l'ensemble de l'Opération Lindbergh, tout en mettant à disposition pour la partie nationale son service MultiLAN.
- Equant a géré la partie internationale par son service Equant ATM.
- La Branche Réseaux a fourni l'infrastructure physique du réseau en fibre optique.
- France Télécom Transpac a assuré la coordination technique d'exploitation et la surveillance du réseau.
- Les ingénieurs de France Télécom R&D, ont réussi à réduire le délai total de transmission en travaillant sur le codage/décodage du signal vidéo. Ils ont aussi mis en place et exploité les équipements d'accès aux services, surveillé la qualité et la fiabilité du service haut débit de bout en bout en insérant des cellules tests dans la trame ATM (Asynchronous Transfert Mode).

France Télécom, avec l'opération Lindbergh démontre une fois de plus, la capacité de ses réseaux à servir, même dans des conditions extrêmes, les différents usages nécessaires aux entreprises pour relever leurs propres défis d'innovation, de réactivité, de productivité...

La téléchirurgie et la robotique : Computer Motion

Cette première intervention chirurgicale entièrement télécommandée a été rendue possible grâce à l'alliance inédite de systèmes de robotique et d'un logiciel unique, résultat des efforts d'une équipe dédiée de recherche et développement de Computer Motion, le leader mondial de la robotique chirurgicale. Computer Motion a récemment introduit le système de télécollaboration Socrates™, ainsi que la nouvelle technologie Microwrist™ et le système de robotique chirurgicale Zeus™. L'Opération Lindbergh a ouvert de nouvelles perspectives en fournissant un environnement d'essai grandeur nature, permettant de relever les défis de la chirurgie téléguidée, de la collaboration en temps réel, et de la formation à distance des chirurgiens.

L'adoption de procédures mini-invasives évoluées continue d'être le moteur des efforts de recherche et de développement de Computer Motion. Son but est d'améliorer les résultats des opérations et la qualité de vie des patients en général, dans une large gamme de disciplines chirurgicales. C'est une excellente opportunité de pouvoir appliquer ces progrès à une population plus étendue de patients, sans contraintes de temps ni d'espace. Computer Motion est dans une position privilégiée pour aider à la formation des chirurgiens, et à l'application de ces nouvelles techniques au bloc opératoire. Aucune autre société n'offre actuellement une palette aussi complète de solutions pour les professionnels de la santé.

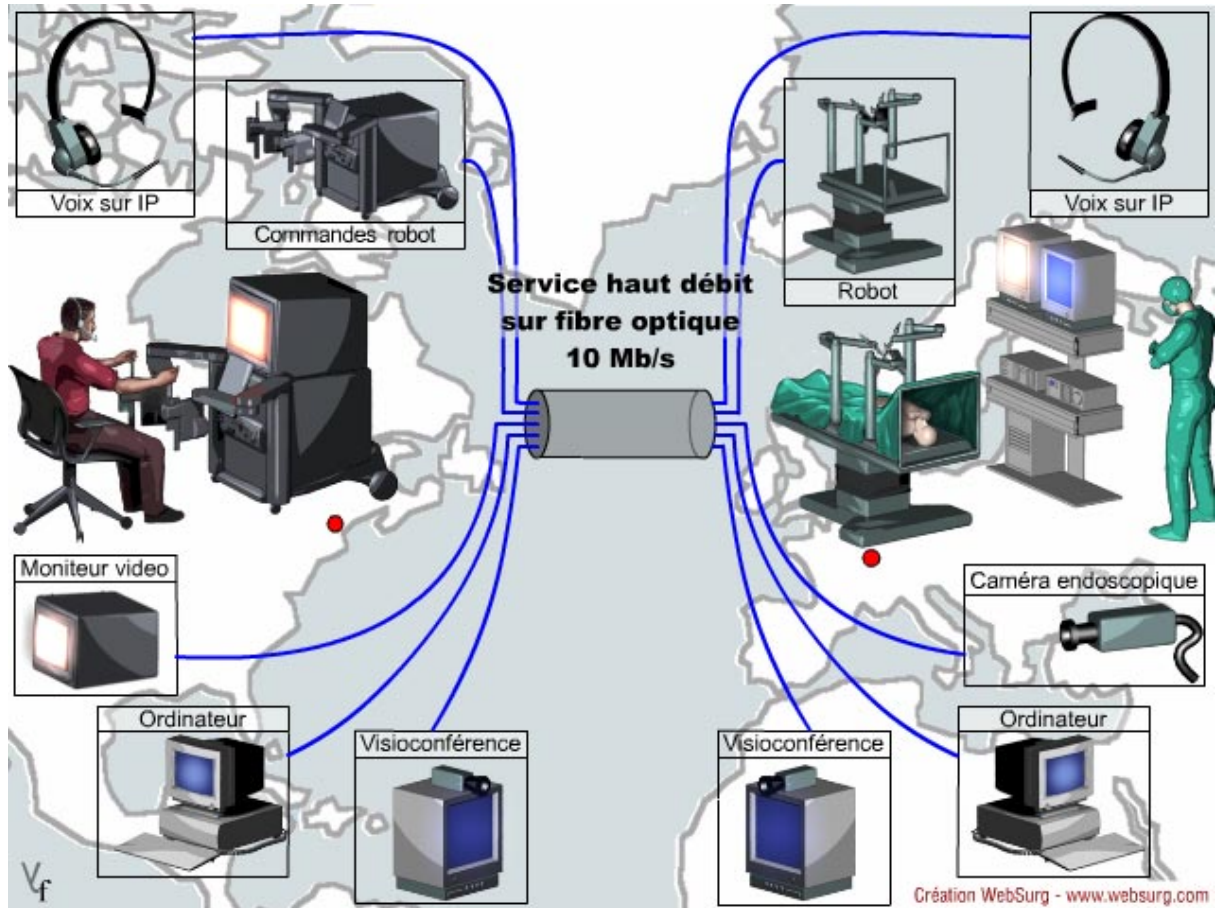
L'opération de téléchirurgie LINDBERGH a été réalisée grâce au système robotique Zeus™. Ce système a été développé initialement en 1995, pour permettre la microchirurgie endoscopique. Il est devenu rapidement évident qu'il pouvait être utilisé pour une large palette de disciplines chirurgicale incluant la chirurgie générale, thoracique, gynécologique, urologique, ...

Le système Zeus™ est composé de trois bras robotisés (deux manipulant les instruments selon les mouvements des mains du chirurgien, et un manipulant l'endoscope commandé à

la voix), et d'une console chirurgicale (où le chirurgien est assis et manipule les joysticks qui commandent les deux instruments tenus par les bras robotisés).

Chaque articulation des bras robotisés du système Zeus™ a des doubles sécurités. Les signaux sont vérifiés plus de 1000 fois par seconde. Cela fait de notre technologie robotique une plate-forme totalement fiable.

Schéma de l'opération Lindbergh



Nom de code : « Opération Lindbergh »

L'exploit de l'aviateur Charles Lindbergh : la traversée de l'Atlantique en solo

En 1927, l'aviateur Charles Lindbergh effectuait la première traversée de l'Atlantique en solo et sans escale entre New York et Paris à bord de son avion Spirit of Saint-Louis. Cette traversée tenait de l'exploit (33 heures de vol), et marquait l'aboutissement d'un grand projet.

De même l'Opération Lindbergh représente une avancée dans les domaines technologiques et chirurgicaux. Aujourd'hui, c'est le geste chirurgical qui de New York à Strasbourg, a traversé l'Atlantique.

Charles Lindbergh est né le 4 février 1902 à Détroit. A l'âge de 8 ans il voit pour la première fois un avion, piloté par un pionnier de l'aviation, Lincoln Beachey. Son intérêt pour l'aviation ira alors grandissant. En 1922, après avoir étudié la mécanique à l'université du Wisconsin, il décide de se consacrer à sa passion. Il entre à la compagnie aérienne du Nebraska. Son objectif : voler. En 1923 il effectue son premier vol en solo. Au printemps 1926, il pilote le premier avion postal qui assure la liaison Chicago/Saint-Louis.

C'est à l'âge de 25 ans qu'il entreprend la traversée de l'Atlantique Nord, entre New York et Paris. Le matin du 20 mai 1927, Charles Lindbergh s'apprête à décoller seul pour le vieux continent. Tous les regards sont braqués sur cette traversée en solitaire, cette « première » qui vaudra à Charles Lindbergh le surnom de « *lone eagle* ». Son appareil, un Ryan NYP (New York Paris) appelé *Spirit of Saint-Louis* (des financiers de cette ville lui avait prêté l'argent nécessaire pour tenter cet exploit), est propulsé par un nouveau moteur Wright de 220 chevaux. Charles Lindbergh n'emporte ni parachute, ni radio, économisant sur tout ce qui est superflu afin de pouvoir prendre le maximum de carburant.

Ayant parcouru la distance de 6 300 kilomètres (au lieu des 5 800 initialement prévus), il se posera au Bourget le 21 mai à 22h22 après 33 heures et 30 minutes de vol. Une foule en délire se précipite vers son appareil afin d'emporter une pièce en souvenir de son vol historique... De retour à New York, il est accueilli triomphalement par la population américaine. Le 21 mars 1929, le Président Coolidge lui remet la médaille d'honneur du Congrès (*Congressional Medal of Honor*). Durant le reste de sa vie, il continua à servir l'Amérique, en particulier dans le Pacifique durant la seconde Guerre Mondiale. Il mourut le 26 août 1974.

Si la traversée de l'Atlantique par Charles Lindbergh a été la concrétisation de son esprit d'aventure, l'Opération Lindbergh est le symbole d'une autre épopée transatlantique, basée sur la coopération entre des partenaires tournés vers l'avenir.

Les grandes étapes des communications transatlantiques depuis 150 ans

Lorsque Lindbergh traversa l'Atlantique Nord, il s'agissait avant tout de vaincre la distance qui séparait les Etats-Unis du vieux continent. Aujourd'hui, la question qui se pose aux télécommunications est radicalement différente : comment transmettre quasi immédiatement une information en voix ou en image ? Le défi de la distance est progressivement dépassé pour devenir un défi de la qualité et de la rapidité, avec l'évolution des possibilités techniques et l'accroissement de la capacité des liaisons transatlantiques.

1er Avril 1792 : le télégraphe optique, présenté par Claude Chappe (1763-1805) à la tribune de l'Assemblée législative le 22 mars 1792, est adopté par la Convention. Ce premier réseau de télécommunications permet au gouvernement de transmettre des ordres à distance dans le moins de temps possible.

1851 : première liaison télégraphique sous-marine entre la France (Calais) et la Grande-Bretagne (Douvres).

1858 : premier câble transatlantique télégraphique. A l'époque, les navires mettaient trois semaines pour traverser l'Atlantique avec le courrier. Dès l'origine, le code de transmission choisi est le code Recorder, avec une vitesse théorique de 2,75 mots par minute. Les appareils télégraphiques mis en place sur les réseaux terrestres (Morse – vitesse de 25 mots par minute, puis Hughues – 42 mots par minute) n'ont pas été utilisés sur les liaisons transatlantiques. Entre 1858 et 1869 (liaison Brest / St Pierre et Miquelon), 4 liaisons seront posées.

1875 : première utilisation du duplexage, qui permet d'équilibrer le câble par une ligne artificielle. On augmente ainsi la capacité à 80 mots par minute.

1928 : les premières liaisons radio téléphoniques sont ouvertes par les grandes compagnies. Elles utilisent les ondes courtes, avec des longueurs inférieures à 100 mètres. Elles préfigurent l'existence d'un véritable réseau mondial par la voie hertzienne.

1956 : le premier câble téléphonique sous-marin intercontinental entre l'Europe et les USA, TAT 1 (Transatlantique 1), est installé.

Au cours de la nuit du 10 au 11 juillet 1962, les premiers échanges d'image entre Andover, aux Etats-Unis, et Pleumer Bodou, en Bretagne, ont lieu dans la station installée par le CNET (aujourd'hui France Télécom R&D). Peu après, les premières communications intercontinentales via satellite sont inaugurées, avec le satellite à basse altitude Telstar, qui offre un nouveau service : la télévision. Le budget d'une installation d'une liaison transatlantique avec les câbles coaxiaux analogiques est multiplié par 4 mais sa capacité de transmission par 10.

1988 : pose du TAT 8, premier câble transatlantique à fibre optique (40 000 communications téléphoniques simultanées en technologie numérique). Entre 1988 et 1995, les liaisons utilisées sont équipées de répéteurs régénérateurs. Avec la généralisation de la numérisation des abonnés, ceux-ci sont reliés à des centraux numériques. Certains opérateurs, dont France Télécom, essaient de développer le « tout numérique » pour les entreprises avec un réseau spécifique (RNIS, ou NUMERIS).

1997 : installation des systèmes TAT 12/ TAT 13. A partir de 1997, les nouvelles liaisons sont équipées de répéteurs amplificateurs. Devant l'explosion de la demande de lignes spécialisées et du réseau Internet, la capacité de ce système doit être accrue.

En 2000 est inauguré le TAT 14 : liaison sous-marine transatlantique en boucle de 7 segments entre l'Europe et les USA, dont France Télécom est l'un des principaux investisseurs. Le TAT 14 représente 64 fois la capacité du système antérieur, avec 80% des capacités dédiés aux services Internet et multimédia et permet d'acheminer près de 8 millions de communications simultanées. Dans un même temps les communications sans fil connaissent un essor considérable.

Pour tout savoir sur la télé-chirurgie

Définition

Télé-chirurgie : du grec *télé*, « loin », et *kheirurgia*, « opération manuelle »

Le terme de téléchirurgie est souvent à l'origine d'une confusion. Ainsi, il a pu être appliqué :

- à la chirurgie assistée par ordinateur car il y a effectivement une distanciation d'un à deux mètres entre le chirurgien et son patient
- à l'équivalent en chirurgie de la télémédecine. C'est à dire, le fait de guider à distance le chirurgien qui fait l'acte chirurgical (« telementoring ou « teleprotecting »). Dans ce cas le « telementor » ne participe au geste à distance que par les conseils qu'il prodigue.
- à l'inverse, la chirurgie à distance, dont il est question aujourd'hui, définie comme « Remote Surgery » par les américains, consiste à pratiquer la totalité de l'intervention à distance : aucune équipe n'avait réussi ce challenge en raison des délais de transmission du geste et des images, incompatibles avec une coordination fiable des gestes du chirurgien.

Evolution de l'acte chirurgical

Depuis 10 ans, plusieurs révolutions chirurgicales ont eu lieu :

- **1988** : avènement de la chirurgie mini-invasive, permettant de réaliser l'acte chirurgical guidé par l'introduction d'une caméra sans avoir recours à une ouverture de l'abdomen ou du thorax.
- **1996** : chirurgie assistée par ordinateur. Cette chirurgie consiste à interposer entre le chirurgien et son malade une interface d'ordinateur permettant d'analyser les gestes du chirurgien, de les démultiplier, de les sécuriser, puis de les transmettre à un télémanipulateur qui réalise l'intervention chirurgicale. L'intelligence artificielle sécurise le geste opératoire et le rend plus précis.
- **7 septembre 2001** : la télé-chirurgie.

Cette télémanipulation se faisait jusqu'alors par l'intermédiaire d'un câble de quelques mètres reliant dans le même bloc opératoire le chirurgien à son patient. Tout le défi était d'imaginer que cette chirurgie pourrait ne plus avoir de limites de distance.

Néanmoins, les chercheurs dans ce domaine s'étaient toujours heurtés à une limite technique car il était impossible de réduire le temps de latence entre le geste du chirurgien et le retour sur l'image du geste effectué. Ainsi l'utilisation d'un satellite, à l'origine d'un délai de 600 millisecondes, interdit tout geste chirurgical fiable.

Les enjeux de l'avenir

Cette grande mutation technologique dans le domaine chirurgical conduit à imaginer de nombreuses applications futures :

- Elle démontre tout d'abord la possibilité de partager le geste chirurgical à distance, réalisant ainsi l'une des plus belles applications positives de la « mondialisation ».
- Elle révolutionne le concept de l'éducation chirurgicale puisqu'elle permet d'imaginer le maintien d'un cordon ombilical entre un jeune chirurgien et une équipe chirurgicale plus entraînée.
- Elle permet d'envisager la possibilité, pour un pays en voie de développement, de bénéficier de l'expertise d'équipes renommées permettant d'élever le niveau des soins.
- Elle suscite l'espoir prochain de la réalisation d'actes chirurgicaux dans l'espace.
- Elle permet enfin d'imaginer en la combinant avec les techniques de réalité virtuelle et de simulation préopératoire, une nouvelle ère où la chirurgie à distance deviendra semi-automatisée voire automatisée.