



## PROMOTION *GÉNÉRAL GALLOIS*

*2016 -2017*

**Les données : quels enjeux pour les armées ?  
Approche croisée s'appuyant sur le cas de l'Armée de  
Terre.**

**Chef de bataillon Antoine Naulet**

Sous la direction successive de :

M. Jacques-Emile Blamont

Professeur de l'université Paris VI

&

M. de Lespinois Jérôme

Chargé d'études à l'Institut de recherche  
stratégique de l'école militaire



## Présentation du mémoire

Les évolutions de l'informatique changent les capacités de traitement de la connaissance. Les données deviennent ainsi un enjeu opérationnel mais aussi fonctionnel, juridique, sécuritaire ou économique. Les armées ne sont plus menant dans la recherche et l'innovation technologique dans ce domaine. Le processus d'intégration des outils civils dans le domaine militaire n'est pas acquis : la méfiance voire la défiance et la peur bloquent ou au moins freinent les échanges.

Oser le risque d'une transformation numérique suppose préalablement d'en mesurer l'enjeu. C'est le but du travail présenté ensuite. Inspirée du courant de la pensée complexe, l'étude définit l'objet par son cœur et non par ses contours. L'approche employée est donc transdisciplinaire ; l'auteur y préfère la compréhension globale à la précision technique d'un domaine. La philosophie est utile pour s'interroger sur la réalité d'une révolution scientifique liée au traitement automatisé des informations et l'intégrer dans une théorie de la connaissance. La stratégie et l'histoire permettent une mise en perspective dans le cadre des armées comme institution et forces opérationnelles. L'expertise métier enfin donne un caractère pragmatique à l'analyse des principes d'une transformation. Le praticien ouvre ainsi la porte à des solutions concrètes et originales. L'objectif de deuxième ordre est de montrer l'opportunité d'associer les nouvelles approches dans l'institution militaire. L'agilité reconnue comme indispensable à la supériorité militaire future est à ce prix.

## General overview

The evolution of data science is changing the capacities of knowledge processing. Data has thus become absolutely essential in operational as well as functional, legal, security and economic domains. Notably, armed forces are no longer pioneering the research and technological innovation in this field. Moreover, the process of integrating civilian tools into today's military forces is not clear: mistrust and fear are hampering and, often, preventing exchanges.

If one is to consider a digital transformation, one must first understand what is at stake. This is the purpose of this essay. Inspired by the prevalence of recent, complex theories, this study seeks to define the core subject and avoid the often distracting periphery. The approach used is therefore interdisciplinary; the author prefers global understanding rather than technical precision. Philosophy is useful to question the reality of the scientific revolution related to the automated processing of information and integrate it into a theory of knowledge. Strategy and history provide perspective on the institutional and operational character of the armed forces. Finally, business expertise contributes a pragmatic character to the analysis of the principles of a transformation. The practitioner thus opens the door to concrete and original solutions. The secondary objective is to argue that an opportunity exists to integrate new approaches into the military institution. Agility, which is recognized as indispensable to future military superiority, is at stake.



*« Nous appartenons à un monde en pleine effervescence technologique, numérique, un monde en pleine mutation et dont les transformations s'accélèrent. Où que nous soyons dans le monde, deux évidences s'imposent aujourd'hui : nous devons partager et gérer des ressources limitées, et nous devons composer avec un environnement incertain. ».* Carlos Ghosn in revue de la défense nationale mars 2014.

*“Il n’y a jamais eu une telle période de promesses et de menaces. [...] Nous devons développer une lecture claire et globale quant à l’impact des technologies sur nos vies et comment elles reconditionnent notre environnement économique, social, culturel et humain. »*  
*Klaus Schwab conférence de présentation du Global Competitiveness Report 2015-2016.*

## **Remarque liminaire**

Le sujet n'est pas traité ici sous l'angle de la technique. L'objectif retenu n'est pas de reprendre les nombreuses publications sur les enjeux d'accessibilité, de légalité ou de confidentialité des données. Les domaines d'expertise associés à ces notions sont déjà pourvus dans les armées : DIRISI<sup>1</sup>, EMA DAJ<sup>2</sup> ou EMA CYBER<sup>3</sup>.

L'enjeu des données est compris comme les conséquences d'une opportunité qu'on peut saisir ou rater à un moment précis et dans un contexte particulier. L'opportunité est celle d'une technologie émergente dans le traitement automatisé de l'information. Le cadre de l'étude est celui des armées, directions et services subordonnés au chef d'état-major des Armées à la fin 2016.

Imprégné de la culture militaire, l'auteur est convaincu que l'enjeu de la réflexion n'est pas dans le comment. Ce document s'intéresse donc d'abord au « De quoi s'agit-il ? » et au « Pourquoi ? ». Lorsque le « Comment ? » est évoqué, ce n'est que pour servir de piste de proposition.

---

<sup>1</sup> Direction interarmées des réseaux d'infrastructure et des systèmes d'information

<sup>2</sup> Direction des affaires juridique de l'état-major des armées

<sup>3</sup> Etat-major des armées domaine cyber

## Plan

Remarque liminaire .....	6
Plan.....	7
Introduction .....	8
I. L'émergence d'un monde de données .....	11
A. Une révolution scientifique : retrouver la compréhension .....	11
B. Une accélération stratégique : exploiter la compréhension.....	17
C. Une valorisation technique : construire la compréhension .....	22
II. La place des données dans les armées .....	30
A. Un commandement pyramidal, une gestion fonctionnelle.....	30
B. Des ressources et des moyens pluriels .....	36
C. Un cycle d'analyse en panne .....	38
III. Vers une intégration stratégique ?.....	39
A. Les marges de manœuvre .....	39
B. Intégrer les plans existant.....	42
C. Un challenge : organiser les leviers.....	44
Conclusion.....	51
IV. Bibliographie .....	53
A. Publications en ressources sur Intraterre .....	53
B. Livres.....	53
V. Annexes.....	54
A. Annexe 1 : Exemples de mission en analyse opérationnelle.....	54
B. Annexe 2 : Article sur la maintenance prédictive du Rafale.....	60
VI. Abréviations .....	64

## Introduction

«On pensait hier décider et combattre par l'information ; on se rend compte aujourd'hui que l'on est condamné à combattre en plus pour l'information ».<sup>4</sup> Le général Desportes déplace l'information de la causalité à la finalité de l'action militaire. Le combat précède l'information. Ou plus exactement le combat et l'information se forment en un cycle mu par la décision<sup>5</sup>. Le rôle du chef militaire demeure la prise de décision. Mais son cadre conceptuel est bouleversé. De linéaire, il devient cyclique. Le système est de facto complexe et itératif. Avec l'accélération et l'augmentation des flux de données l'incertitude croît. La triple interrogation pré-décisionnelle de Colin Powell<sup>6</sup> prend ainsi tout son sens. « Que savez-vous ? », « Que ne savez-vous pas ? », « Que pensez-vous ? ».

De plus, l'environnement du décideur aussi est complexe et de plus en plus instable. Le philosophe Hartmut Rosa estime que les individus tendent à privilégier des activités engendrant de faibles satisfactions, mais à court terme et garanties, à d'autres plus valorisées qui sont toujours remises à plus tard<sup>7</sup>. Cette notion de choix de la facilité et de l'immédiateté n'est pas sans rappeler le biais cognitif décrit par Daniel Kahneman<sup>8</sup> sous l'appellation « système 1 » et « système 2 ». Le « système 1 » tend par facilité intellectuelle à privilégier les expériences à la réflexion. L'hyper-sollicitation du décideur sature son intuition. Il manque de temps et d'énergie pour mobiliser sa ressource cérébrale, son « système 2 ».

Spécifiquement, le fonctionnement militaire impose une complexité particulière au décideur. Les armées sont à la fois une grande organisation et l'outil des opérations. Le paradigme de l'efficacité (associé à toute organisation moderne) s'entrechoque avec celui de la victoire indissociable des missions de guerre. Par exemple, la redondance est chassée par le premier alors que le second la considère comme nécessaire à l'anti fragilité<sup>9</sup>. Et pourtant ces deux faces sont celles des mêmes chefs, des mêmes hommes, des mêmes matériels, des mêmes systèmes et partagent une même culture. Le chef militaire, véritable Janus, décide alors soit

---

<sup>4</sup> Général Desportes In Décider dans l'incertitude, p.3

<sup>5</sup> La boucle décisionnelle correspond à l'acronyme OODA : observe, orient, decide, act.

<sup>6</sup> Colin Powell, in article Lessons in leadership.

<sup>7</sup> Hartmut Rosa, in Accélération : une critique sociale du temps. Présentation de l'ouvrage sur le site Lecture.

<sup>8</sup> Daniel Kahneman, in Thinking, fast and slow, Penguins, 2012

<sup>9</sup> Au sens de la résilience selon le développement dans Anti-fragile de Nassim Nicholas Taleb

sous l'emprise de la schizophrénie soit en cherchant une réponse complexe dans une pensée dialogique<sup>10</sup>.

A cette tension psychique s'ajoute la pression du temps. Le chef raisonne donc simultanément la complexité et l'efficacité. L'adaptabilité<sup>11</sup> est le bon compromis entre le temps et l'efficacité. Cette idée est reprise par l'Armée de Terre qui retient pour ses actions futures l'agilité comme un des huit facteurs de succès. Pour décider à temps, le chef cherche à atteindre la meilleure compréhension dans les plus courts délais. La recherche de la supériorité informationnelle incarne cette lutte contre le temps sans droit à l'erreur.

Une citation difficilement attribuable<sup>12</sup> résume cette évolution de paradigme en paraphrasant Darwin sur la théorie de l'évolution : « aujourd'hui ce ne sont pas les plus gros qui mangent les plus petits mais les plus rapides qui mangent les plus lents ». Sous la facilité apparente de la formule, le décideur doit accepter un grand challenge : renoncer à la maîtrise globale de la situation au moment de décider. Connaitre la position de tous les éléments est un luxe impossible dans ce nouvel environnement. Ce qui était possible dans la mécanique de Newton ne l'est plus dans la théorie quantique. Les physiciens ont su renoncer à la possibilité de connaître la position des éléments sans renoncer à poursuivre leurs recherches. Les décideurs militaires seront-ils capables de décider dans le chaos informationnel<sup>13</sup> ? Comment s'entraîner à cette agilité dans le maniement des données ? Faut-il changer le logiciel de traitement de l'information chez les chefs militaires ? Comment transformer sans faire peur ?

Une démarche scientifique s'impose pour faire face à la complexité de la problématique. Les ressources de la philosophie, de l'histoire, de la stratégie et de la technique<sup>14</sup> sont à mobiliser

---

<sup>10</sup> La pensée dialogique est celle qui accepte deux logiques opposées mais indissociable face à un problème. Cette théorie est présentée dans *Science avec conscience* (1982) d'Edgar Morin

<sup>11</sup> Mc Chrystal in *Team of Teams: New Rules of Engagement for a Complex World* : « Adaptability, not efficiency, must become our central competency... We were stronger, more efficient, more robust. But AQI was agile and resilient. »

<sup>12</sup> Certains sites attribuent cette citation à Eberhard von Kuenheim (conseil d'administration de BMW), d'autre à un ancien patron du FMI. Dans *La Dictature de l'urgence : recettes pour gagner en 2012*, Gilles Finchelstein la reconnaît à John Chambers, ancien PDG de Cisco.

<sup>13</sup> Colin Powell, in *Lessons in leadership, numbers fifteen*. "Part I: "Use the formula P=40 to 70, in which P stands for the probability of success and the numbers indicate the percentage of information acquired." Part II: "Once the information is in the 40 to 70 range, go with your gut." Powell's advice is don't take action if you have only enough information to give you less than a 40 percent chance of being right, but don't wait until you have enough facts to be 100 percent sure, because by then it is almost always too late. His instinct is right: Today, excessive delays in the name of information-gathering needs analysis paralysis. Procrastination in the name of reducing risk actually increases risk".

<sup>14</sup> Edgar Morin in *La voie. Pour l'avenir de l'humanité*, Paris, Fayard, 2011, p 17 : "Nous, habitants du monde occidental et occidentalisé subissons sans en avoir conscience 2 types de carences cognitives : 1) les cécités d'un mode de connaissance qui, compartimentant les savoirs, désintègre les problèmes fondamentaux et globaux,

pour répondre à sa nature. Cette caractérisation croisée de la problématique permet de définir les véritables enjeux dans la première partie. La situation de référence est aussi importante à analyser que le but. Une transformation ne peut réussir qu'enracinée dans le réel. De toutes les dimensions, trois sont plus essentielles pour identifier les leviers d'action : l'organisation, les acteurs et les processus. Cette cartographie est présentée dans la deuxième partie. Enfin, l'enjeu d'une étude prospective est de proposer un scénario possible et des options. La troisième partie ambitionne de concilier l'anticipation et les projets existants. Sa prétention se limite cependant à servir d'une base possible de réflexion pour aller vers une stratégie globale dans la gestion des données dans les armées.

---

lesquels nécessitent une connaissance transdisciplinaire. 2) l'occidentalo-centrisme qui nous juche sur le trône de la rationalité et nous donne l'illusion de posséder l'universel. Ainsi, ce n'est pas seulement notre ignorance, c'est aussi notre connaissance qui nous aveuglent."

## **I. L'émergence d'un monde de données**

L'informatique a permis une nouvelle approche de la connaissance. La mise en réseau a changé l'organisation des relations. Les exemples sont très nombreux : GAF<sup>15</sup>, ciblage marketing ou électoral, orientation des recherches scientifiques... Ils ne peuvent se substituer à une réflexion plus théorique. Cette partie tente ainsi de conceptualiser les phénomènes autour de trois axes. L'analyse porte en premier lieu sur le plan philosophique<sup>16</sup> : peut-on appliquer à l'automatisation du traitement de l'information la vision de Kuhn ? Peut-on mesurer les conséquences sur la pensée d'un nouveau paradigme du savoir ? Après quoi, nous placerons cette révolution scientifique dans le cadre de la stratégie militaire. L'accélération est une opportunité alors que le méta-facteur de la supériorité change de la sophistication vers l'agilité. Enfin, le focus est porté sur la valorisation technique des données. Cette étape est un préalable à l'étude des opportunités. D'autres angles complémentaires sont possibles, notamment sur la valorisation financière ou sur le changement social. L'approche proposée ici se concentre sur le périmètre d'action direct des armées.

### **A. Une révolution scientifique : retrouver la compréhension**

#### **Quelle révolution ?**

Le philosophe des sciences Kuhn a étudié les révolutions scientifiques. Dans sa théorie, la notion de paradigme est essentielle. Le paradigme scientifique est le contexte qui fait que la communauté ne se reconnaisse que dans une même approche. Son influence est considérable. Le cas d'école est celui des découvertes de Ptolémée et l'héliocentrisme. Des siècles ont couru entre la découverte (anomalie) et son acceptation (adoption unanime du nouveau paradigme). Il a ainsi montré que le lien entre la découverte scientifique et la rupture du paradigme n'est pas immédiat. Au final, le scientifique peut côtoyer une vérité sans s'en rendre compte et donc sans en appréhender les enjeux et les opportunités. Il en va de même pour tous les hommes.

---

<sup>15</sup> Google, apple, facebook, amazon

<sup>16</sup> Edgar Morin in La tête bien faite. Repenser la réforme. Réformer la pensée, Paris, Seuil, 1999, p.21 : "C'est la réforme de pensée qui permettrait le plein emploi de l'intelligence pour répondre aux 3 défis (culturel, sociologique, civique) et qui permettrait la liaison des deux cultures disjointes (humanités et sciences). Il s'agit d'une réforme, non pas programmatique mais paradigmatique, qui conserve notre aptitude à organiser la connaissance."

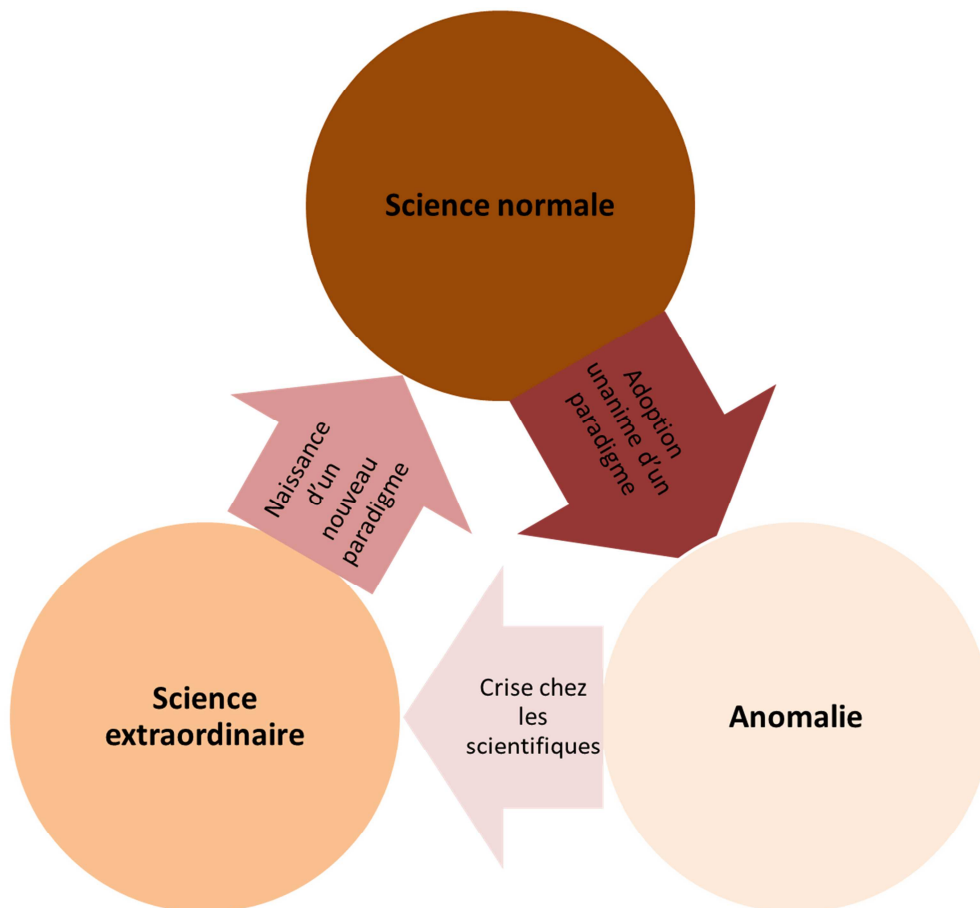


Figure 1 : schéma de la structure des révolutions scientifiques

Qu'en est-il de la science de l'information ? La science de l'information est entendue ici comme la capacité automatisée de fabrication de connaissances par le traitement de la connaissance. Cette découverte informatique est reconnue comme une nouveauté majeure mais est-ce une anomalie scientifique au sens khunien? Le paradigme de la connaissance ne semble pas évoluer. Ce paradigme pourrait être formulé comme « seul l'homme peut participer à la fabrication de la connaissance, c'est-à-dire traiter une information ». Le corolaire de cette approche est la nécessité de traiter la connaissance par domaines disjoints. Edgar Morin dénonce cette approche qui interdit la compréhension de la complexité du monde. Son livre Introduction à la pensée complexe peut ainsi être compris comme la dénonciation de ce que Kuhn identifie comme une anomalie scientifique. Tant que cette logique de département d'études reste prédominante, les ordinateurs ne sont utilisés que dans leur capacité de stockage et de répétition de tâches. Ils sont les notaires électroniques du XXI<sup>ème</sup> siècle<sup>17</sup>. Pourtant, les capacités actuelles permettent déjà de résoudre des problèmes

<sup>17</sup> Expression retenue par le LCL BASS chef de la section d'analyse et de recherche opérationnelle de l'armée de Terre pour décrire l'emploi actuel des ordinateurs, groupe de travail sur l'analyse opérationnelle dans l'armée de terre, novembre 2016.

simples par l'intelligence artificielle bien au-delà d'une basique exploitation d'un arbre décisionnel.

### Une représentation de la fabrication des connaissances

La connaissance du monde réel peut être modélisée sous forme de trois niveaux : la représentation des sens, le constat des phénomènes et la compréhension. L'état de la connaissance évolue par le traitement de l'information. Ce traitement nécessite chez l'homme trois processus : la prise de conscience, l'analyse et le jugement. Ces processus interagissent de façon complexe c'est-à-dire avec des boucles d'itérations, des rétroactions et des traitements en parallèles.

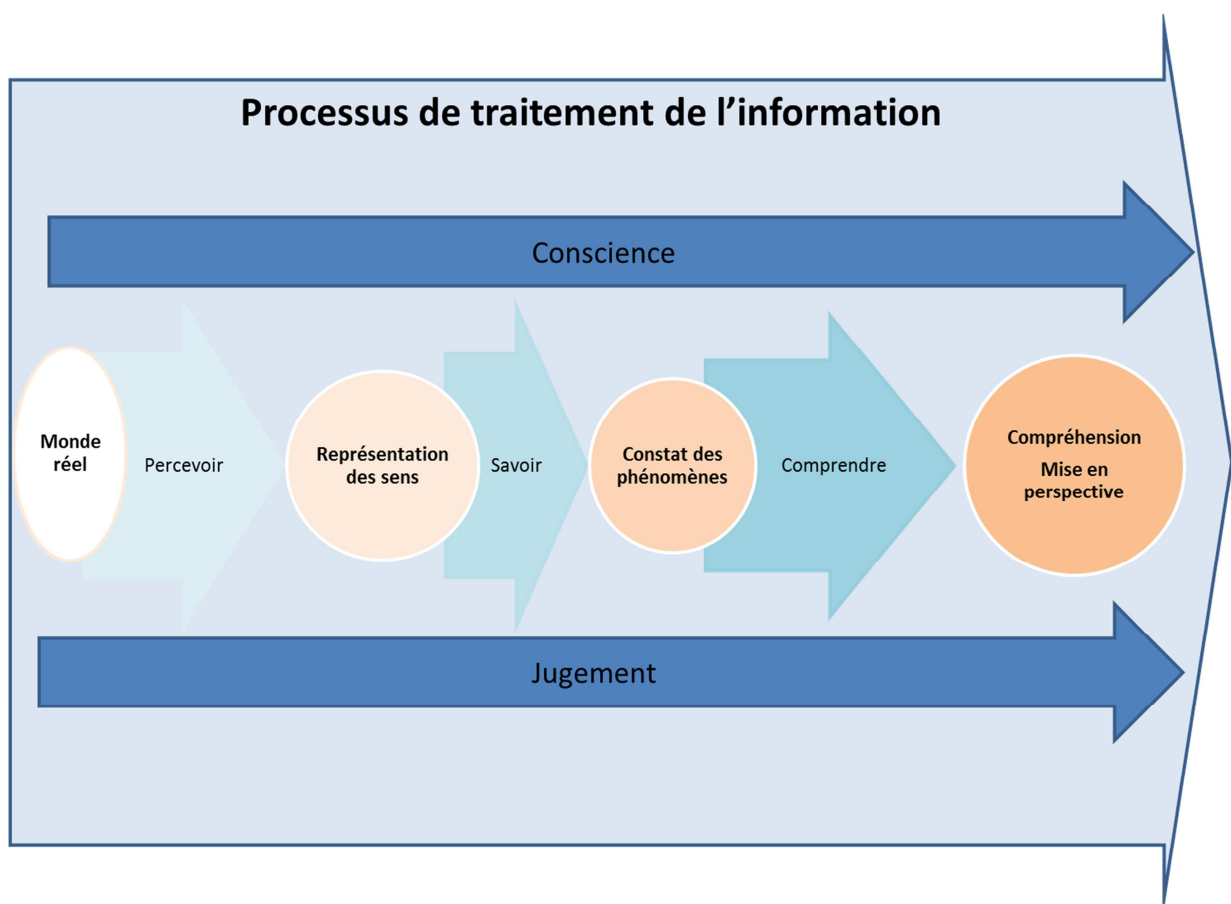


Figure 2 : Processus initial de traitement de l'information

La fonction d'analyse comprend à ce stade du modèle trois niveaux : percevoir, savoir et comprendre. Ces facultés ne se sont pas développées à la vitesse de la fabrication des informations. Initialement ces capacités étaient entièrement entrelacées dans le cerveau humain qui enregistrait et exploitait seul le savoir. Avec l'invention de l'écriture, le cerveau a pu se nourrir du constat et de la compréhension des autres mais toujours au travers de la représentation des sens. Sa supériorité de traitement de l'information sur celle de stockage

était alors évidente. La limite aux découvertes était alors l'accès aux écrits. Après l'invention de l'imprimerie, le volume de connaissance a rapidement dépassé les capacités d'analyse de l'intelligence humaine. Le point d'équilibre ayant été atteint par les encyclopédistes. Depuis l'avantage est au stockage. La numérisation des supports d'informations (médias) et le développement de capteur au-delà des sens humains (électromagnétisme, séquençage ADN, etc) ont généré une production d'informations en croissance exponentielle<sup>18</sup>. La wikinomie<sup>19</sup> qui est une structuration du traitement en réseau, ne résout pas le déséquilibre entre la fabrication massive de données et les limites de la capacité d'analyse humaine. Cette approche permet cependant de créer de la richesse et de développer des solutions de façon inédite et prometteuse. Le développement de l'informatique, de l'intelligence artificielle donc du traitement automatisé des données pourrait tirer un encore meilleur profit des données. Certaines techniques permettent déjà d'orienter des travaux de recherches universitaires. L'homme confiant à la machine le traitement méthodique par une analyse automatisée pourrait alors se concentrer sur la conscience et le jugement. Il pourrait dépasser le déséquilibre entre connaissance et capacité de traitement et retrouver un optimum de compréhension vers une vue globale. Facebook a ainsi breveté un algorithme de détection des contenus illicites pour mieux superviser son réseau<sup>20</sup>. Basée sur la réputation de l'émetteur, du récepteur, une analyse de contexte et une analyse de contenu, cette automatisation permet une cotation presque instantanée des dénonciations. Les modérateurs s'appuient sur ce tri pour juger au plus vite les contenus les plus dangereux. De plus, le programme est autoapprenant et donc évolue en fonction des jugements portés a posteriori par l'homme.

---

<sup>18</sup> 90% des données actuellement disponibles ont été créés dans les deux dernières années, source IBM pages web sur le Big Data.

<sup>19</sup> Notion développée dans Wikinomics par Don Tapscott. La Wikinomie est la capacité de traitement des informations en réseau humain, une forme de travail communautaire d'analyse.

<sup>20</sup> Référence du brevet : United States Patent and Trademark Office ; US20160350675, publié le 01 décembre 2016

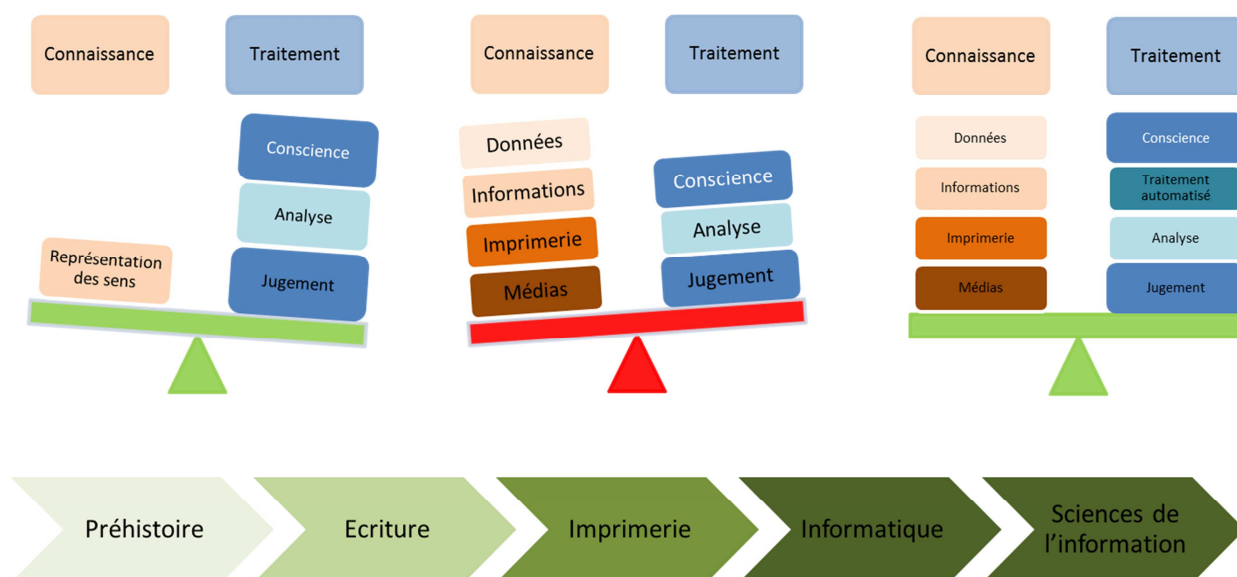


Figure 3 : évolution relative de la connaissance et des capacités de traitement

### Savoir mélangé et savoir pur

Le monde est fait d'enchevêtrements complexes que le cerveau humain tend à saisir dans son ensemble : le détail est abandonné pour aller à l'essence. La perception (constat) pure est un état de la connaissance qui n'existe pas chez l'homme. En effet, l'intelligence humaine exclut d'isoler complètement une information sans la traiter. Immédiatement, l'homme transforme la perception en savoir et compréhension. Par exemple, l'homme à qui l'on dit qu'il fait 35°C à Bamako va traiter cette information. Il va transformer cette perception (son) et la donnée associée (35°C à Bamako) en une idée de chaleur, la relier à des expériences vécues, la situer géographiquement, interpréter sur son référentiel d'ordre de grandeur. La connaissance est ainsi non seulement plus élaborée mais associée à d'autres éléments. Elle n'est plus « pure ».

La différence entre une analyse pure et le résultat du traitement cérébral est causée par les biais cognitifs, c'est-à-dire une subjectivité dans le traitement que ce soit pour des raisons culturelles ou physiologiques. Certains ont été identifiés ce qui permet d'essayer de lutter contre. C'est le cas de la pensée à deux vitesses. Daniel Kahneman identifie ainsi le « système 1 » comme fournissant une réponse intuitive et immédiate et le « système 2 » comme utilisant plus de ressources cérébrales et donc demandant plus d'effort. Par facilité, l'homme serait enclin à utiliser son « système 1 ». Au stade de la présentation du modèle retenu pour le traitement de l'information, cela revient à utiliser une information à l'état du constat sans chercher à atteindre le niveau de la compréhension.

Les philosophes antiques ont beaucoup débattus sur la tromperie du monde occasionné par leurs sens. Les débats sur la valeur de la représentation du monde par des capteurs numériques

est exactement de la même nature. Les oreilles transforment les vibrations de l'air en un signal analogique. Le cerveau le traite et fabrique un constat. Ce constat n'est pas le monde réel mais la représentation de sa quantification. Avec l'informatique, le capteur transforme les vibrations en un signal numérique. L'ordinateur le traite et offre aussi une représentation. Cette représentation peut être la recopie audio. La perception de la machine comme celle de l'homme n'est donc pas la réalité mais le chemin nécessaire à la connaissance de la réalité.

Le constat élaboré par l'informatique est cependant différent du constat humain. Il est original car parfaitement pur. L'ordinateur utilise la notion élémentaire de la connaissance, la donnée. Il assemble ensuite ces briques élémentaires pour construire le constat selon une méthode d'analyse explicite. Il n'est pas atteint par les mécanismes complexes du cerveau humain. Cette absence d'a priori lors de l'analyse permet de traiter une information sous d'autres angles plus inhabituels voire inaccessibles chez l'homme. L'exemple de l'enregistrement audio peut se poursuivre. Cette donnée peut être analysée pour fournir une décomposition du morceau enregistré permettant d'établir une signature vocale plus fiable que notre souvenir d'un son. Ou encore de mettre en équation les chansons préférées pour proposer à l'auditeur des morceaux à son goût. Cette représentation peut aussi être un visuel dynamique comme le propose la plupart des logiciels de médias audio. D'un morceau audio, il est possible de sortir explicitement différents éléments objectifs. La capacité automatisée permet donc de produire plus d'éléments de connaissance qu'un homme seul. De plus, cette exploitation peut être systématisée à conditions de disposer de suffisamment de ressources de calcul.

### **Potentialité d'analyse**

Si le changement induit par la science des données est fondamental, il est cependant délicat d'en mesurer les potentialités. L'évolution de la pertinence des algorithmes n'est pas encore modélisée. Une conjecture est cependant possible : les algorithmes vont eux-mêmes accélérer le développement des suivants. La première phase serait donc une croissance exponentielle. Ensuite les limites humaines, notamment la créativité et l'éthique, ralentiront la croissance pour atteindre une asymptote qui marquera l'aboutissement de cette technologie. Il est donc possible d'envisager approximativement le rythme de son déploiement. Le traitement automatisé est noté ici  $IA()$  pour l'intelligence artificielle dont il dépend. Cette méta-fonction exploite comme variable la puissance de calcul « P ». Le progrès de cette dernière est modélisé par la loi de Moore. Au final, la capacité de traitement de données pourrait être représentée par  $IA(P)$ .

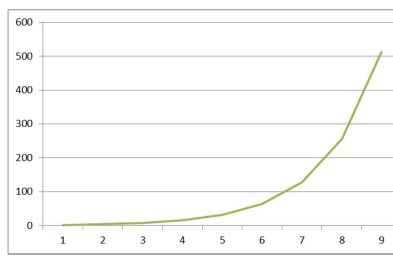


Figure 4 : loi de Moore

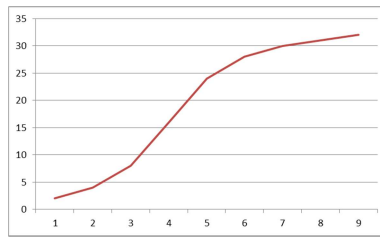


Figure 5 : développement des algorithmes

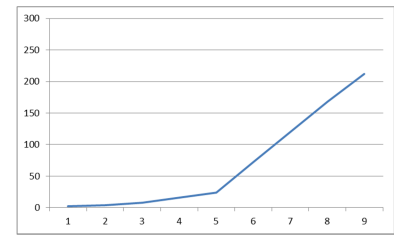


Figure 6 : développement du traitement de l'information

## B. Une accélération stratégique : exploiter la compréhension

### Contexte stratégique

Chaque ère de la pensée stratégique est attachée à un paradigme qui implique la quête des facteurs de succès associés. A partir de la Révolution Française, les levées en masse ont naturellement placé la quantité comme premier facteur de succès. Le système stratégique reposait alors sur la recherche de la consolidation du volume dans son armée et de sa destruction chez l'ennemi : c'est l'époque de la recherche de la bataille décisive et des études sur le centre de gravité. Ce fut l'âge d'or des peuples en armes et du citoyen soldat. La quantité d'hommes et la puissance de feu se conjugaient comme deux piliers constitutifs de la masse. Avec le développement de l'automobile et de l'avion, le moteur devint le troisième pilier. Schématiquement, la tactique revenait à jouer sur la quantité d'hommes durant les campagnes napoléoniennes, sur la puissance de feu durant la première guerre puis sur la mobilité durant la deuxième.

Initiée par les recherches allemandes durant les années de défaite, une voie pour échapper à la logique de la masse a été développée : la sophistication. Appliquée progressivement dans les armées, elle a connue des apogées doctrinaires (RMA<sup>21</sup>, EBO<sup>22</sup>), tactique (guerre du Golfe) ou technique (furtivité). Portée comme l'ultime implication de la science toute puissante dans des armées modernes, cette ère stratégique a vu la fin des armées de masse et la recherche de l'hyper-technologie. La foudroyance a été consacrée comme principe. Le soldat est devenu technicien. Ce système porte cependant en lui-même sa fin sans pour autant l'assumer : la croissance exponentielle des coûts et des délais. En effet, les programmes deviennent si longs que la technologie est dépassée avant l'entrée en service. Les programmes sont ainsi

<sup>21</sup> Révolution dans les affaires militaires, doctrine confiant en la suprématie scientifiques pour la conduite des opérations futures

<sup>22</sup> Effect based operation, doctrine de ciblage par cercle successif centrés sur les capacités de commandement ennemies

« rétrofités » avant d'être opérationnels<sup>23</sup>. De plus, le coût astronomique conduit à des reports qui les rendent obsolètes ou au moins en retard sur la technologie. L'exemple des avions de combat est probant. Dans les années 70' la France développait un programme Mirage en 3 ans. Il a fallu plus de 20 ans pour le Rafale et encore 15 de plus pour l'exporter. Le F35 américain est hors de prix et ses vulnérabilités logicielles sont de nature à faire échouer le programme. La technologie cyber a cru plus vite que le programme n'a pu être développé. L'USAF estime qu'au rythme actuel, un seul exemplaire d'avion du futur pourrait être financé en 2050.

Exploitant cette faiblesse intrinsèque, les ennemis ont forcé le changement d'ère. Profitant de la mondialisation, ils ont été les premiers à entamer la recherche de la souplesse dans un monde en réseau. Ce nouveau paradigme remplace la puissance (masse ou sophistication) par l'adaptabilité. La conséquence de ce changement est une forme d'ubiquité : l'ennemi est maintenant, ici et là-bas<sup>24</sup>. Cet ennemi imprévisible utilise les milieux et domaines nivelant pour les armées sophistiquées. Les combats vont donc se concentrer en zones urbaines. L'emploi des technologies civiles à des fins duales va se généraliser. L'exploitation des réseaux sociaux permet une structuration dynamique. L'abus du recours au droit dans les pays cibles offre aussi une nouvelle protection à des ennemis diffus et multiformes. La conflictualité n'est plus limitée aux théâtres d'engagement : la guerre sort de la télévision et s'invite dans le salon ! La frontière entre le civil et le combattant est profondément niée. Pour la première fois depuis des siècles, l'occident n'a plus l'initiative du mouvement ; nous n'avons pas les blancs dans ce nouveau jeu de guerre.

	1800	1940	2010
<b>Paradigme</b>	Masse - quantité	Sophistication	Adaptabilité
<b>Procédé</b>	Choc	Foudroyance	Ubiquité
<b>Moyen</b>	Bataille décisive	Arme absolue	Combat distribué
<b>Exemple</b>	Austerlitz, offensives à outrance, Stalingrad	Avions furtifs, guerre du Golfe, RMA	Hybridité, terrorisme, drones, nano armes.

<sup>23</sup> Par exemple, le FELIN n'a jamais été employé en opération avant son rétrofitage.

<sup>24</sup> Cette notion est celle du continuum des opérations : le même ennemi et le même soldat du Trocadéro à Gao.

<b>Effecteur</b>	Soldat – citoyen, peuple en armes	Soldat technicien	Citoyen, soldat, technicien
<b>Lieu des affrontements</b>	Guerre sur les champs de batailles (destruction des lieux de puissance)	Guerre dans la cité (au sens des lieux de décisions politiques)	Guerre dans la société (perte de la distinction combattant – non combattant)
<b>Limites</b>	La consommation de la masse épuise sa régénération.	Les délais et les coûts de la sophistication affaiblissent le gain technologique.	La lassitude et la résignation affaiblissent la volonté.
<b>Base permanente.</b>	Principes de la guerre : liberté d’action, concentration des efforts, économie des moyens		

Nature de la guerre : l’homme au cœur de la conflictualité.

**Tableau 1 : évolution générale de la stratégie militaire 1800-2010**

Ce type d’analyse peut-être conduit sur une plus grande profondeur historique, incluant les deux ères précédentes : la chevalerie et les armées royales. Les évolutions sont portées par un ensemble de facteurs difficilement modélisables notamment technique et technologie, croyance et éthique, organisation sociale et pouvoir. Ces facteurs ne sont cependant pas indépendants. Il est donc recevable que du fait de ce lien il existe une loi qui les régissent. Les changements de paradigmes stratégiques seraient donc susceptibles de suivre une forme de loi temporelle. Une observation empirique permet de formuler une loi. Chaque période stratégique ne dure que la moitié du temps de la précédente. Cette proposition est cohérente avec les observateurs qui sont unanimes pour décrire une accélération du temps. En l’absence de démonstration contraire, cette loi est recevable théoriquement et observée par les faits, comme le montre le tableau suivant.

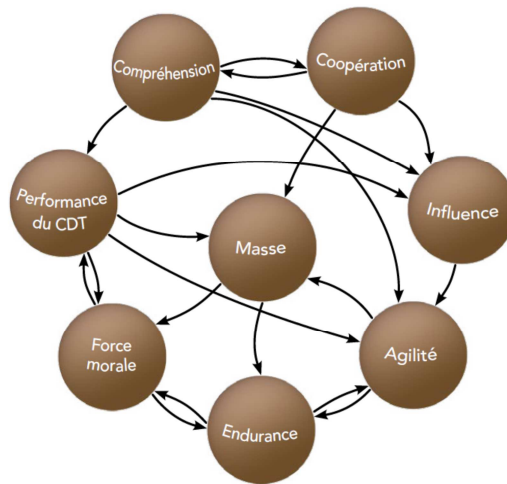
	<b>900</b>	<b>1500</b>	<b>1800</b>	<b>1940</b>	<b>2010</b>	<b>? 2050 ?</b>
<b>Paradigme</b>	Chevalerie	Armées royales	Masse	Sophistication	Adaptabilité	???
<b>Durée</b>	600	300	140	70	? 35 ?	
<b>Evolution</b>		/2	/2	/2	? /2 ?	

**Tableau 2 : durée des périodes stratégique 900-2050**

Par faute de constituer une vérité certaine, cette observation confirme l'importance de définir différemment les éléments d'intérêts stratégiques permanents ou indépendant de l'ère (ex. dissuasion nucléaire) des éléments conjoncturels (systèmes d'armes conventionnels). La prospective à 30 ans entretenue dans les armées couvre particulièrement bien l'ère stratégique actuelle.

**Prospective militaire : extrait de la publication « action terrestre future<sup>25</sup> »**

Nos forces armées ont identifié les facteurs de succès des actions terrestres futures. *Les huit facteurs retenus pour l'action future jouent tous un rôle dans la conquête et la conservation de l'ascendant sur l'adversaire même s'ils y contribuent de manière différente. Suivant les circonstances et le cadre espace-temps de l'action, chacun intervient à des degrés divers, apportant une qualité propre, unique et irremplaçable.*



**Figure 7 : facteur de puissance in action terrestre future p.62**

La compréhension y tient un rôle clef car elle est le facteur qui irradie le plus (4 flux sortants). *Les forces terrestres devront surmonter deux difficultés qui se combinent et troublent l'appréciation des situations opérationnelles. Il s'agit d'abord de la multiplicité des acteurs et des données de contexte à appréhender (plus d'information potentiellement utile) : variété des adversaires, cartographie des alliances et des réseaux (claniques, idéologiques, d'intérêt, d'influence, etc.), données sociologiques, codes culturels. Cette profusion perdurera et accentuera la complexité originelle des engagements terrestres, liée à la géographie, à l'évolution rapide des terrains, aux contraintes climatiques. À cette difficulté s'ajoutera le « vacarme informationnel » (trop d'information probablement inutile), résultat de la diffusion*

<sup>25</sup> Action terrestre future demain se gagne aujourd'hui, État-major de l'armée de Terre Paris, septembre 2016, p25-28

*sans frontière des progrès technologiques. Conséquence de ce double phénomène, l'inflation de l'infomasse rend plus difficile le tri et la hiérarchisation des données. La compréhension partagée de cet environnement opérationnel compliqué et évolutif dans toutes ses dimensions, y compris humaine, est donc un élément-clé de supériorité qui doit permettre de décider d'une action militaire, de la planifier et de la conduire.*

*Fondée sur la conscience, l'analyse puis le jugement, la compréhension prolonge la connaissance pour lui donner une valeur réellement opératoire. Elle est l'aptitude à percevoir, interpréter et apprécier un environnement opérationnel complexe et évolutif en vue de fournir le contexte, la perspicacité et la clairvoyance requis pour la prise de décision. Elle dépend d'abord d'un examen critique de notre propre système afin de révéler les biais culturels et intellectuels qui pourraient nuire à une analyse pleinement lucide. Elle requiert modernité et créativité pour employer des méthodes et adopter des points de vue originaux, destinés à produire des analyses alternatives sachant discerner l'immuable de l'évolutif. La véritable compréhension nécessite également une continuité géographique, temporelle pour inscrire la réflexion dans le temps long et construire une réelle mémoire des théâtres d'engagement, et enfin technique grâce à des moyens de fusion et de stockage de l'information. Autant que possible, elle sera enrichie des apports des autres acteurs puis partagée afin de faciliter la coopération. Enfin, pour être un atout décisif, elle devra s'exprimer de la manière la plus simple possible et primer sur d'autres compréhensions individuelles ou collectives concurrentielles.*

*Fort de cette analyse, les forces terrestres entendent développer la compréhension dans trois dimensions.*

*Le premier axe de développement est humain. Il impliquera en particulier :*

- une culture orientée vers les connaissances contextuelles, opératoires, comportementales (fondée notamment sur la pratique des sciences sociales, la maîtrise des langues et des cultures stratégiques étrangères) ;*
- des compétences relatives à la compréhension de l'environnement opérationnel en évolution continue ;*
- l'éducation et l'entraînement à la compréhension. Il s'agit « d'apprendre à comprendre » en travaillant la capacité d'analyse et le jugement, mais également en stimulant la sensibilité culturelle, l'imagination, ou la capacité à trouver dans une*

*situation donnée le meilleur compromis entre réactivité, exhaustivité et validité d'une information.*

*La technique, notamment l'intelligence artificielle, prendra toute sa part au traitement analytique d'une information qu'elle rendra intelligible malgré son volume : moyens d'acquisition divers et complémentaires, réseaux, analyse systémique, Big Data (avec une réflexion particulière sur la subsidiarité des traitements et la déconcentration des outils « d'intelligence déportée »), traitement automatisé et fusion avec une capacité de réponse à un besoin en temps réel, ingénierie des connaissances, capacité à détecter des signaux faibles (veille et surveillance de l'environnement).*

*Enfin, l'articulation opérationnelle sera systématiquement envisagée dans l'optique d'un meilleur partage de la connaissance par la mise en réseau des unités. L'évolution institutionnelle poursuivra le même objectif de fluidité informationnelle grâce à la connexion des individus et des organisations. Dans les deux cas, la notion de niveau hiérarchique conservera sa pertinence pour réguler intelligemment l'information, éviter la saturation, absorber la diversité et donner du sens.*

### **C. Une valorisation technique : construire la compréhension**

#### **La nature des données**

Les données sont des descriptions élémentaires d'une réalité<sup>26</sup>. Elles irriguent progressivement les administrations, les entreprises, les individus. Les armées n'échappent pas à ce mouvement. La cartographie des données peut-être construite selon différentes approches : les réseaux supports, les valeurs techniques ou financière, les emplois, les origines thématiques. L'illustration ci-après représente les sources de données présentes dans l'armée de Terre.

---

<sup>26</sup> Serge Abiteboul, Sciences des données : Leçon inaugurale au Collège de France prononcée le jeudi 8 mars 2012

## Les DONNEES, un potentiel à exploiter...



Figure 8 : natures des données disponibles

La production de données croît à un rythme effréné. Un simple drone utilise aujourd'hui plus de bande passante que la France n'en disposait durant la guerre du Golfe. Quatre dimensions sont essentielles : le volume, la variété, la vitesse (le flux) et la véracité. Un enjeu particulier est le traitement dans le temps. En effet, la valeur d'une donnée ne se limite pas à son apport lors de sa collecte. La même donnée ou la même information permettra au fil du temps de réévaluer la compréhension. Deux facteurs principaux expliquent la valeur de l'analyse dans le temps : l'évolution des techniques qui permet de mieux exploiter la donnée et la compréhension qui nécessite une vue dans la durée de la situation.

L'analyse doit donc être dynamique. Deux niveaux de dynamisme sont à distinguer. La recherche du traitement le plus instantané permet de toujours « rafraîchir » plus vite la vue de la situation. C'est la recherche du temps réel, de la détection en direct. Cette approche est très consommatrice en flux. L'autre dynamisme est celui de la mise en profondeur. Il s'agit de confronter la donnée dans le temps long ou dans l'espace avec de gros volumes de données. Cette méthode favorise la détection des signaux faibles. La disposition de stockage et de puissance de calcul est essentielle. Ces processus font appel au data sciences, business intelligence, statistique, data mining, intelligence artificielle... Ces sciences de la donnée sont regroupées dans la notion de Big Data.

Il n'existe pas de système universel produisant une information immédiate à partir de n'importe quelles données. Cette évidence oubliée, les rêves les plus fous ont accompagné le déploiement des sciences de la donnée. Les attentes ont alors été déçues laissant la place à un certain scepticisme. La présentation de la valorisation technique des données permet de mieux appréhender ce monde technique.

## La chaîne de valeur des données

Les données peuvent suivre une chaîne de valeur comme une matière première dans l'industrie, avec ses transformations successives:

- les données brutes ont peu de valeur, elles ne servent à rien telles quelles
- les données nettoyées servent à la conduite des petites unités
- les données analysées servent à prendre de décisions du niveau supérieur, dans une spécialité précise
- les données croisées permettent de prendre des décisions qui mettent en œuvre plusieurs spécialités ou ressources, elles permettent de calculer des rendements, l'efficacité
- grâce aux statistiques descriptives, on peut avoir une vision d'ensemble, juste, d'un problème
- les analyses prédictives permettent de prévoir les conséquences de plusieurs facteurs (météo, terrain, actions, prix, matériel)
- les optimisations préconisent des solutions techniques à des problèmes complexes précisément décrits (affectations de moyens, routage, chargement, etc...).

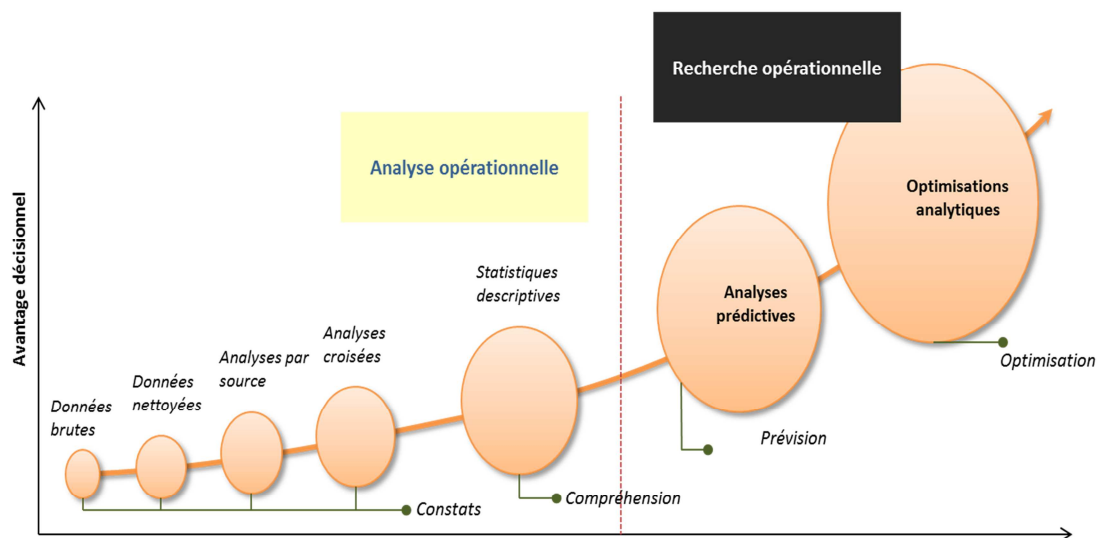


Figure 9 : valeur conceptuelle des données

## La chaîne de valeur de la connaissance

Cette chaîne de valeur complète le processus de construction de la connaissance. Cinq états de connaissance dans l'ordre croissant de valeur sont désormais accessibles : la perception, le constat, la compréhension, la prévision et l'optimisation. Le processus pour passer d'un

niveau à l'autre de la valeur de la connaissance repose toujours sur les trois fonctions du traitement de l'information : conscience, analyse et jugement.

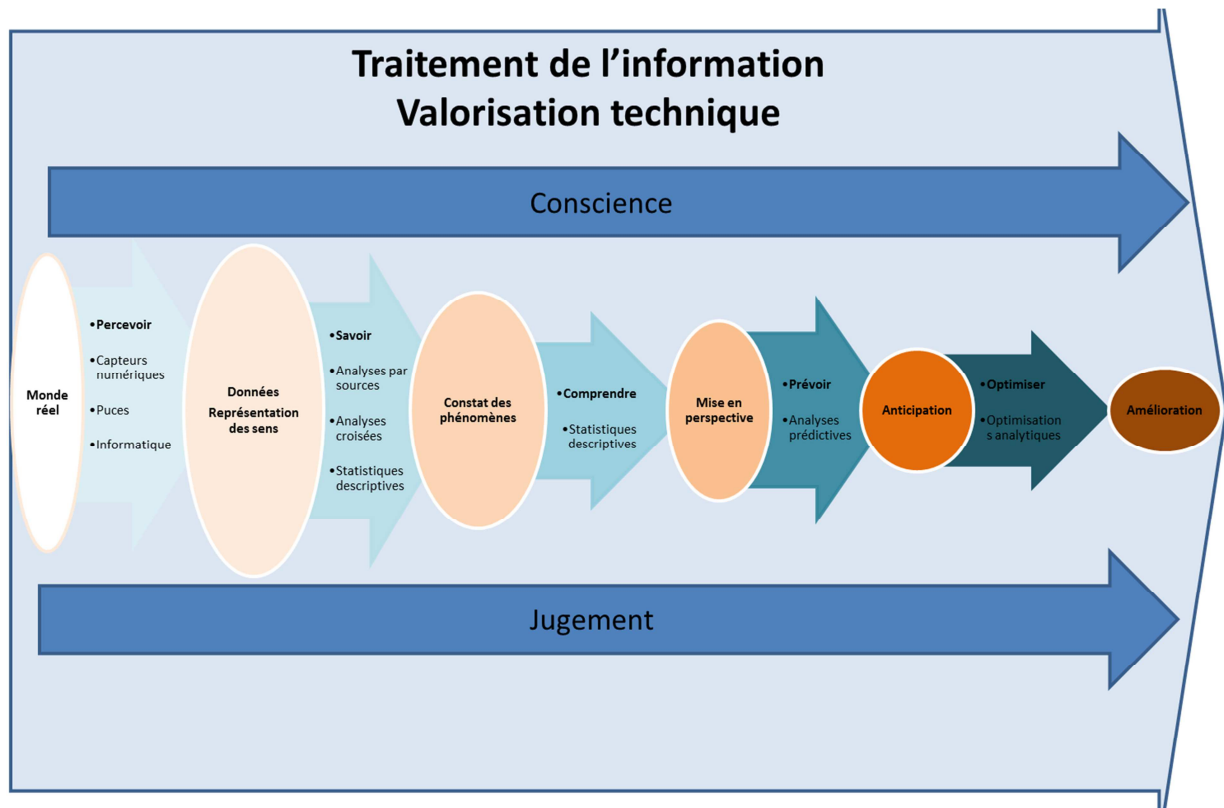


Figure 10 : valorisation technique du traitement de l'information

### Conséquence sur la relation de l'homme à la connaissance

Seul l'homme est capable de la conscience et du jugement. La technique et l'automatisation viennent seulement en appui de l'analyse. L'homme reste donc au cœur du traitement de l'information. Ses capacités d'analyse sont augmentées par la technique. Il y a donc un double défi : technologique pour avoir les bons outils et surtout culturel<sup>27</sup> pour s'en servir.

Chez l'homme, la conscience sert à prendre en compte une information et à en orienter le traitement. Le jugement vient ensuite pour confronter les résultats des traitements entre eux et avec l'expérience stockée dans la mémoire. Ce résultat entraîne de nouvelle sollicitation de la conscience pour relancer le traitement. Ces relations complexes (itération, rétroaction) expliquent les sentiments ou les comportements. La modélisation suivante permet de représenter l'ensemble des liens possibles. Son intérêt est de permettre à partir d'un modèle

<sup>27</sup> Dr. Tony Wagner, Expert In Residence at Harvard University's new Innovation Lab : « Aujourd'hui, parce que la connaissance est disponible sur chaque appareil connecté, ce que vous connaissez compte moins que ce que vous pouvez faire avec. La capacité d'innover, la capacité à résoudre des problèmes ou donner naissance à de nouvelles possibilités et les aptitudes telles que la pensée critique, la communication et la collaboration sont de loin plus importantes que les connaissances académiques. »

unique de décrire tous les processus de fabrication de la connaissance. La création de boucle est à l'origine de la perception des sentiments et oriente les comportements.

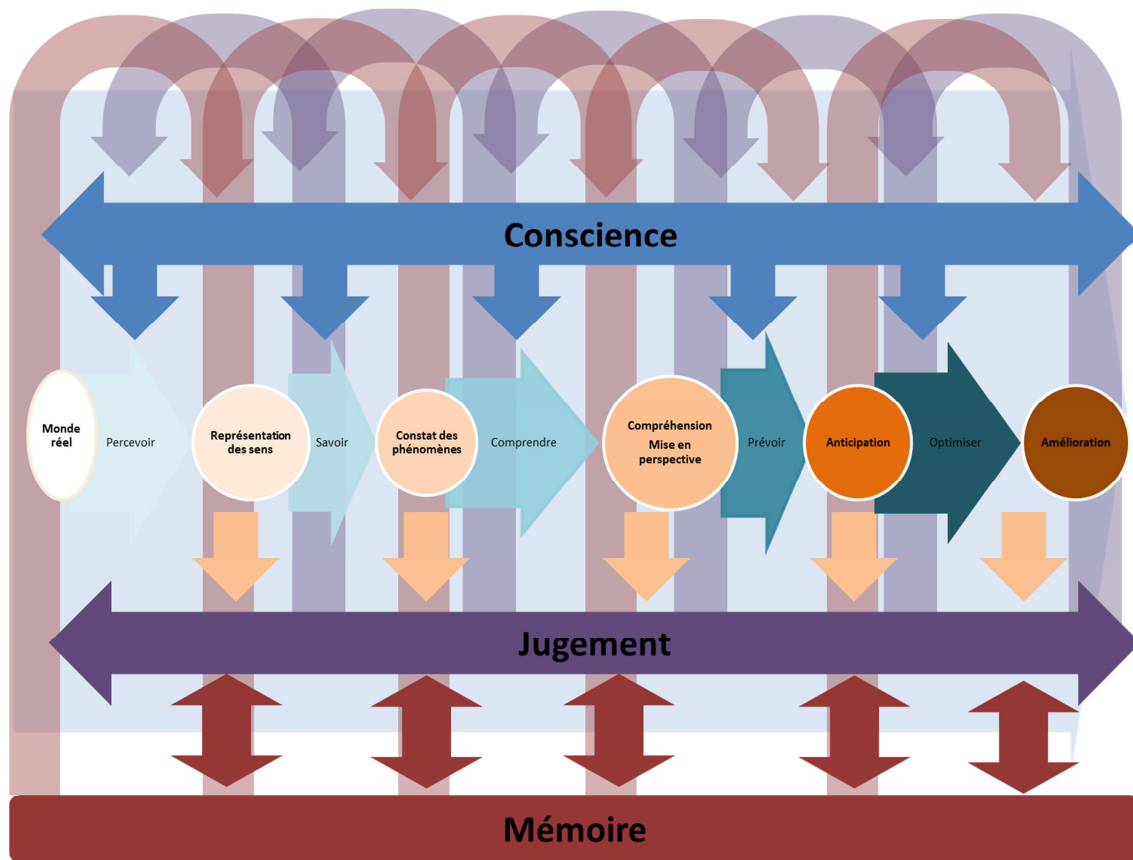


Figure 11 : modèle de fonctionnement des processus dans le traitement de l'information

Prenons un exemple. Suite au processus d'analyse ordonné par la conscience (I) le résultat (A) de la compréhension est en contradiction avec l'expérience acquise (B). Le jugement émet une demande de confirmation (1). La conscience va alors réorienter le traitement soit en remettant en cause son processus de compréhension (I) soit en revenant itérativement en amont donc vers le processus du savoir (II). La comparaison du résultat (C) avec l'expérience (D) permettra de porter un nouveau jugement (2). De plus, l'exploitation de la mémoire par la conscience l'entraîne à mener une analyse prédictive (III) pour évaluer les conséquences (E). Le jugement vérifie la cohérence avec ce qui existe en mémoire (F). Soit le traitement est conclu par la mise en cohérence des réponses. Soit ce traitement s'établit en boucle et il dure. La conscience va alors être fortement sollicitée et le sentiment de doute sera perceptible à l'homme.

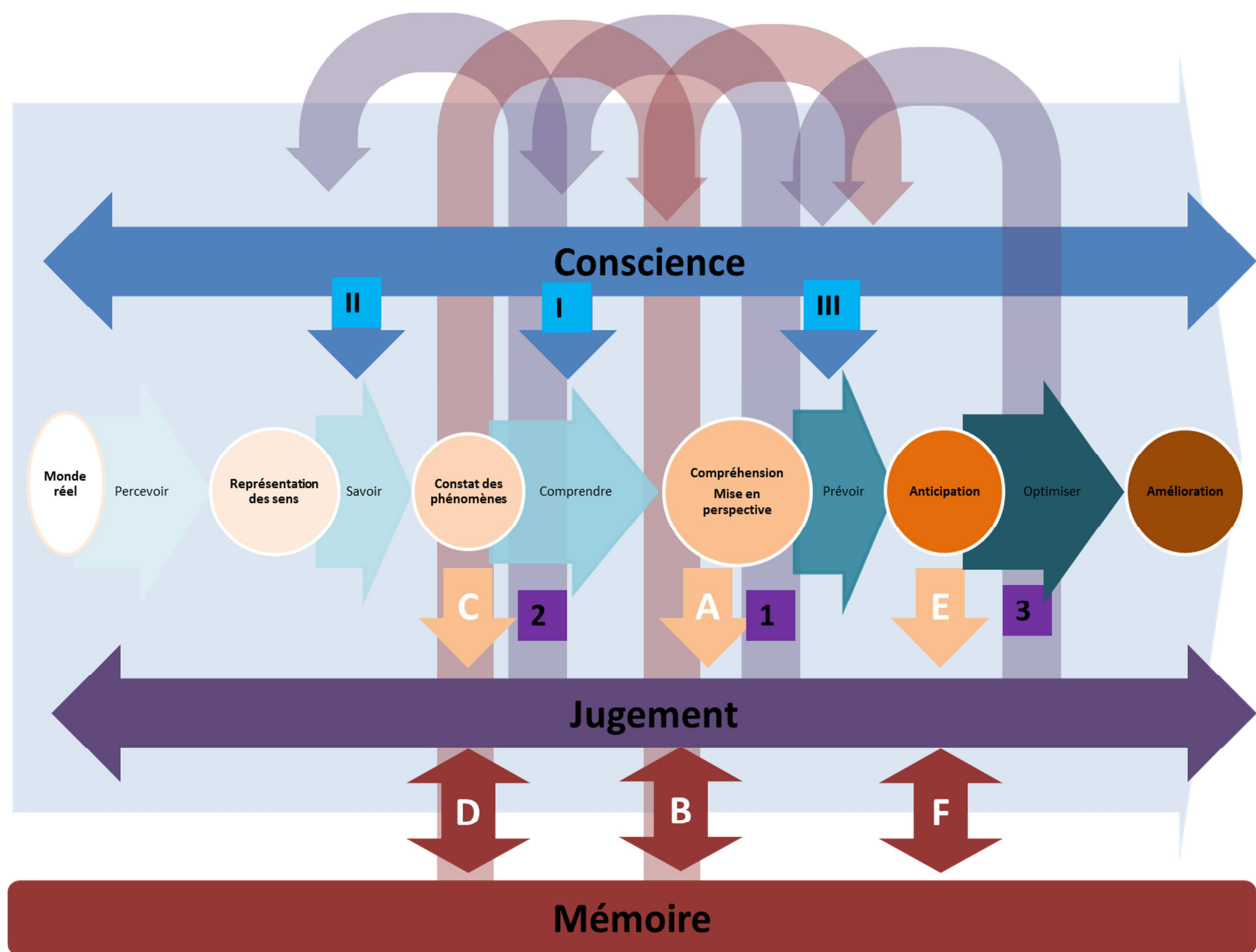


Figure 12 : exemple de fonctionnement : le cas du doute

La décomposition des mécanismes cérébraux humains est importante car elle permet de les modéliser. Ces boucles, itérations et rétroactions peuvent alors être codés en algorithmes. Ces fonctions mathématiques permettent alors d'améliorer le processus d'analyse en paramétrant les éléments de conscience et de jugement. Il est cependant essentiel de comprendre que ces paramètres peuvent améliorer l'analyse mais pas se substituer à la conscience ni au jugement.

L'automatisation du traitement de l'information peut être vue comme une analogie de la robotisation des industries. La conscience est l'ingénierie de production, qui détermine les processus et les ressources du traitement. L'analyse est la fabrication : tâche répétitive sans initiative mais éventuellement technique. Le jugement est l'ingénierie qualité qui valide et fait adapter les ressources et les processus au vu des résultats des analyses. Plus la robotisation est sophistiquée, plus de tâches y sont incluses mais plus la préparation de la production et son contrôle sont exigeants.

## **Conséquence sur les organisations**

Le modèle d'exploitation de l'information présenté est valable tant au niveau individuel qu'institutionnel ; il suffit de substituer le rôle du chef de l'organisme (directeur de cabinet ou chef d'état-major) à celui de la conscience et le rôle du décideur (politique ou militaire) à celui du jugement. La comparaison des traitements humain et automatisé de l'information et notamment la limitation de l'automatisation au niveau de l'analyse permet de conclure sur les conséquences pour les organisations. La technique va accélérer et fiabiliser des tâches d'analyses répétitives. De nouveaux rôles essentiels vont émerger.

En premier lieu, il sera capital de garantir les approvisionnements de l'analyse en données. La capacité initiale des traitements automatisés étant faible au départ, un effort devra être consenti pour avoir des données les plus fiables et les plus structurées. Dans l'exemple de la robotisation, la qualité des produits entrants est indispensable à sa réussite. Il y aura donc un besoin fondamental en expert des données et de grands besoins de stockage.

Ensuite, les organisations vont transmettre la force de leur analyse à des techniciens des algorithmes. La capacité à traduire en modèles puis en programmes les processus de traitement des informations sera un élément clé. L'entretien et la mise à jour de ces outils sera aussi fondamentaux. Cela revient à équiper la chaîne de production avec les bonnes machines et à les entretenir. Le travail de traitement ne demandera alors qu'une surveillance simple pour déclencher l'intervention du technicien. Il y aura donc un besoin fondamental en expert de l'analyse et de la recherche opérationnelle (développement et entretien des logiciels) et de grands besoins de capacité de calcul.

En outre, la phase de jugement restera capitale. Le contrôle qualité est d'autant plus important que la production est automatisée. Cette étape est celle qui valide le produit mais surtout qui fait évoluer les procédures. Une expertise technique n'y est pas suffisante. Le plus important est d'avoir l'expérience du produit. Il y aura donc besoin de praticiens suffisamment à l'aise avec ces processus pour juger rapidement de la crédibilité des analyses produites par rapport à leur expérience métier et en tirer des conclusions.

Enfin, le chef sera conforté dans son rôle. Il recevra plus rapidement un produit de meilleure qualité pour décider. Comme aujourd'hui, son pouvoir ne sera pas limité aux aspects opérationnels de ses fonctions. Il devra aussi être capable de décider sur l'organisation même de la production donc bien la connaître. Sa compréhension et son anticipation des processus lui permettra de doser les efforts sur la chaîne pour l'optimiser. Comme aujourd'hui voire plus

qu'aujourd'hui, sans être un technicien ou un expert, le chef ne pourra pleinement exercer ses fonctions qu'avec une culture suffisante lui permettant de comprendre le contexte et la globalité de l'organisation<sup>28</sup>.

---

<sup>28</sup> Edgar Morin, in *La Tête bien faite*. Repenser la réforme, réformer la pensée : « Le développement de l'aptitude à contextualiser et à globaliser les savoirs devient un impératif de l'éducation »,

## **II. La place des données dans les armées**

Le système « armées » est complexe. Il s'agit d'un méta système fédérant armées, directions et services. De plus, ce système n'est pas autonome, bien au contraire. Il est déployé au sein du système ministériel (DGA<sup>29</sup>, SGA<sup>30</sup> et EMA<sup>31</sup>) qui lui-même est intégré dans l'interministériel. En outre, le système « armée » doit s'interfacer avec de nombreux alliés ou organisation (UE<sup>32</sup>, ONU<sup>33</sup>, OTAN<sup>34</sup>...). Il n'est pas non plus indépendant de la BITD<sup>35</sup> qui est pour partie architecte ou maître d'ouvrage notamment des SI. Il n'est donc pas possible d'atteindre une représentation exhaustive de l'état des lieux. D'autant plus que les systèmes sont vivants. La compréhension globale est cependant la seule nécessaire pour appréhender les enjeux. Trois axes permettent d'atteindre cette vue d'ensemble. L'analyse de l'organisation selon ses buts permet de comprendre la complexité des besoins des sous-ensembles. La mise en perspective avec une cartographie sommaire des moyens et des ressources allouées permet de comprendre le défi d'une stratégie globale. Au final, la mise en exergue d'un processus générique de traitement de l'information démontre le besoin de passer un cap.

### **A. Un commandement pyramidal, une gestion fonctionnelle**

Deux logiques cohabitent par nécessité au sein des armées. Une logique des opérations et une logique organique. Malgré les tentatives de les rapprocher avec un usage dual du vocabulaire (manœuvre RH, combat des finances...) leurs natures demeurent distinctes. Les opérations sont à la fois pyramidales et décentralisées (principe de subsidiarité). La logique d'efficacité prédomine. En organique, l'efficacité est devenue la norme. Le rapport entre les entités est souvent copié du monde de l'entreprise : la notion de soutenant- soutenu devient relation client. La place de la donnée et son traitement varie naturellement en fonction de la logique qui s'applique.

---

<sup>29</sup> Direction générale de l'armement

<sup>30</sup> Secrétariat général à l'administration

<sup>31</sup> Etat-major des armées

<sup>32</sup> Union européenne

<sup>33</sup> Organisation des nations unies

<sup>34</sup> Organisation du traité de l'atlantique nord

<sup>35</sup> Base industrielle et technologique de défense

## Les opérations

Tout d'abord le traitement de l'information dans les opérations n'échappe pas globalement aux grandes évolutions de contexte. Le volume d'information explose de façon exponentielle. Les capteurs et les interceptions permettent une collecte considérable. En même temps, l'ennemi est agile et s'adapte. La course contre le temps est donc le premier enjeu. La notion d'opération ne signifie pas le déploiement des analystes qui peuvent aussi travailler en arrière. A l'inverse, la notion d'analyste n'est pas limitée aux seuls spécialistes. Tout officier qui utilise des données pour en tirer une information est un analyste. Son niveau d'efficacité est ainsi lié à sa compétence dans le domaine. Une modélisation de la répartition des besoins en compétence a été conceptualisée au CDEC<sup>36</sup>.

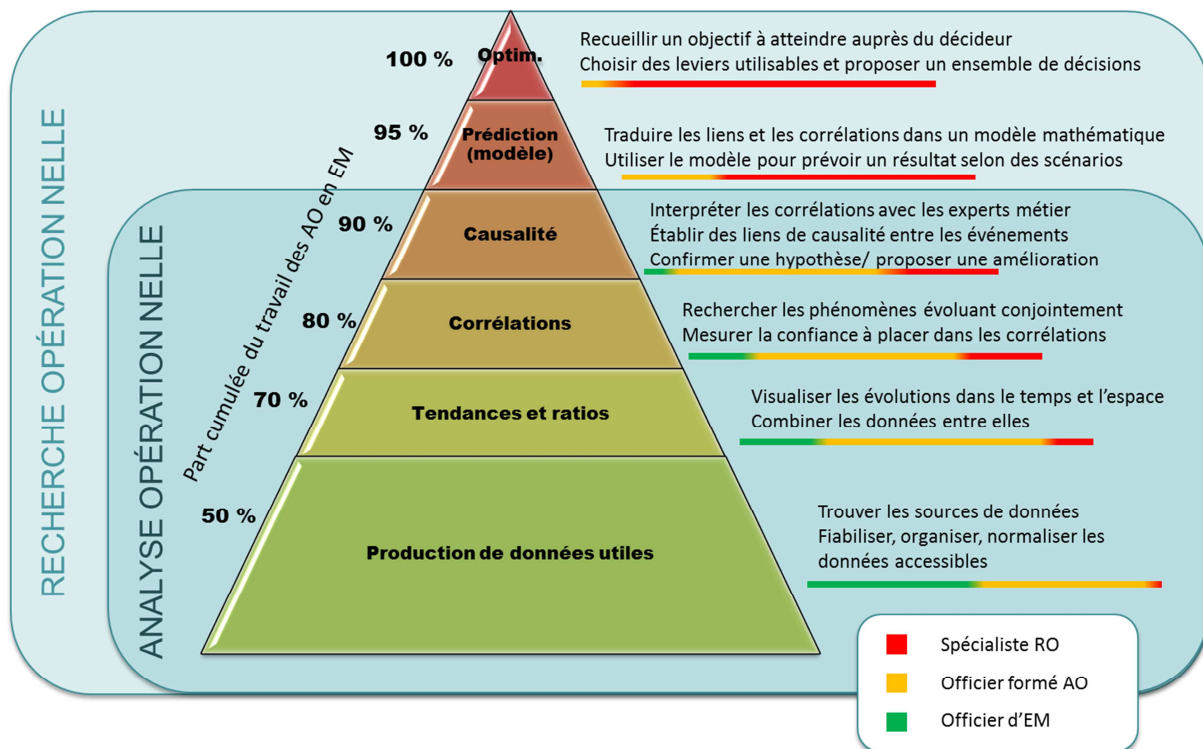


Figure 13 : modèle des besoins en compétences dans l'analyse de données

L'appui par l'analyse opérationnelle des données est décrit dans la doctrine dans quatre phases : la planification, la conduite, le renseignement et l'évaluation. Cet appui ne bénéficie pas à ce stade de retour d'expérience car la mise en pratique reste très limitée.

### *Appui à la planification*

On peut distinguer quatre phases particulières de la planification pendant lesquelles l'apport des analystes peut être utile :

<sup>36</sup> Centre de doctrine et d'enseignement du commandement

- étude de l'environnement,
- conception opérationnelle,
- analyse et comparaison de Mode Action (wargaming),
- développement de l'OPLAN (plan d'opération).

*Durant toute la phase d'étude de l'environnement, des acteurs et de la mission, les analystes peuvent se voir confier des analyses particulières, qu'elles soient de très courte durée (visualisation de données) ou plus complexes (analyse de réseaux physiques d'infrastructure ou de réseaux relationnels entre les acteurs). Ces besoins sont en partie couverts par les systèmes d'information opérationnels (SIO), mais peuvent être complétés, en particulier par l'analyse de sources ouvertes pas toujours aisées à prendre en compte dans les SIO. Ces études supposent la mise en œuvre, entre autre, des doctrines de « knowledge development », « d'approche globale » et de « l'analyse systémique ».*

*Au moment de la conception opérationnelle, ils peuvent être associés à la réflexion sur les indicateurs d'efficacité, pour en vérifier la pertinence en termes de mesure. « Serons-nous capables d'évaluer l'avancée de ce que nous ferons ? » est la question à laquelle les analystes sont capables de répondre. La méfiance due aux indicateurs provient souvent d'une mauvaise définition. Le recours à des personnels compétents dans l'analyse des données est une plus-value essentielle.*

*Le « war gaming » est une méthode pour valider des hypothèses et anticiper des plans lors de la comparaison des modes d'actions (MA) et de leur confrontation avec les scénarii ennemis. Les analystes peuvent y apporter un appui plus ou moins déterminant, en particulier pour l'établissement de règles d'arbitrage simples et robustes et pour le suivi des indicateurs chiffrés. Ceux-ci seront ensuite l'un des éléments du choix des MA. Là encore, les analystes sont en mesure d'éclairer la manière de choisir et de concilier des impératifs contradictoires.*

*Enfin, durant le développement du plan d'opération (OPLAN), il est souhaitable que les analystes conservent une attention sur la définition et la construction des indicateurs. En effet, il est possible d'éviter de multiplier les saisies ou les comptes rendus à la charge des forces en les construisant à partir d'informations déjà présentes dans les SIO.*

### ***Apports pour la conduite***

*Même si le tempo de la conduite des opérations ne semble pas a priori se prêter à l'appui de l'analyse opérationnelle, elle peut en tirer largement bénéfice : lorsque des tendances nouvelles ou des inflexions semblent se dessiner au fil des événements, il est particulièrement*

*important de pouvoir s'appuyer sur des éléments objectifs. Des événements rapprochés dans le temps peuvent sembler significatifs, alors que l'analyse statistique montre que leur survenue n'est due qu'au hasard. À l'opposé, des événements « noyés » dans le bruit ambiant peuvent être mis en évidence par des corrélations ou des recoupements statistiques. Ce cas d'appui analytique à la conduite ne peut cependant être joué que si les analystes ne sont pas totalement absorbés par le fonctionnement quotidien de l'une des cellules de l'état-major : le chef d'état-major (CEM) ou le général peut alors mandater la cellule d'analyse pour répondre à une question inopinée, ou vérifier ce qui n'est au départ qu'une impression.*

### ***Apports pour le renseignement***

*Que ce soit en planification ou en conduite, le recours à l'analyse opérationnelle est particulièrement pertinent pour le renseignement car l'analyse opérationnelle (AO) permet de mettre en perspective des éléments tangibles appartenant à des domaines apparemment différents.*

*Ainsi, sur le théâtre afghan, la question posée au bureau renseignement (G2) était de savoir si l'insurrection était de nature locale ou étrangère. Il s'agissait de caractériser l'influence du facteur étranger dans la zone d'action de la grande unité concernée. L'emploi d'un analyste opérationnel a permis d'établir deux séries d'éléments :*

- Nature et impact de chacune des actions ennemies (contact avec l'ennemi, emploi d'engins explosifs improvisés (EEI), sabotage...) avec pertes et dommages associés.*
- Neutralisation ou capture de combattants adverses en prenant en compte les armes et équipements utilisés, l'éventuelle position hiérarchique dans l'organisation adverse, l'origine sociale, culturelle et ethnique des personnes concernées.*

*Leur mise en coïncidence a permis d'établir si le volume, la nature et l'impact des incidents évoluaient à la baisse suite à la neutralisation ou la capture de ces combattants, caractérisant ainsi le rôle qualitatif et quantitatif des combattants en fonction de leur origine, locale ou étrangère.*

*Ainsi, l'emploi d'analystes opérationnels permet au bureau renseignement de mieux apprécier la menace et de mieux répondre aux besoins du commandeur, ce qui est un facteur essentiel dans la réussite de sa mission.*

### ***Apports pour l'évaluation (assessment)***

*L'assessment tend à devenir un processus à part entière, qui trouve son origine dans la planification, mais se déroule en continu au fil des opérations. Au niveau de l'OTAN, la comprehensive operational planning directive (COPD22) distingue quatre activités de l'état-major en interaction constante : l'élargissement de la connaissance (knowledge development), la planification, l'exécution, et l'assessment.*

*Ce dernier consiste en fait à collecter, traiter et agréger des données parcellaires et nombreuses pour in fine présenter une image synthétique permettant de répondre à la question des tendances du moment ou bien de l'avancée par rapport à l'objectif, c'est-à-dire l'état final recherché (EFR).*

*Là encore, les compétences des analystes en matière de statistiques et de recueil de données les rendent particulièrement aptes à apporter une vue critique et constructive sur les différents indicateurs que traite l'état-major.*

### **L'organique**

Le mot « militaire » est associé à une idée très pyramidale de la prise de décision. Cette structure était la plus adaptée pour la gestion d'armée de masse. Désormais, ce sont les opérations qui imposent de maintenir une hiérarchie marquée dans l'institution. Par conséquent, la prise de décisions se concentre sur les chefs. Le modèle décisionnel reste ainsi dominé par la notion de hiérarchie. La compréhension des conséquences pour les méthodes de traitement des informations est donc essentielle. « Le véritable coût d'une approche pyramidale de la prise de décision c'est qu'elle confère l'illusion de la perfection aux décideurs et encourage tous les autres à se tenir en dehors du jeu »<sup>37</sup>.

Fort du douloureux apprentissage de mai 1940<sup>38</sup>, les armées ont cherché depuis longtemps à combler ce risque. La subsidiarité leur est apparue comme le meilleur remède. Par un juste niveau de confiance et d'autonomie transmis aux niveaux subalternes, l'institution évite aux chefs intermédiaires de se tenir hors du jeu et fait partager la prise de décision. Ce commandement par objectifs a été au cœur de la deuxième moitié du XX<sup>ème</sup> siècle. Il est profondément lié à l'approche pyramidale.

---

<sup>37</sup> James Surowiecki in La sagesse des foules, JC Lattès, 2008.

<sup>38</sup> Marc Bloch, L'étrange défaite, page 66, 1990. « Beaucoup d'erreurs diverses, dont les effets s'accumulèrent, ont mené nos armées au désastre. Une grande carence, cependant, les domine toutes. Nos chefs ou ceux qui agissaient en leur nom n'ont pas su penser cette guerre. En d'autres termes, le triomphe Allemand, fut essentiellement une victoire intellectuelle et c'est peut-être là ce qu'il y a en lui de plus grave »

Le triptyque « un chef, une mission, des moyens » a longtemps garanti l'unité de l'action militaire. Ce paradigme d'unité était la garantie de l'efficacité. Il a été sacrifié au nom de l'efficacité. Aujourd'hui, la chaîne de décision organique bien que toujours marquée par la hiérarchie n'est plus structurellement pure. Désormais, les soutiens sont retirés du périmètre de commandement du chef. Les moyens, les finances ou les ressources humaines aussi. Cependant, au sein de chacune de ces chaînes fonctionnelles, le principe pyramidal demeure avec ses limites et ses risques.

La perte de la corrélation entre les trois sommets du triptyque est aggravée par un « périmétrage » propre à chaque domaine fonctionnel ou niveau hiérarchique. Ainsi, les bases de défense ne correspondent aux limites ni géographiques ni structurelles des unités opérationnelles (brigade par exemple). De plus, au sein même des unités opérationnelles, la logique géographique n'est pas respectée entre les niveaux hiérarchiques : les divisions et les brigades sont éclatées sur tout le territoire national donc elles dépendent de plusieurs acteurs organiques (zone de défense). Enfin, cette complexité s'associe à la complication d'une évolution très fréquente des structures.

Au vu de ce constat, il est devenu impossible d'établir des indicateurs fiables permettant un pilotage consolidé avec les outils traditionnels. La mouvance permanente des périmètres mais aussi la complexité des chaînes enlèvent toute possibilité de compréhension globale aux niveaux intermédiaires. Par conséquence directe, la subsidiarité devient incantatoire et les états-majors enflent et s'épuisent. Par exemple, l'armée de Terre est aujourd'hui en difficulté pour modéliser l'impact des journées de préparation opérationnelle sur son niveau d'entraînement. Cet indicateur est pourtant essentiel pour mesurer son efficacité.

La compréhension est donc le facteur essentiel qu'il faut retrouver pour sauver l'équilibre du système de commandement pyramidal par subsidiarité. Elle doit être globale et accessible à chaque niveau (distribuée). La complexité des périmètres et leur évolution impose de revenir à l'analyse des composants élémentaires de la connaissance. C'est précisément la définition de la donnée par Serge Abiteboul au Collège de France dans une allocution prononcée le jeudi 8 mars 2012 sur le thème des « Sciences des données: leçon inaugurale ». Cette définition est désormais retenue par Wikipédia.

Cette recherche de la compréhension globale d'un problème repose sur la capacité de vue diagonale. Il s'agit d'accéder aux données « métier » pour une analyse transverse. La multiplication des cellules transverses dans les EM montre la prise en compte de ce besoin.

Les ressources humaines et matérielles pour répondre à ces besoins se sont donc développées en réaction.

## **B. Des ressources et des moyens pluriels**

Les domaines propices au développement du traitement de données recouvrent trois logiques : les opérations, l'optimisation des structures et des processus, la logistique.

### **Les opérations**

Les opportunités pour les opérations décrites précédemment sur les bases de la doctrine n'ont pas été développées significativement. L'armée de Terre a pourtant consenti un effort de formation au travers de 62 stages qualifications professionnelles (3 semaines) au profit d'officiers d'état-major de niveau 1 à 3 (commandement des forces, division et brigade). Au final, le résultat est très mitigé<sup>39</sup>. Un groupe de travail a été lancé en novembre 2016 pour réévaluer le dispositif. La problématique retenue est triple. Quel est l'appui en analyse et recherche opérationnelle (ARO) dont l'Armée de Terre a besoin ou dont elle pourrait tirer parti ? Comment articuler le dispositif afin d'apporter cet appui ? Comment garantir dans la durée l'armement en personnel de cette capacité ? Les travaux sont attendus pour la fin du premier semestre 2017 et seront présentés au major général de l'Armée de Terre (MGAT).

### **L'organique**

L'optimisation des structures est pilotée sur le temps long au niveau central par la section ARO du bureau plan de l'état-major de l'Armée de Terre (EMAT). Cette petite structure est armée par cinq officiers de niveau brevet ou diplôme technique (master 2 en optimisation ou science des données). L'armement de cette structure a été décroissant mais un rebond se dessine avec des mises en formations pour les prochains cycles.

---

<sup>39</sup> Un exemple d'analyse est fourni en annexe

## Historique de la recherche opérationnelle de l'armée de Terre

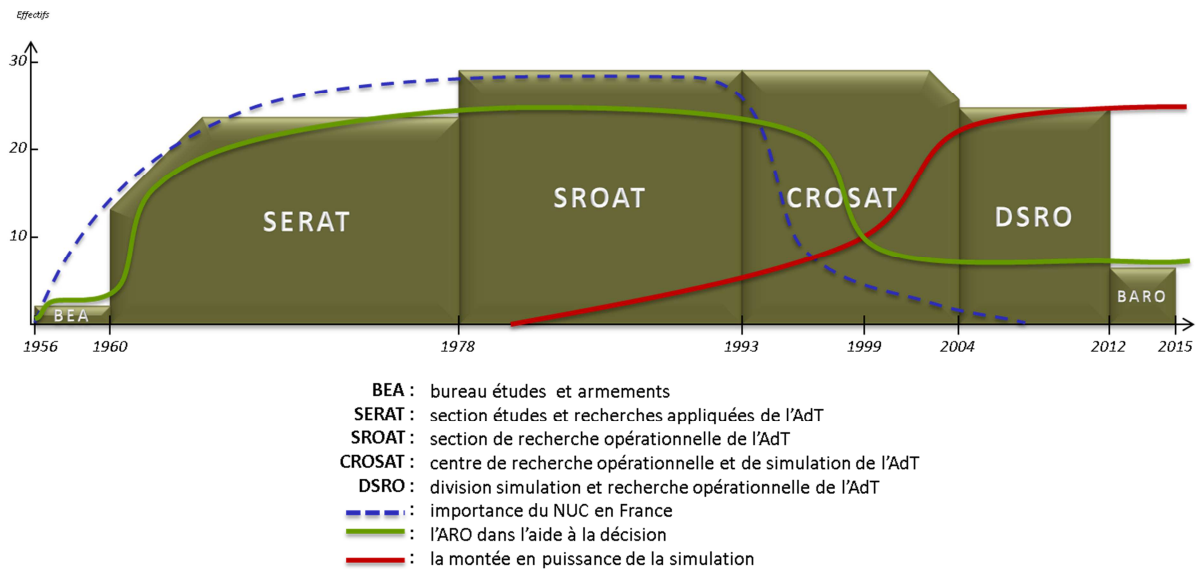


Figure 14 : historique de l'organisation RO dans l'armée de terre

Les études menées ont concerné les fermetures d'emprises ou les choix capacitaires lors des précédentes réorganisations de l'Armée de Terre<sup>40</sup>.

Dans le domaine de la logistique, deux axes sont prometteurs : la maintenance prédictive et l'optimisation des stocks et des circuits<sup>41</sup>. Un logiciel d'optimisation sert déjà au commandement des forces terrestres (CFT) pour appuyer le processus de génération de force. Les données des systèmes d'information logistique permettent une meilleure gestion. Les marges de progrès restent importantes. Un mémoire a été réalisé par un officier de l'Armée de Terre dans le cadre de sa formation à l'Ecole Nationale Supérieure des Techniques Avancées sur la maintenance prédictive du Rafale<sup>42</sup>.

D'autres services ou directions développent des approches dans le traitement des données. Le Service du Commissariat des Armées (SCA) a un besoin particulier alors qu'il se restructure. Les services RH utilisent des logiciels de « vieillissement » des populations pour simuler leur modèle. Le système Scorpion est suivi par une modélisation progressive de ses capacités pour permettre par la simulation d'anticiper la meilleure doctrine d'emploi. Pourtant, ces initiatives ne permettent pas au traitement de l'information de se hisser à un niveau d'emploi satisfaisant.

<sup>40</sup> Un exemple d'analyse est fourni en annexe

<sup>41</sup> Un exemple d'analyse est fourni en annexe

<sup>42</sup> CDT Chastellux, 2016, article synthèse fourni en annexe.

### C. Un cycle d'analyse en panne

Une étude systémique simplifiée du processus d'analyse permet de mettre en évidence les causes de son blocage. Le processus décrit par la suite, bien que simple, est cyclique. Le blocage conduit ainsi à un cercle vicieux qui le condamne.

Pour traiter des données, monsieur de la Palice dirait qu'il y a besoin de traitement et de données. La valeur technique des données est déterminante (Cf. partie I). Elle conditionne directement l'exploitation qui peut en être fait. En l'état, les données sont peu consolidées et peu disponibles (logique métier). Leur analyse produit de facto des résultats de portée très réduite.

L'absence de résultats probants conduit les chefs à ne pas être demandeurs d'analyse. L'absence de pertinence dans les réponses entraîne une absence d'utilité perçue. Le chef n'est donc pas enclin à investir dans un domaine où son expérience lui réfute tout intérêt.

Les mises en formation ne sont donc pas prioritaires. Il n'y a alors que peu d'analystes formés. Or les analystes sont précisément ceux qui peuvent développer une culture de gestion de la donnée et de l'information. Cette culture étant le préalable à l'obtention de données pertinentes. La boucle est bouclée.

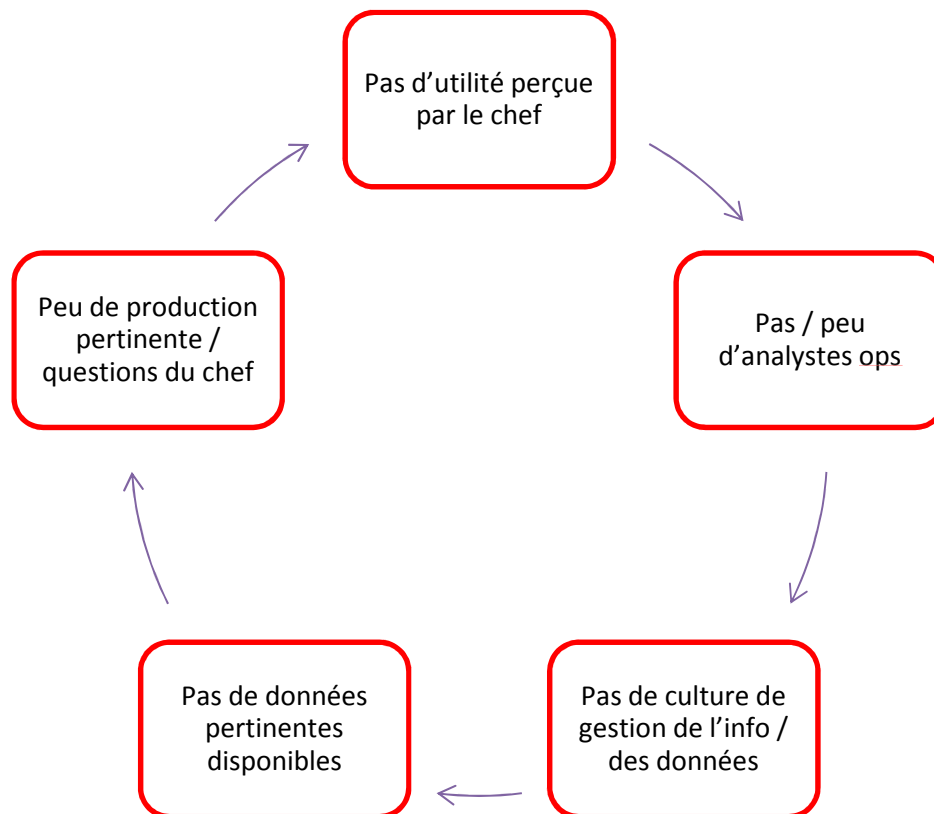


Figure 15 : constat du blocage du cycle AO

### III. Vers une intégration stratégique ?

Un cycle vicieux offre un blocage de plus en plus dur en absence d'intervention. Mais il offre aussi la possibilité d'être inversé en un cycle vertueux. Cette inversion nécessite de connaître les marges de manœuvres, l'environnement existant et d'identifier les leviers d'actions.

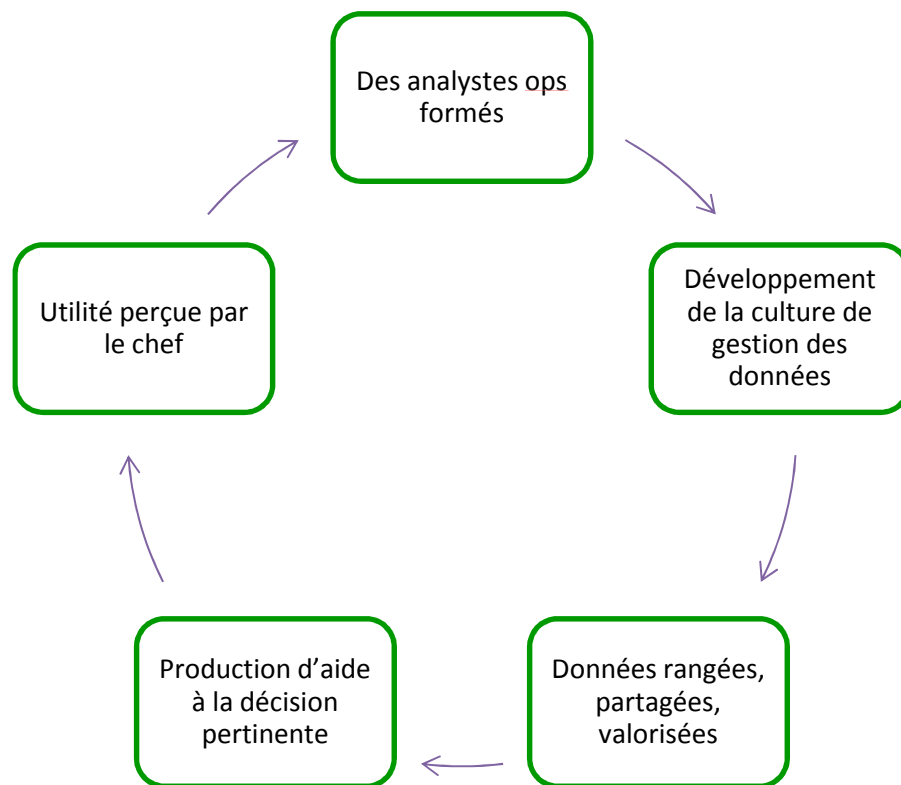


Figure 16 : cycle AO fonctionnel

#### A. Les marges de manœuvre

La complexité structurelle des armées repose sur la dualité de l'organisation. Les armées sont gérées en tant que corps de l'Etat comme un outil pour exécuter une mission. Pourtant, la nature même de cette mission est d'être « l'ultima ratio » de la Nation. Réformer ou transformer nécessite d'analyser les marges de manœuvres. Les armées doivent notamment faire face aux contraintes financières, morales et culturelles. Il est ensuite possible d'établir les principes directeurs d'une transformation.

#### Analyse des marges de manœuvre

La dotation financière des armées se justifie par leurs contributions régaliennes à la sécurité et à l'indépendance nationale. Cependant, cette explication porte en elle-même sa limite. Au moment où la dette du pays avoisine les 100% du PIB, la réduction des coûts des armées

contribuerait au même but d'indépendance nationale que l'armée elle-même. Ce raisonnement est toutefois relatif car s'il était poussé à l'absurde, il finirait par être classé parmi les exemples de sophismes ! Ce raisonnement doit être contenu dans la limite des notions d'ordres de grandeur : moins de 2% du PIB est consacré aux forces armées. Le salut des finances publiques ne reposera donc pas sur la part gagnable de ce budget. Cependant, ce cadre est posé. Il implique une limitation des dépenses et semble non négociable sans l'avènement d'un nouveau « Cygne Noir » autrement appelée surprise stratégique. Il faut donc que le chef militaire résolve son équation organico-opérationnelle à isopérimètre financier.

S'adapter demande généralement un investissement initial pour dégager dans la durée les bénéfices. Aujourd'hui, dans le cadre des armées, un investissement significatif de nature à briser le cycle vicieux du traitement des données ne pas être retenu comme solution préférentielle. Il est donc indispensable d'intégrer toute notion de transformation dans les programmes déjà entrepris ou déjà financés plutôt que de chercher de nouveaux projets. Les solutions à moindre coûts sont à privilégier. Il s'agit donc de ne pas dépenser.

Au-delà du défi financier, il y a un défi moral. L'institution est en réforme continue depuis la fin du service militaire. Les réductions homothétiques successives ont fini par faire perdre la cohérence. Les grands plans de réorganisation et de mise en cohérence sont à échéances 2020 : cap 2020 pour l'EMA qui comprend 9 plans subordonnés : Au contact (armée de Terre), Horizon Marine 2025 (Marine nationale), Unis pour faire face (armée de l'Air), Modèle SSA 2020 (Service de santé des armées), SCA 21 (Service du commissariat des armées), DRM 2020 (Direction du renseignement militaire), Quartz (Direction interarmées des réseaux d'infrastructure et des systèmes d'information), SEA 2020 (Service des essences des armées), SIMu 2019 (Service interarmées des munitions...). L'envie de réforme est émoussée. La notion de transformation laisse désormais entendre que jamais un état définitif ne sera atteint mais que l'adaptabilité est nécessaire pour garder la stabilité. Cette approche est celle qui suit le mieux le principe de réalité mais elle est délicate à appréhender. Il s'agit donc de ne pas faire peur.

Une autre contrainte limite les marges de manœuvre : la permanence de service au-delà du contrat opérationnel. L'exemple désastreux du logiciel de payes Louvois n'a pas coûté que de l'argent. Il a aussi durablement entamé la confiance des utilisateurs et des décideurs dans l'informatique et l'automatisation. Une nouvelle erreur de cette ampleur n'est pas envisageable. Un processus sécurisant serait de développer des « applications add-on » sur

les SI métier. Il s'agit donc de ne pas perturber le système avant d'avoir une solution qui marche.

Enfin, le défi culturel n'est pas à sous-estimer. L'inertie et le confort du « on a toujours fait comme ça » s'ajoute à une certaine méfiance vis-à-vis des nouvelles technologies. Particulièrement celles liées au commandement car elles sont suspectes de vouloir se substituer aux chefs. Les armées ne sont pas les vecteurs de progrès scientifiques et techniques souvent espérés ou imaginés. Aucune découverte majeure du XX<sup>ème</sup> siècle n'a été faite à suite de l'expression des besoins des militaires<sup>43</sup> !

### **Principes directeurs d'une transformation**

L'analyse des marges de manœuvre permet d'isoler quatre principes pour évoluer :

- Agir avec des initiatives du bas vers le haut (bottom up) pour restaurer la confiance dans l'opportunité numérique. Dans un système pyramidal, une initiative de ce type n'est possible qu'avec le soutien de directives venant du plus haut niveau<sup>44</sup>.
- Privilégier de multiples petites initiatives et accepter l'échec comme un apprentissage<sup>45</sup>. Le problème est complexe : il n'y a pas une solution miracle mais un faisceau d'options à promouvoir et coordonner le cas échéant.
- Choisir un mode de déploiement itératif. Sous contrainte de temps et de ressources financières ce type d'approche permet la progressivité et la gestion du risque.
- Dépasser les frontières et les cloisonnements administratifs ou organisationnels pour libérer l'accès aux données les moins sensibles. S'inspirer des processus réussis dans le monde civil notamment des expériences collaboratives : wikinomie.

Un corolaire de ces principes revient à énoncer trois erreurs à éviter.

- S'en remettre uniquement aux extérieurs car les armées ne pourraient pas acquérir une compétence en propre. Or l'anticipation du besoin en opération milite pour avoir une compétence militaire et projetable le cas échéant.

---

<sup>43</sup> Martin van Creveld, in *Technology and War*, Free Press, NY, 1989, 220 : « durant le XX<sup>ème</sup> siècle, aucun des principaux matériels qui ont transformé la guerre n'a trouvé son origine dans les besoins doctrinaux formulés par des personnes portant l'uniforme ».

<sup>44</sup> Didier Bonnet, Capgemini Consulting global practice leader digital transformation : « Sans les cadres dirigeants qui poussent la transformation, cela n'arrivera pas ; c'est une cause perdue. »

<sup>45</sup> Bob Barbour, Head of digital, Shelter : « Choisissez un problème ; résolvez-le selon la façon la plus rapide et la moins coûteuse possible ; déterminez des indicateurs fins et regarder comment cela répond. Si cela ne marche pas, pas de souci, cela n'a rien coûté et vous avez probablement appris quelque chose de valable. Faites-le 10 fois et vous verrez que vous avez mis sur pied un tout nouveau système pour une fraction du prix. »

- S'épuiser sur l'inutile ou suivre un effet de mode. Multiplier les audits car une transformation demande un effort dans la durée et que les besoins sont concrets, internes et définis dans le cadre spécifique des armées.
- Attendre<sup>46</sup> car en réaction cela entrainera la première et la deuxième erreur.

## B. Intégrer les plans existant

### Un plan ministériel pour les SI<sup>47</sup>

Le plan ministériel quinquennal défini en 2013 repose sur 5 axes stratégiques.

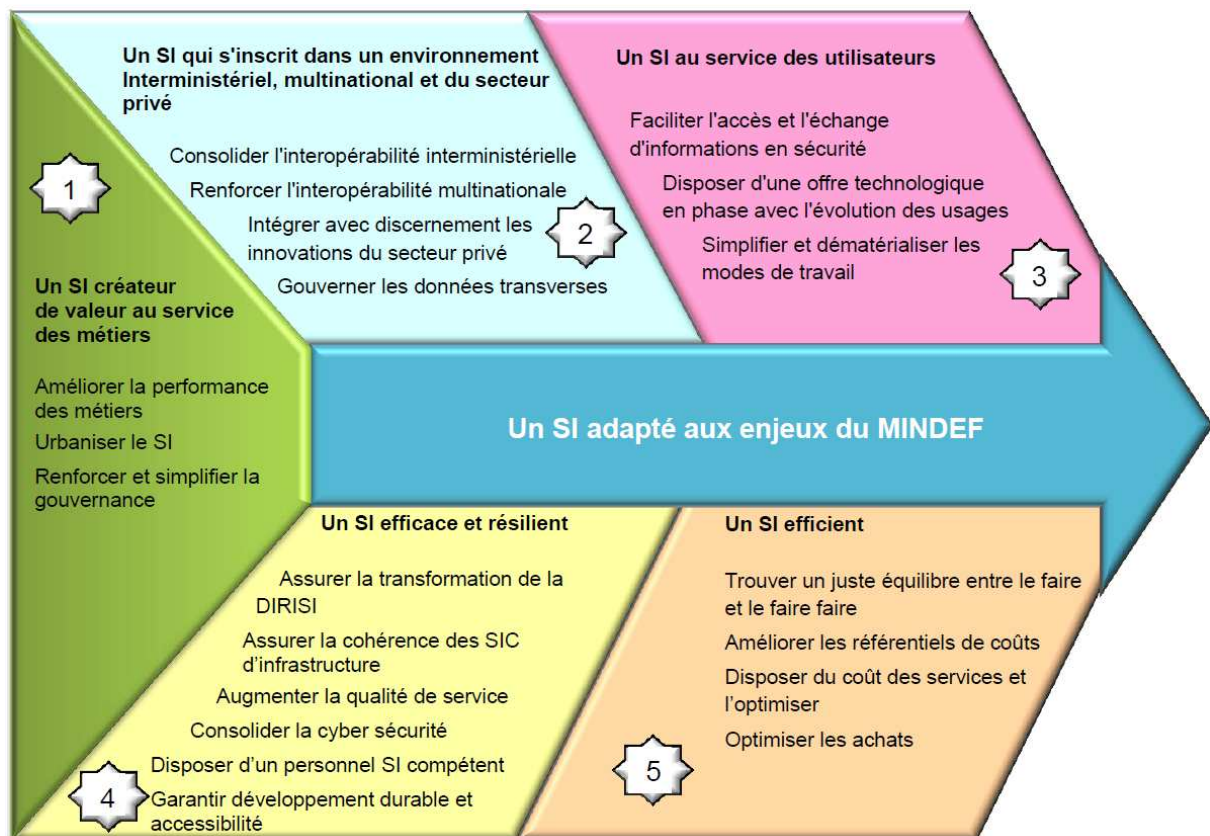


Figure 17 : axes stratégiques du plan des SI

La répartition fonctionnelle du SI s'articule entre les SIOC<sup>48</sup>, les SIAG<sup>49</sup> et les SIST<sup>50</sup>. L'architecture globale (infrastructure et services mutualisés) est définie par la DGSIC<sup>51</sup> avec

<sup>46</sup> Wilson Churchill, « Mieux vaut prendre le changement par la main avant qu'il ne vous prenne par la gorge »

<sup>47</sup> 20140207\_np\_dgsic-sds\_90-lettre-politique\_du\_si

<sup>48</sup> Système d'information opérationnel et de commandement

<sup>49</sup> Système d'information d'administration et de gestion

<sup>50</sup> Système d'information scientifique et technique

<sup>51</sup> Direction générale des systèmes d'information et de communication

l'EMA, le SGA, la DGA et la DIRISI<sup>52</sup>, qui la met en œuvre et la développe en partie. Les services communs, cadrés par les besoins, regroupent les aspects communs aux SIOC et aux SIAG. Ils facilitent l'interopérabilité et la cohérence entre systèmes.

Le chef d'état-major des armées, responsable de l'emploi des forces, assure le commandement des opérations militaires. A ce titre, il est responsable de l'identification des capacités nécessaires aux armées pour remplir leurs missions actuelles et futures et de leur mise en cohérence. Les SIOC, appui au commandement et systèmes nerveux des systèmes de forces, s'inscrivent dans cette démarche capacitaire. La démarche de convergence des réseaux pour les opérations s'appuie sur la rationalisation des niveaux de classification. Les réseaux de niveaux Secret OTAN et Restreint OTAN sont privilégiés pour le transit des informations opérationnelles non souveraines.

Le SGA est responsable de l'administration du ministère et de sa modernisation. Les SIAG outillent les processus d'administration et de gestion de l'ensemble du ministère. Ils sont en fonctionnement permanent, du fait de la continuité des activités de gestion tout au long de l'année. Ils sont présents dans les opérations militaires et soumis, par ailleurs, à de fortes contraintes qui proviennent de la réglementation applicable à l'ensemble des processus administratifs. Appuyant des processus transverses et souvent complémentaires, les SIAG sont fortement interconnectés entre eux et ont également vocation à être interfacés avec les SI de l'Etat, notamment avec le système d'information "finances" ou en matière d'achat et de ressources humaines.

Le DGA est responsable de la conduite des programmes et opérations d'armement ainsi que du maintien des capacités technologiques et industrielles nécessaires à la Défense. Les métiers de préparation et de conduite des programmes s'appuient, pour leurs besoins scientifiques et techniques, sur les SIST. Ceux-ci répondent à des besoins spécifiques d'expertise, de calcul, d'essai et d'expérimentation, et relèvent pour l'essentiel de la DGA. Toutefois, un nombre, réduit, de moyens et de logiciels IST sont utilisés par les armées et les services communs du ministère. Un des enjeux majeurs des SIST est d'accompagner et de soutenir, au travers d'outils d'ingénierie et de simulation distribués, l'évolution vers des modes de travail plus collaboratifs entre les armées, la DGA et les industriels pour les programmes d'armement.

Toute velléité de transformation doit donc s'intégrer dans le schéma du niveau supérieur ou au minimum avoir les garanties suffisantes pour s'interfacier efficacement. L'exploitation de

---

<sup>52</sup> Direction interarmées des réseaux d'infrastructure et des systèmes d'information

données administrées par un SI dépendant d'une autre entité est une nécessité en termes d'efficacité. La mise en œuvre ne peut cependant s'envisager qu'avec un très fort soutien des plus hautes autorités. La définition de la relation est complexe et implique notamment une certification des données, des règles juridiques d'accès ou des garanties de format dans la durée (pour rentabiliser les investissements).

### **Une opportunité<sup>53</sup> : la transformation digitale des armées**

Le mandat d'initier la transformation digitale au sein de l'EMA et de l'animer avec les Armées, Directions et Services (ADS) en s'appuyant sur leurs « Champions Digitaux » a été remis le 26 octobre 2016 au général de division aérienne Bruno Maurice.

La définition retenue par l'officier général à la transformation digitale des armées fait une belle part aux données. « La Transformation Numérique est la rencontre d'une rupture technologique avec de nouveaux usages, rendus possibles par la maîtrise de la donnée... C'est d'abord une transformation métier visant à créer plus de valeur pour les bénéficiaires. »

Le premier objectif de cette mission est de réaliser un état des lieux de la maturité digitale partagé avec les ADS (organismes de formation compris) à travers les réalisations effectuées, les expérimentations en cours ou à l'étude, les écosystèmes mis en place et les difficultés transverses rencontrées.

## **C. Un challenge : organiser les leviers**

### **Analyse systémique simplifiée**

Une analyse systémique simplifiée met en avant trois phases stratégiques pour réussir une transformation : mener une action sur les données, identifier les objectifs, définir les processus de traitement. En l'état de la technologie et des moyens, il est impossible de faire un changement immédiat. La première phase doit permettre d'identifier les données à organiser et stocker en priorité. La seconde doit permettre de comprendre et prioriser les besoins avérés et réalistes. La troisième ne venant qu'après même si elle est la plus tentante : choisir des solutions techniques.

---

<sup>53</sup> Wade Burgess. VP Talent Solutions LinkedIn : « Traditionnellement, ce qui sépare une entreprise moyenne d'une grande fut la technologie. Nous sommes au milieu de la transformation. Aujourd'hui, ce qui différencie une entreprise moyenne d'une grande c'est le talent ».

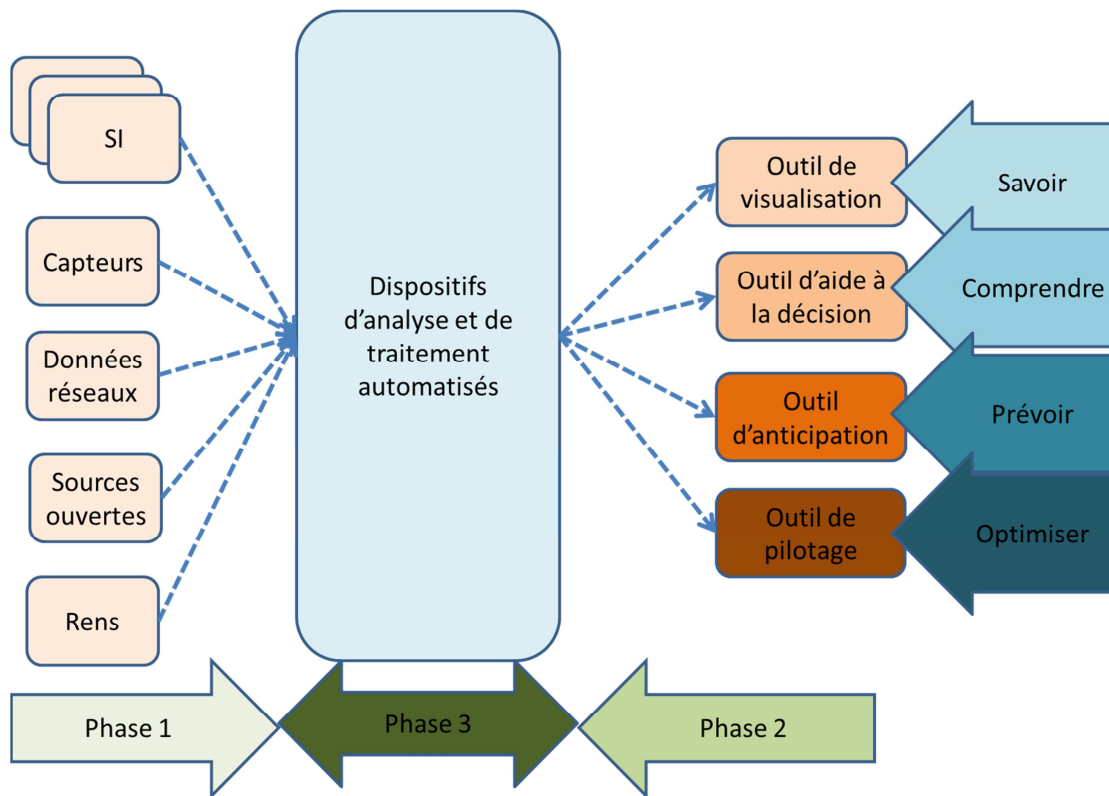


Figure 18 : analyse systémique de l'ARO

### Schéma opérationnel

Les actions à mener sont présentées sous la forme d'un schéma opérationnel utilisé dans les doctrines de planification. Un graphe de Gant aurait aussi pu produire des résultats visuels mais aurait été plus difficilement partageables dans les armées. Cette étude propose une piste de réponse à la question du comment saisir dans les armées les opportunités offertes par les données.

L'état final recherché (EFR) retenu est : avoir une capacité de traitement de l'information agile. Trois objectifs opérationnels ont été isolés. Le premier est d'avoir des données consolidées et exploitables. Il agit directement sur le cycle de traitement des données. Le deuxième est d'avoir atteint un niveau suffisant de compétence. Cet objectif nécessite d'être bien anticipé car il demande du temps en formation. Le troisième est d'avoir développé une culture de l'analyse opérationnelle. Cet objectif a plus d'inertie pour se mettre en place mais il est la meilleure garantie d'efficacité dans la durée.

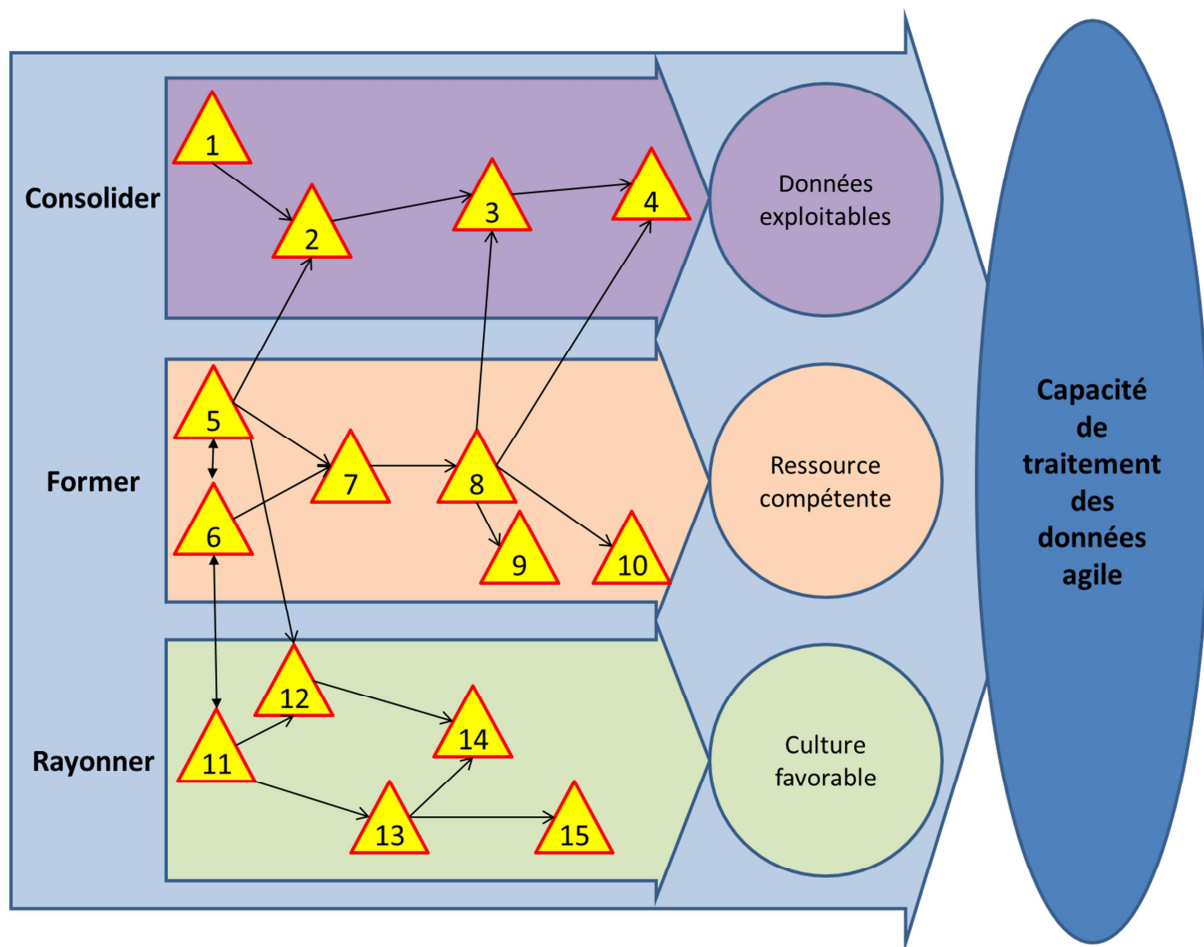


Figure 19 : schéma opérationnel d'un plan d'action pour les données

#### Consolider les données

1. Mener une étude stratégique pour définir l'ambition des armées.
2. Développer un modèle en termes de stockage, partage et accès des données compatible avec le plan SI.
3. Anticiper le stockage de données consolidées (avant l'arrivée des outils de traitements).
4. Intégrer une approche AO dans tous les programmes armements (maintenance, logistique, OPS, processus RETEX<sup>54</sup>...).

#### Former une compétence

5. Formation de cadres en analyse opérationnelle pour les emplois déjà identifiés.
6. Identifier les compétences (ex. S/off RH expert bases de données).
7. Suivi de parcours de carrière.

<sup>54</sup> Retour d'expérience, processus formalisé d'amélioration continue.

8. Créer une architecture interarmées en correspondance avec des sections dans les armées : positionner les leviers ARO auprès des décideurs (MGx).
9. Favoriser des échanges pour la vitalité des compétences et l'attractivité de la filière (échanges interarmées, Mobex, écoles, recherche) ; étudier les marquant RH : filière data science ; ARO.
10. Mener un projet phare : ex. logiciel d'aide au déploiement urgence sur territoire nationale (comprenant la génération de force, le soutien, les réseaux...).

#### Rayonner une culture

11. Créer une communauté ARO en interarmées ; développement de comités thématiques ou locaux ; ouverture sur les civils (université, écoles, entreprise, incubateurs et les réserves).
12. Soutenir la recherche sur l'analyse de données, notamment sur les outils de pilotage accessibles par des vues diagonales (mémoire, thèse).
13. Appuyer des programmes « locaux ». Ex. base de données des commandants de compagnie, outils de suivi de programmation, suivi des mises en formation. Le processus type serait progressif. T1 : identifier les programmes utiles. T2 : les interfacer avec un SI pour récupérer les données (extraction de formulaires). T3 : les intégrer dans le SI sous forme d'application liée.
14. Informer les officiers durant leur cursus : Ecoles initiales, CFCU<sup>55</sup>, DEM<sup>56</sup>, EDG<sup>57</sup>, CHEM<sup>58</sup>.
15. Valoriser : créer un concours ou prix de la transformation numérique.

#### **Intention**

L'analyse du schéma opérationnel fait apparaître l'effet majeur autour du point de décision n°8. Une formulation pourrait être : je veux structurer une chaîne cohérente d'analyse et de recherche opérationnelle en interarmées et en interne des armées, directions et services pour 2020.

---

<sup>55</sup> Cours des futurs commandants d'unité

<sup>56</sup> Diplôme d'état-major

<sup>57</sup> Ecole de guerre

<sup>58</sup> Cours des hautes études militaires

Le choix de la date repose sur l'intégration de cette réforme dans le plan cap 2020 pour ne pas créer plus d'entropie. De plus, l'étude des documents de ressources humaines et les mises en formation nécessitent cette profondeur temporelle de trois ans.

### **Coordination**

Le déploiement d'une politique rénovée de gestion des données nécessite une action conjointe avec des entités spécifiques :

- EMA/CYBER pour définir les politiques de sécurité (confidentialité);
- DIRISI pour la compréhension des structures des SI (accessibilité);
- EMA/DAJ pour un accompagnement juridique (légalité).

La traduction des principes et des objectifs en actions concrètes est liée au franchissement de certaines frontières culturelles ou administratives. Seule la créativité peut résoudre un défi culturel et technique de cette ampleur sans surcoût.

- Intégration de projets d'analyse de données dans les formations de cursus. Pour chaque session de cours des futurs commandant d'unité (CFCU) une équipe de deux à trois stagiaires pourrait être envoyée à Coëtquidan une à deux semaines pour développer un programme en liaison avec le corps professoral et les officiers élèves pour répondre à un besoin identifié par les capitaines. Ce type de mini projet remplacerait les traditionnelles créations de base de données de bibliothèque par des applications utiles au commandement de contact (par exemple, une application Excel de vieillissement de la population des pilotes d'engin blindé à partir de l'extraction des données SIRH Concerto).
- Les filières de spécialisation scientifique à Saint-Cyr restent dans une logique d'historicité : la mécanique, l'informatique et simulation, l'électronique<sup>59</sup>. Une réorientation des enseignements en fonction des besoins à venir serait de nature à créer une assise large de compétences dans les domaines porteurs pour les armées : cyber sécurité, analyse de données, gestion de programme... Cette approche permettrait d'inclure des partenariats avec les initiatives comme l'Intel Campus de la DRM. Des échanges avec l'école polytechnique dans ces domaines iraient aussi dans le sens du rapport Attali de juin 2015.

---

<sup>59</sup> Site officiel des écoles de Coëtquidan

- Dans le même esprit de renforcement du lien entre la Défense et l'X, des projets phares dans le domaine d'analyse des données (point 10) pourraient être développés dans le cadre des projets au sein des masters de la célèbre école<sup>60</sup>. L'exemple proposé d'un outil d'aide à la décision pour les déploiements sur le Territoire National (catastrophe naturelle ou renfort sécurité intérieure) pourrait être mené conjointement par le COMTN<sup>61</sup> (expert technique), l'EMMST (intégrateur scientifique dans l'Armée de Terre) et un ou plusieurs masters de Polytechnique (expert scientifique).
- Pour répandre la culture d'analyse opérationnelle, le point 13 est particulièrement important. Il met en exergue le rôle clef des acteurs locaux qui connaissent les besoins. Il serait par exemple contreproductif de chercher à développer de grosses applications nationales notamment dans le domaine RH ou de préparation opérationnelle. La structure militaire repose sur un commandement de contact en charge de ces domaines. L'analyse de données doit venir appuyer et non contraire ces chefs. La souplesse est alors essentielle. C'est pourquoi, le format de logiciel « ad on » sur une base Excel, téléchargeable semble la plus prometteuse. Les données doivent correspondre à une requête simple sur les systèmes d'information (demande auprès du RRH<sup>62</sup> voire ouverture des droits au niveau de la compagnie).
- Les moyens de traitement resteront durablement sous dimensionnés par rapport aux besoins. Le recours aux expertises extérieures des armées pourrait corriger ce déficit. Une expérience pourrait ainsi être tentée dans le cadre du développement du programme Scorpion. Il s'agirait d'ouvrir les données de simulation informatique sur une plateforme collaborative sur Internet en s'inspirant du cas de la Goldcorp<sup>63</sup> décrit par Don Tapscot dans Wikinomic. La communauté des wargames est très présente sur la toile. L'expertise acquise par ses membres dépasse celle que peut s'offrir l'armée de Terre dans la modélisation de doctrine future ou la conception d'un simulateur de guerre. De plus, les amateurs suivent avec intérêt et précision l'évolution des tactiques et des matériels militaires du monde entier. En leur donnant accès aux résultats de

---

<sup>60</sup> L'école polytechnique utilise dès la 2<sup>ème</sup> année de formation des projets scientifiques collectifs pouvant aller jusqu'à la création de Start Up pour développer l'initiative chez ses élèves.

<sup>61</sup> Commandement pour le territoire national au sein de l'armée de Terre

<sup>62</sup> Représentant des ressources humaines, point de contact de proximité de la chaîne RH.

<sup>63</sup> Don Tapscot in Wikinomic décrit comment cette société minière est sortie d'une situation de crise en partageant toutes ses données géologiques secrètes. Cette démarche à l'opposé des habitudes de confidentialités appliquées par les exploitants d'or a permis de bénéficier d'une expertise mondiale. La démarche a sauvé la société.

simulation informatique (sur les plateformes JANUS), il serait possible de recevoir des contributions originales et pertinentes pour le développement du programme et l'anticipation de la doctrine. Le bénéfice de l'info-valorisation pourrait ainsi être caractérisé avec qualité et objectivité. Ce type de projet communautaire pourrait être étendu à la doctrine et à la simulation tactique en général. A terme, l'armée de Terre pourrait même s'appuyer sur un réseau de joueurs pour animer ses exercices.

## Conclusion

Le monde change. L'effervescence numérique noie la profondeur du changement dans l'agitation apparente. Cette révolution n'est pas uniquement technique. La philosophie notamment l'épistémologie et la théorie de la connaissance sont bousculés. Le traitement de l'information n'est plus le seul fait de l'homme. L'informatique change notre capacité de constat et sa puissance à analyser des données peut saturer d'informations. Le temps s'accélère et l'expérience est remise en question. Les prémices de l'intelligence artificielle déroutent les plus fragiles. Les uns la nient, d'autres la surestiment. Plutôt que de s'épuiser à en conjecturer le degré de développement futur, mieux vaut s'intéresser à sa nature. Sa place dans le traitement de l'information reste clairement encadrée entre notre conscience et notre jugement. C'est la place de l'analyse. Ces nouvelles capacités sont de nature à nous aider à sortir de la congestion informationnelle et à renouer avec une compréhension globale.

La stratégie ne peut ignorer très longtemps les inventions qui la révolutionnent. Le tournant vers une ère de combat en réseau s'est imposé aux armées occidentales. L'agilité et la compréhension sont indispensables pour relever ces nouveaux défis. La peur instinctive face aux technologies de l'information est bien injuste. Ces outils vont recentrer l'homme sur son essence : conscience et jugement. Ils vont le soulager de tâches d'analyses répétitives. Opposer l'intelligence artificielle et l'intelligence humaine, ce n'est pas manquer de connaissance scientifique mais de profondeur culturelle. Ce n'est pas l'informatique qui nous sature d'information inutile mais notre inculture qui nous y expose. Paradoxalement, c'est aussi par un meilleur traitement automatisé des données que l'officier d'état-major sera libéré du coloriage des indicateurs pour se concentrer sur leur définition (conscience) et leur interprétation (jugement).

La transformation numérique est donc un appui essentiel au chef militaire pour dépasser le chaos informationnel. Ces outils viennent renforcer le travail de l'état-major. Le changement de logiciel s'opère dans les méandres de la préparation de la décision. Là où la complexité et la complication ont généré un surnombre d'officiers traitants. Eux-mêmes créant une grande quantité d'information dont la mise en cohérence a nécessité la multiplication des cellules transverses. La supériorité informationnelle c'est la capacité à renverser cette situation. C'est l'opportunité de repartir de la connaissance élémentaire pour construire l'information ad hoc consolidée. C'est offrir une meilleure compréhension globale au décideur. La technologie ne remplacera donc pas le décideur. La nature du chef reste la même : c'est lui qui décide.

La transformation est donc moins celle du chef en tant que tel que celle de la structure. Les forces antagonistes n'en sont que plus fortes. L'histoire tend à enseigner que les changements de fond des organisations ne se font jamais sans douleur. Sans l'inertie des structures et des chefs qui ne voulaient pas se risquer à bousculer leurs états-majors, les analyses de Marc Bloch<sup>64</sup> ou du général de Gaulle auraient été de nature à éviter l'impensable. La première armée du monde n'a mis que six semaines à capituler car elle avait raté un tournant stratégique. La blitzkrieg a un méta facteur technologique : la supériorité informationnelle des ondes sur le fil. Gageons que les armées françaises n'auront pas à subir une nouvelle humiliation pour avoir méprisé la supériorité de la donnée sur l'onde ! L'innovation ne condamne ni le passé, ni le présent mais les accomplit.

---

<sup>64</sup> Marc Bloch a écrit l'étrange défaite immédiatement après mai 1940, dévoilant une analyse bien antérieure et relativement bien partagée.

## IV. Bibliographie

### A. Publications en ressources sur Intraterre

- Action Terrestre Future ; Armée de Terre
- Lettre de politique des SI ; DGSIC. 20140207\_np\_dgsic-sds\_90-lettre-politique\_du\_si
- Mandat de l'officier général pour la transformation digitale des armées ; 20161026\_NP\_EMA\_ESMG\_LETTRE\_Mandat Transformation Digitale des Armées\_D-
- Doctrine d'analyse et de recherche opérationnelle ; 2014\_NP\_CDEF\_DDo\_EMP\_21\_641
- Compte-rendu de réunion du comité des architectes SI octobre 2016 ; 20161122\_NP\_CASID-BA\_NO-150165-CR-7ème-Réunion-Communauté des Architectes
- Numérisation de l'Outil de Défense : des impacts multiples sur les moyens, les compétences et la formation ; Juin 2015, Asinetta Serban et le GB (2S) Christian Cosquer
- Manuel d'aide au déploiement des Big Data ; 20161027\_manuel\_big\_data\_informatica
- Quels leaders, quels talents dans le monde du XXIe siècle ? Comment les détecter et les faire grandir?, GDA Bruno Maurice

### B. Livres

- Thinking, fast and slow Daniel Kahneman, Penguins, 2012.
- Les cygnes noirs, Nassim Nicholas Taleb.
- La structure des révolutions scientifiques, Kuhn
- Wikinomic, Don Tapscott
- Introduction à la pensée complexe, Edgar Morin

## V. Annexes

### A. Annexe 1 : Exemples de mission en analyse opérationnelle

#### Communiquer

#### Visualiser des données

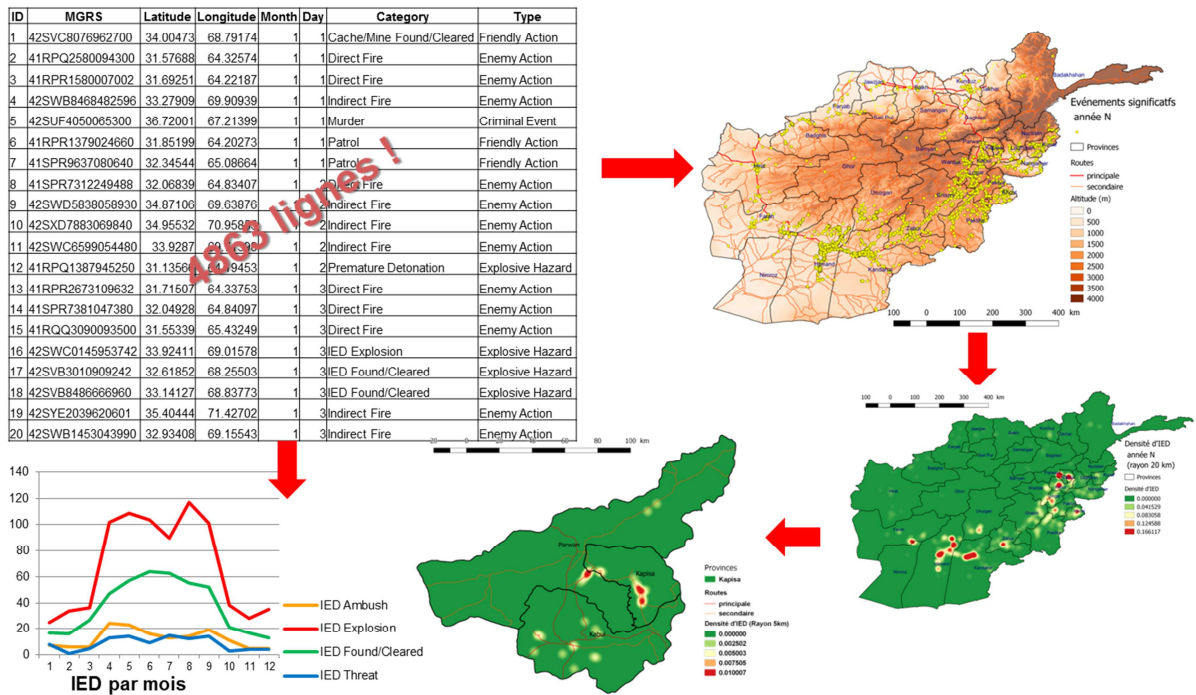


Figure 20 exemple visualisation opérationnelle en Afghanistan

Les officiers d'EM ont en général deux façons de présenter les données : un tableau, qui détaille tout mais ne permet pas de comprendre une idée générale, ou un graphique, qui donne une idée générale mais cache tous les détails.

Les officiers ARO maîtrisent pour la plupart un système d'information géographique, comme QGIS ou ARCGIS, qui permet d'afficher sur une carte les données, avec une grande palette de traitements statistiques. Cette visualisation, familière pour les militaires, a les deux vertus : impression général ET possibilité d'accéder au détail des données, comme une série de cartes à différentes échelles : stratégique, opérative, tactique.

## Prévoir

# PREVOIR

## Construire un modèle prédictif

### Cas : exercice CJEF 2014 (Division FR-UK)

- **Tâche** : planifier la relève de 2 divisions
- **Problème** : les SOP de la division US semblent empêcher que la relève puisse être accomplie en 2 mois
- **Approche ARO** : modéliser la relève grâce à un diagramme GANTT issu de l'industrie
- **Résultat** : la relève est possible, alerte sur le rythme d'arrivée des véhicules au port

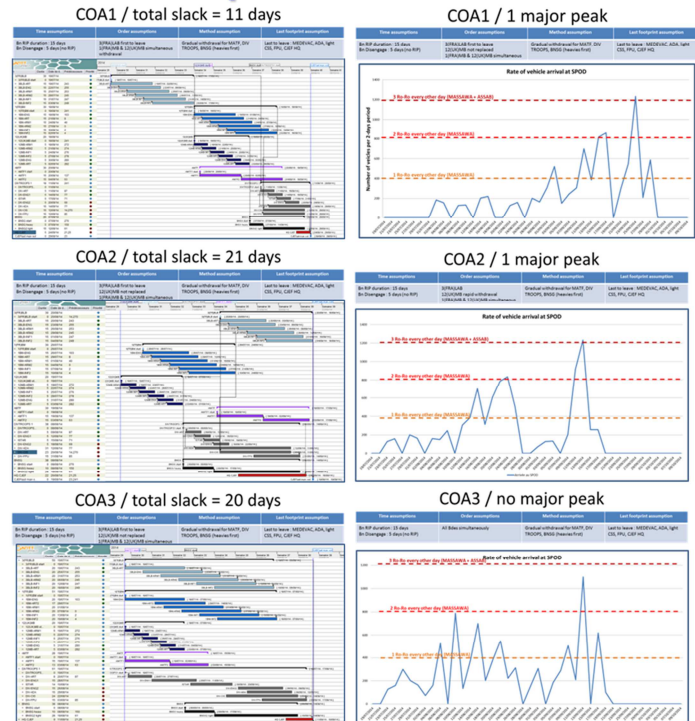


Figure 21 : exemple de modèle prédictif

A l'aide de compétences en mathématiques plus avancées, il devient possible de construire des modèles prédictifs. C'est très difficile si l'on veut prévoir l'issue d'un combat, mais les opérations militaires ne se limitent pas à cela. Dans les domaines logistiques, il est très utile de pouvoir prévoir les conséquences d'un choix de manoeuvre.

Par exemple, lors de l'exercice de division franco-britannique, il fallait planifier la relève par une division américaine, avec un ensemble de règles américaines. L'ensemble de ces règles qui nous semblait tellement important que nous n'étions pas sûrs de tenir les délais imposés par le plan stratégique. L'officier ARO a donc utilisé une technique de l'industrie pour modéliser le processus de relève de la division, jusqu'au niveau du bataillon. On appelle cela modèle GANTT, il requiert des logiciels spécifiques, mais simples et gratuits.

Le modèle a permis de calculer le nombre de jours restant après la relève, selon plusieurs modes d'action. De plus, il a permis de vérifier que le rythme d'arrivée des véhicules au port de départ ne dépassait pas les capacités d'évacuation par bateau.

## Recommander

# Elaborer une solution optimale à un problème

## Cas : exercice CJEF 2014 (Division FR-UK)

- **Tâche** : déployer une division par la route
- **Problème** : la mauvaise qualité des routes risque de créer des embouteillages
- **Approche ARO** : représenter le réseau et les convois sous forme d'un problème d'optimisation
- **Résultats** : affectation des itinéraires au convois, vérification que le déploiement est possible, identification des points à risque

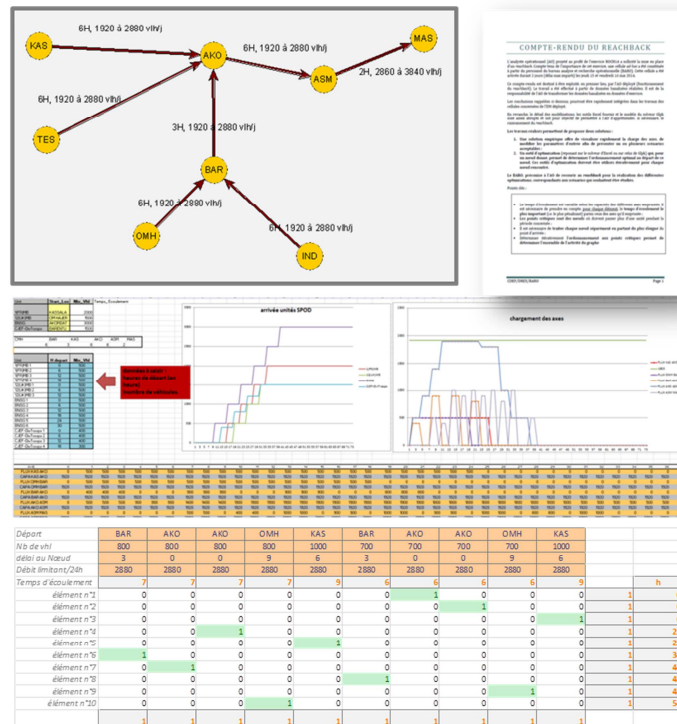


Figure 22 : exemple d'optimisation

Parfois, un problème est si compliqué que le cerveau humain n'est capable que de construire une solution faisable. Il n'est même pas question de trouver la meilleure solution, mais juste une seule qui soit réalisable. Les ordinateurs, sur des problèmes parfaitement modélisés, sont beaucoup plus performants que nous dans ce domaine, grâce aux techniques de recherche opérationnelle, ou optimisation.

Par exemple, toujours durant le même exercice, le réseau routier en très mauvais état et clairsemé faisait craindre des embouteillages si les convois n'étaient pas correctement routés. C'est un problème très classique de la recherche opérationnelle, dit de flux dans un graphe. L'officier ARO a détecté ce problème durant la phase de planification des mouvements et a alerté le BARO en soutien « reachback ». L'équipe à Paris a construit un modèle et fait calculer une solution qui assurait que tous les convois seraient routés sans créer d'embouteillage. Dans ce cas technique, l'ARO a pu préconiser une solution particulière. Ce n'est possible que pour ce genre de problème ou tout se compte.

Essentiellement, il s'agit du même problème que le routage de vos appels téléphoniques dans les câbles de télécommunications, mais sur un graphe beaucoup plus petit !

## Trouver de nouvelles sources de données

### Cas : exercice CJEF 2014 (Division FR-UK)

- **Tâche à accomplir** : planifier la réponse aux catastrophes naturelles possibles dans la zone d'opérations
- **Approche classique** : sélection des risques les plus évidents
- **Approche ARO** : analyse de risques d'après la base de données des catastrophes naturelles de l'ONU
- **Résultat** : la DIV doit se préparer à des inondations, pas à un tremblement de terre

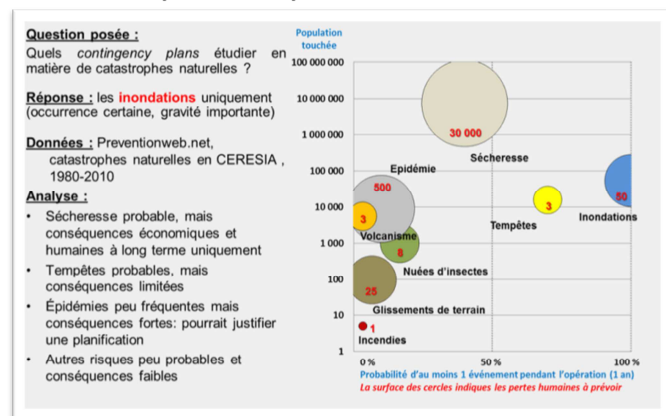


Figure 23 : exemple de recherche en source ouverte

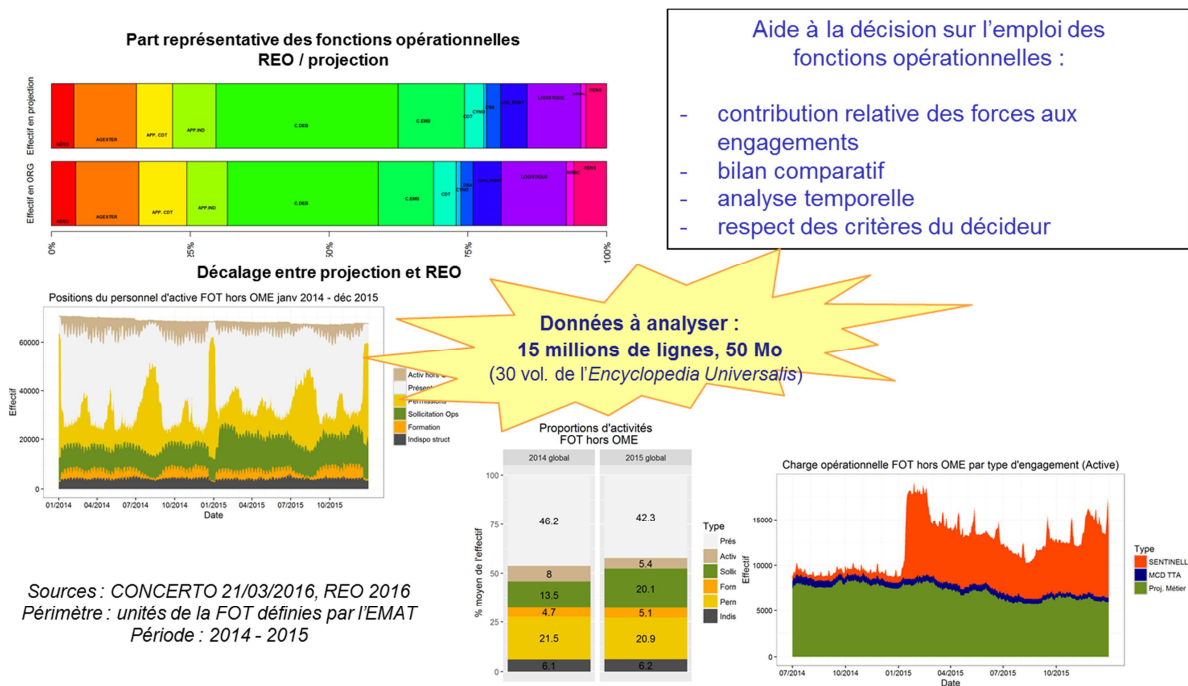
La première utilité des données est de confirmer ou démentir une intuition. Lors de l'exercice de la future division franco-britannique, le G5 devait planifier la réaction de la division à des catastrophes naturelles. Sans plus de précision. La réaction naturelle du chef G5 était de préparer des plans pour les catastrophes auxquelles il a spontanément pensé : tremblement de terre et éruptions, puisque l'a zone d'opération était proche du Rift africain.

L'analyste ARO a proposé de vérifier cette supposition grâce à des données extérieures, trouvées sur un site de prévention des catastrophes dépendant de l'ONU. Aucun autre officier ne connaissait l'existence de bases de données publiques sur ce sujet.

Il a récupéré l'historique des dommages causés par des catastrophes naturelles dans cette région du monde depuis 20 ans, et quantifié : la probabilité qu'un événement au moins advienne durant la période de planification et le nombre de personnes affectées par cet événement.

Les G5 disposait alors d'un argument solide pour planifier une réaction aux catastrophes les plus critiques, puisqu'il n'était pas possible de les préparer toutes.

## Comprendre



**Figure 24 : exemple d'aide à la décision**

Le second emploi des données consiste à mieux comprendre un phénomène ou un système de très grande taille. Lors de la réforme Au Contact, l'AdT devait choisir quelles fonctions opérationnelles réduire pour supprimer 18000 postes. Pour mesurer quelles fonctions étaient les plus employées le bureau ARO a proposé d'examiner l'ensemble des missions assurées par les soldats, un par un, de 2013 à 2015.

Cette étude a mis en évidence que les soldats de certaines armes partaient beaucoup plus en mission que d'autres, et surtout que les armes les plus employées n'étaient pas toujours celles que l'on croit. Par exemple, il n'y a pas de chars Leclerc en opérations en ce moment. Tout le monde pensait donc que les cavaliers ne partaient pas en mission. Or, ils partent presque aussi fréquemment que les fantassins ! Il ne fallait pas réduire leur nombre.

Cette étude n'aurait pas pu être faite par un officier traitant d'état-major normal, car le volume des données à traiter et la complexité du système dont on les tire sont énormes. Par exemple, pour faire un simple graphique, il était nécessaire de travailler sur un fichier de 500,000 lignes, soit 5 fois plus que ce que MS Excel permet.

Cette étude a servi à choisir, lors de la remontée en puissance de 2015, de diriger les effectifs supplémentaires principalement vers les armes de combat direct.

## Cas organique

### Cas : projet Armée de Terre au Contact

- **Problème** : Dans quelles garnisons faut-il créer des unités ?
- **Domaine** : décision multicritères
- **Réponse ARO** : visualisation cartographique
  - Utilisation d'un système d'informations géographiques (QGIS)
  - Superposition de cartes
- **Résultats** :
  - Mise en évidence des déserts militaires
  - Attention sur Normandie, Picardie
  - Non retenu par l'échelon ministériel

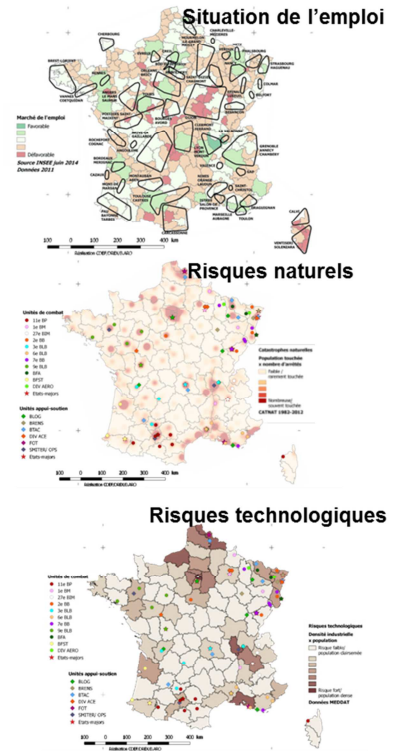


Figure 25 : exemple organique

DECIDER des ouvertures et fermetures de sites selon plusieurs critères

Et... 100 sites environ à juger, vision d'ensemble impérative

Solution : analyse de données cartographiques d'origine diverse : Défense, Ministère du travail, Ministère de l'intérieur, toutes ouvertes grâce à data.gouv.fr

Avantage : préparation décision par EM – cartes directement proposées au CEMAT

## **B. Annexe 2 : Article sur la maintenance prédictive du Rafale**

Planification optimisée de maintenances d'aéronefs militaires

Philibert de Chastellux<sup>1</sup>, Nicolas Dupin<sup>1</sup>, Pierre Bazot<sup>1</sup>

DGA Centre d'Analyse Technico-Opérationnelle de la Défense, 16 bis Avenue Prieur de la  
Côte d'Or,

94114 Arcueil, France

{philibert.de-chastellux,nicolas.dupin,pierre.bazot}@intradef.gouv.fr

Mots-clés : optimisation, maintenances, PLNE, mathéuristiques.

### **Présentation du problème**

L'Armée de l'Air française est actuellement engagée sur de nombreux théâtres d'opérations, ce qui sollicite tout particulièrement les avions de combat. Une planification optimisée des activités aériennes et des opérations de maintenance est indispensable pour atteindre les objectifs opérationnels en respectant les contraintes réglementaires, financières, industrielles.

Similairement au problème de maintenance des réacteurs nucléaires du Challenge ROADEF 2010 (nous référons à [1, 4]), il s'ensuit un problème d'optimisation à deux niveaux des maintenances/ affectations des missions et des heures de vols. Les maintenances des Mirage 2000 définissent un potentiel d'heures de vol (butée horaire) et une durée d'utilisation maximale (butée calendaire) pour le cycle de vols à venir. Les affectations des aéronefs en missions (entraînement, mission métropole et sur théâtre extérieur) impactent la consommation d'heures de vols des différents aéronefs. Le planning de maintenance doit garantir la réalisation des différentes missions, qui peuvent nécessiter des équipements ou versions spécifiques des aéronefs en nombres suffisants. Outre la réalisation des missions, il existe d'autres contraintes couplant les affectations des aéronefs. D'une part, les ressources industrielles pour effectuer les maintenances sont limitées, et il existe également des ressources limitées pour stocker des avions (ce qui permet de retarder les butées calendaires).

Ce problème diffère des problématiques des compagnies aériennes. D'une part les avions sont affectés à des bases et non sur des lignes aériennes ce qui ne fait pas intervenir de routage. D'autre part, les objectifs sont différents, les missions militaires sont intangibles alors que les compagnies civiles optimisent les routages et les capacités et remplissages des avions. La problématique militaire de maintenances d'aéronefs en maximisant la disponibilité des aéronefs induit la classe de problèmes FMP (Flight and Maintenance Planning) déjà étudié

dans [2, 6, 7]. Les FMP de la littérature concernent souvent des flottes d'hélicoptères, où les contraintes réglementaires et techniques diffèrent de celles des Mirage 2000 français. Comme algorithmes de résolution de FMP, [6] élabore un algorithme glouton, tandis que [7] utilise une résolution frontale PLNE. FMP admet plusieurs critères d'optimisation, nous référons à [2] pour une étude multi-objectif.

### **Modélisation PLNE**

Des premiers travaux ont élaboré une modélisation PLNE, ce qui a permis d'itérer agilement avec l'Armée de l'air sur la définition des contraintes et des objectifs.

La modélisation PLNE du problème sans stockage présente des similarités avec [1, 4]. Les décisions de haut niveau sont les dates de maintenances, variables discrètes et indexées par le temps, tandis que les heures de vols, décisions de bas niveau, nécessitent des variables continues. La régénération d'heures de vol est déterminée par les maintenances, les heures de vols restantes du précédent cycle étant perdues, ce qui apporte une simplification par rapport à [1, 4]. La différence majeure par rapport à [1, 4] est que les affectations de missions induisent des variables binaires dans les décisions de bas niveau. Des contraintes de durées minimales d'affectation en mission peuvent être écrites sans rajouter de variables binaires supplémentaires en utilisant la formulation de [5].

L'ajout de stockages est original par rapport à [7], et nécessite de nouvelles variables binaires. Les contraintes de durées minimales en stockage peuvent s'écrire avec la formulation de [5]. Pour avoir une formulation plus économe en variables binaires, l'hypothèse raisonnable d'avoir au plus une phase de stockage entre deux maintenances a été faite pour écrire la contrainte permettant au stockage de repousser les butées calendaires.

Différents critères d'optimisation peuvent être considérés: minimiser un coût financier, minimiser les heures de vols perdues aux butées calendaires, maximiser la robustesse du planning à des nouvelles missions ou des pannes, lisser les périodes de maintenances et les utilisations des aéronefs autour de l'activité moyenne. La PLNE permet de considérer séparément chacun de ces objectifs précédents.

### **Résolution PLNE et matheuristiques**

Notre implémentation a utilisé OPL et Cplex version 12.6 pour les résolutions PLNE frontales et OPL script pour calculer successivement plusieurs PLNE. Les instances opérationnelles fournies par l'Armée de l'Air s'étendent sur un horizon maximal de 10 ans, avec une discrétisation au mois, pour un parc comportant au maximum une centaine d'avions.

La résolution PLNE s'est avérée plus difficile qu'escomptée en comparant aux résultats de [1]. Même sans stockage, la résolution PLNE est inefficace pour trouver des solutions réalisables sur les grandes instances. Avoir une majorité de variables binaires dans l'optimisation de bas niveau via l'affectation des missions est pénalisant pour les heuristiques primales de Cplex. Cela s'avérait également difficile sur la phase de preprocessing de Cplex, ce qui a nécessité des opérations manuelles de preprocessing avec OPL.

Pour aboutir à des solutions réalisables sur le modèle sans stockage, des matheuristiques ont tout d'abord restreint la combinatoire PLNE par des preprocessing heuristiques, dont des stratégies de fixations de variables basées sur les relaxations continues. Cela a permis de pouvoir calculer des solutions primales pour toutes les instances, en nécessitant des temps de calculs encore trop longs pour le besoin de l'Armée de l'Air. Des stratégies gloutonnes permettent d'aboutir rapidement à de bonnes solutions.

Ayant une solution primale connue, l'hybridation de l'heuristique VNS (Variable Neighborhood Search) avec des voisinages PLNE, permet d'améliorer des solutions réalisables, comme utilisée dans [3, 1]. Différentes fixations de variables peuvent restreindre l'exploration de solutions, sur des tailles de voisinages où la résolution PLNE est efficace. Cette approche est générique, permettant de traiter les modèles avec ou sans stockage.

## References

- [1] Dupin, N.: Modélisation et résolution de grands problèmes stochastiques combinatoires: application à la gestion de production d'électricité. Ph.D. thesis, Lille 1 (2015)
- [2] Kozanidis, G., Skipis, A.: Flight and maintenance planning of military aircraft for maximum fleet availability: a biobjective model. In: 18th Internat Conf on Multiple Criteria Decision Making (2006)
- [3] Lazic, J., Hanafi, S., et al.: Variable neighbourhood decomposition search for 0-1 mixed integer programs. *Computers & OR* 37(6), 1055–1067 (2010)
- [4] Lusby, R., Muller, L., Petersen, B.: A solution approach based on Benders decomposition for the preventive maintenance scheduling problem of a stochastic large-scale energy system. *J Sched* 16(6), 605–628 (2013)
- [5] Rajan, D., Takriti, S.: Min-Up/Down Polytopes of the Unit Commitment Problem with Start-Up Costs. Tech. rep., IBM Research Report (2005)

[6] Steiner, A.: A heuristic method for aircraft maintenance scheduling under various constraints. In: Proceedings of the 6th Swiss Transport Research Conference. Ancona, Italy (2006)

[7] Verhoeff, M., Verhagen, W., Curran, R.: Maximizing operational readiness in military aviation by optimizing flight and maintenance planning. Transportation Research Procedia 10, 941–950 (2015)

## **VI. Abréviations**

AdT : armée de terre

ADS : armées, directions et services

AO : analyse opérationnelle

ARO : analyse et recherche opérationnelle

BARO : bureau d'analyse et de recherche opérationnel

BITD : base industrielle et technologique de défense

BPLAN : bureau plans

CEM : chef d'état-major

CDEC : centre de doctrine et d'enseignement du commandement

CFCU : cours de formation des futurs commandants d'unité

CFT : commandement des forces terrestres

CHEM : cours des hautes études militaires

CNES : centre national d'études spatiales

DAJ : direction des affaires juridiques

DEM : diplôme d'état-major

DGA : direction générale de l'armement

DGSIC : direction générale des systèmes d'information et de communication

DIRISI : direction interarmées des réseaux d'infrastructure et des systèmes d'information

DRM : direction du renseignement militaire

EBO : effect based operations

EDG : école de guerre

EFR : état final recherché

EM : état-major

EMA : état-major des armées

EMAT : état-major de l'armée de terre

GAFA : Google, Apple, Facebook, Amazone

MGx : major généraux

MOBEX : mobilité extérieure

OPS : opérations

OTAN : organisation du traité de l'atlantique nord

ONU : organisation des nations unies

PIB : produit intérieur brut

PLNE : programmation linéaire en nombres entiers

REO : référentiels en organisation

RETEX : retour d'expérience

RMA : révolution dans les affaires militaires

RH : ressources humaines

RO : recherche opérationnelle

SARO : section d'analyse et de recherche opérationnelle

SCA : service du commissariat des armées

SGA : secrétariat général à l'administration

SI : système d'information

SIAG : système d'information d'administration et de gestion

SIO : système d'information opérationnel

SIOC : système d'information opérationnel et de commandement

SIST : système d'information scientifique et technique

SOP : standard operation procedure

SSA : service de santé des armées

UE : union européenne

UN : organisation des nations unies