

Pourquoi et Comment modéliser



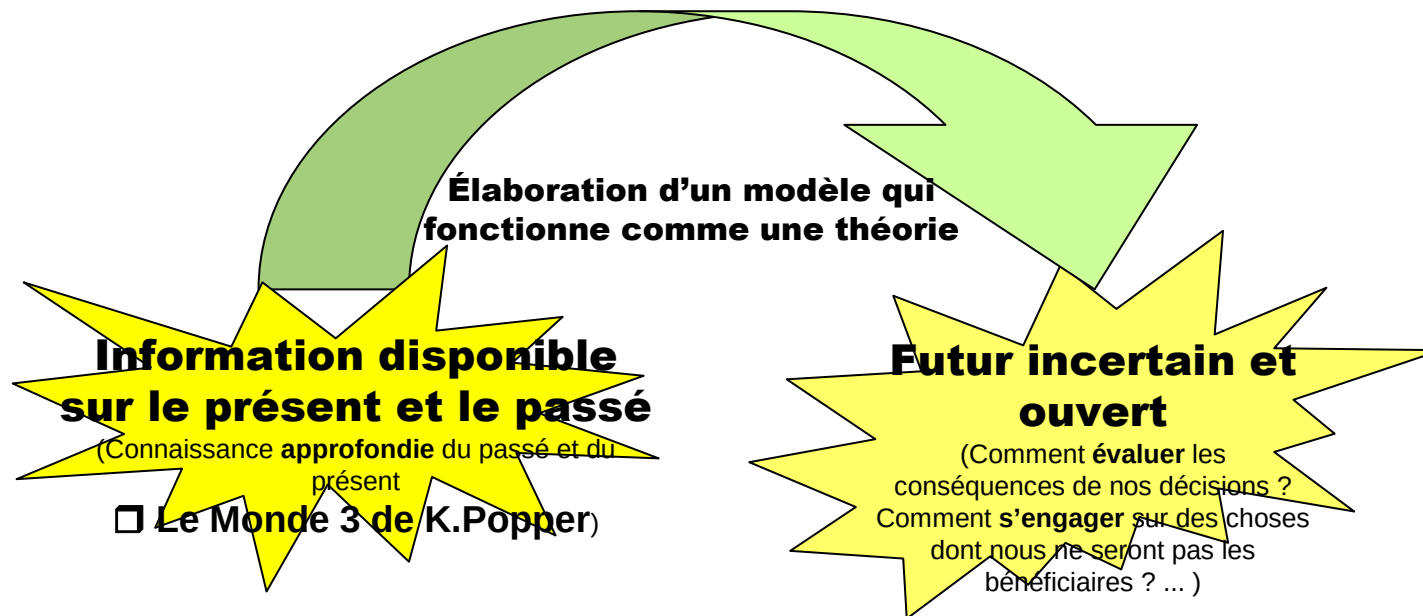
Un exemple de modélisation

Cohésion et cohérence sémantique des unités actives – Le cas des systèmes C4ISTAR

Réflexion sur les modèles [*C]

↳ Prédire n'est pas expliquer

- On attend du modèle qu'il nous **dise quelque chose sur ce qui risque de nous arriver** ... mais est-ce une **explication** ?



Mais le modèle ne contient rien de plus que ce que le modélisateur y a mis, consciemment ou inconsciemment !!!

- Tous les systèmes informatisés sont des modèles
- Tous les modèles, informatisés ou non, **fabriquent des artefacts**

C'est quoi, une théorie physique ???

↳ Ce que nous disent les physiciens :

Pierre Duhem : ... C'est un système de **propositions mathématiques**, déduites d'un **petit nombre de principes**, qui ont pour but de **représenter** aussi simplement, aussi complètement et aussi exactement que possible, un ensemble de **lois expérimentales**

John von Neumann (6ème problème de Hilbert : Le traitement mathématique des axiomes de la physique) ➞ Son livre *Fondements mathématiques de la mécanique quantique*

↳ Une théorie physique [c'est-à-dire un modèle] est faite de 3 parties

- Des axiomes issus du monde physique
- Un formalisme
- Une interprétation

✓ C'est-à-dire, en application de la thèse de Church-Turing, une machine informationnelle, un logical design, façon von Neumann

Les 12 Principes de modélisation

N°1 : ☐ Il faut développer un modèle pour résoudre un problème particulier, et ne jamais modéliser pour le plaisir.

N°2 : ☐ Les activités de modélisation architecturale doivent être **intégrées dans le cycle de vie** de tout projet système, et ce dès le début du cycle de vie.

N°3 : ☐ Il faut rester en permanence **lucide** sur les vertus supposées de la modélisation en pratiquant un **principe de simplicité/sobriété**, en ajustant le niveau d'abstraction, le tout couplé à un questionnement et un doute systématique ⇒ pourquoi avons nous besoin de cela ? dans quel but ? Pour quel résultat ? Avec quels moyens, techniques, humains, ... ?

N°4 : ☐ La dynamique naturelle de l'**évolution d'un système** dans son environnement fait qu'il est extrêmement difficile de cerner la réalité « vraie » du système, ce qui est **dans** le système, ce qui est **dehors**, et où est la frontière dedans/dehors. Il ne faut donc jamais hésiter à utiliser tous les outils et/ou méthodes qui paraissent appropriés à la levée de toutes les incertitudes opérationnelles : modèles à files d'attente, logique temporelle pour synchroniser les processus, évolution et croissance fonctionnelle, socio-dynamique des acteurs, etc. ... et ne **jamais oublier son bon sens**.

N°5 : ☐ Il faut intégrer **toutes les dimensions** humaines et techniques du système d'information à construire, et ce **dès le début** du projet.

N°6 : ☐ La modélisation est d'autant plus efficace qu'elle est **pratiquée de façon itérative** à partir d'interrogations conjointes entre les clients, les parties prenantes et l'architecte.

N°7 : ☐ La modélisation « boîte noire », sans rétroaction avec les clients, doit être bannie : les « clients » doivent être impliqués dans le processus architectural **dès le départ**.

N°8 : ☐ La validation d'un modèle architectural est un **processus continu** dont le but est de **donner confiance dans le modèle**, et in fine dans le système, tant du point de vue de l'architecte du modèle, que du point de vue des clients & des métiers qui valident, in fine, les résultats. La **fidélité** du modèle est un élément de maîtrise de la complexité.

N°9 : ☐ L'obtention rapide, dès le début de cycle de vie, d'un **modèle préliminaire simple** « mais non simpliste » qui « marche », i.e. donne des résultats compréhensibles, est fondamentale pour **crédibiliser** l'approche vis à vis des parties prenantes : on ajoutera les détails plus tard, et seulement si c'est nécessaire, un modèle à gros ou moyens grains pouvant se révéler suffisant. Le cas des performances est emblématique de cette bonne pratique où de simples règles de trois permettent souvent de découvrir des énormités.

N°10 : ☐ Un modèle **complet & cohérent à gros grain** est plus important qu'une accumulation de détails, souvent sans intérêt par rapport à l'objectif, qui dans tous les cas nuisent à la compréhension, ce qui est un objectif primordial de toute modélisation. Le trop est toujours l'ennemi du bien.

N°11 : ☐ L'expérience de l'architecte système, son savoir-faire, son sens du compromis, **est primordiale : il faut éviter de faire appel à des novices ignorant du métier qui ne connaissent que les outils de modélisation**. L'outil n'est qu'un moyen, jamais une finalité.

N°12 : ☐ Les modèles développés pour maîtriser la complexité des systèmes de l'entreprise doivent être considérés comme des **actifs de l'organisation**, i.e. leur valeur d'usage et un élément de son patrimoine numérique, au même titre que le code source des programmes et les tests. Ils doivent être gérés comme tel, en configuration et en traçabilité, dans l'espace et dans le temps, par l'organisation de l'ingénierie, développement et maintenance. C'est une raison suffisante pour en **minimiser** le nombre.

Comment poser *ET* résoudre un problème ?

☞ George Polya, *How to solve it* et *Les mathématiques et le raisonnement plausible*

COMPRENDRE LE PROBLÈME

- Quelle est l'inconnue ? Quelles sont les données ? Quelles sont les conditions ?
- Faire un schéma. Introduisez la notation appropriée.

CONCEVOIR UN PLAN

- Connaissez-vous un problème qui s'y rattache ? Pourriez-vous vous en servir ?
- Trouver le rapport entre les données et l'inconnue.
- Considérer des problèmes auxiliaires si vous ne pouvez trouver un rapport immédiat.
- Vous devez obtenir finalement un plan de la solution.

METTRE LE PLAN À EXÉCUTION

- Vérifier chaque détail du plan l'un après l'autre.
- Pouvez-vous voir clairement si ce détail est correct ? Pouvez-vous démontrer qu'il est correct ?

EXAMINER LA SOLUTION OBTENUE

- Pouvez-vous vérifier le résultat ? Pouvez-vous vérifier le raisonnement ?
- Pouvez-vous obtenir le résultat différemment ? Pouvez-vous le voir d'un seul coup d'oeil ?
- Pouvez-vous vous servir du résultat ou de la méthode pour quelque autre problème ?

Outils et méthodes

↳ **Fondamentalement : Théorie des automates et systèmes à états/transitions – ASM** [Abstract

State Machine ➡ Yuri Gourevitch, actuellement chez Microsoft] ; J-R.Abrial, *Machine B*

↳ **Méthodes soutenues par des langages :**

- SADT/SART – UML – SysML
- StateChart de D.Harel, A.Pnueli
- Apport important des **Télécommunications** [CCITT/UTI] avec **ASN.1, SDL**
- Jean-Raymond Abrial, *B book*
- Années 90-2000 ➡ **BPMN/BPML** [sur base ASM]

↳ **Bonnes pratiques :**

- NASA, INCOSE, ISO15288 – En France J-P.Meinadier

Les systèmes C4ISTAR – La gestion des crises

**Cf. Projet GMES de la CE ; les
Livres Blancs sur la Défense &
Sécurité, ...**

LA LEGION

cohorte 1 cohorte 2 cohorte 3 cohorte 4 cohorte 5 cohorte 6 cohorte 7 cohorte 8 cohorte 9 cohorte 10

CT O CT O CT O CT O CT TSC

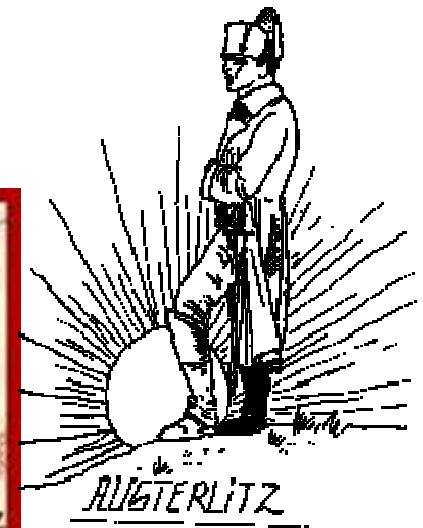
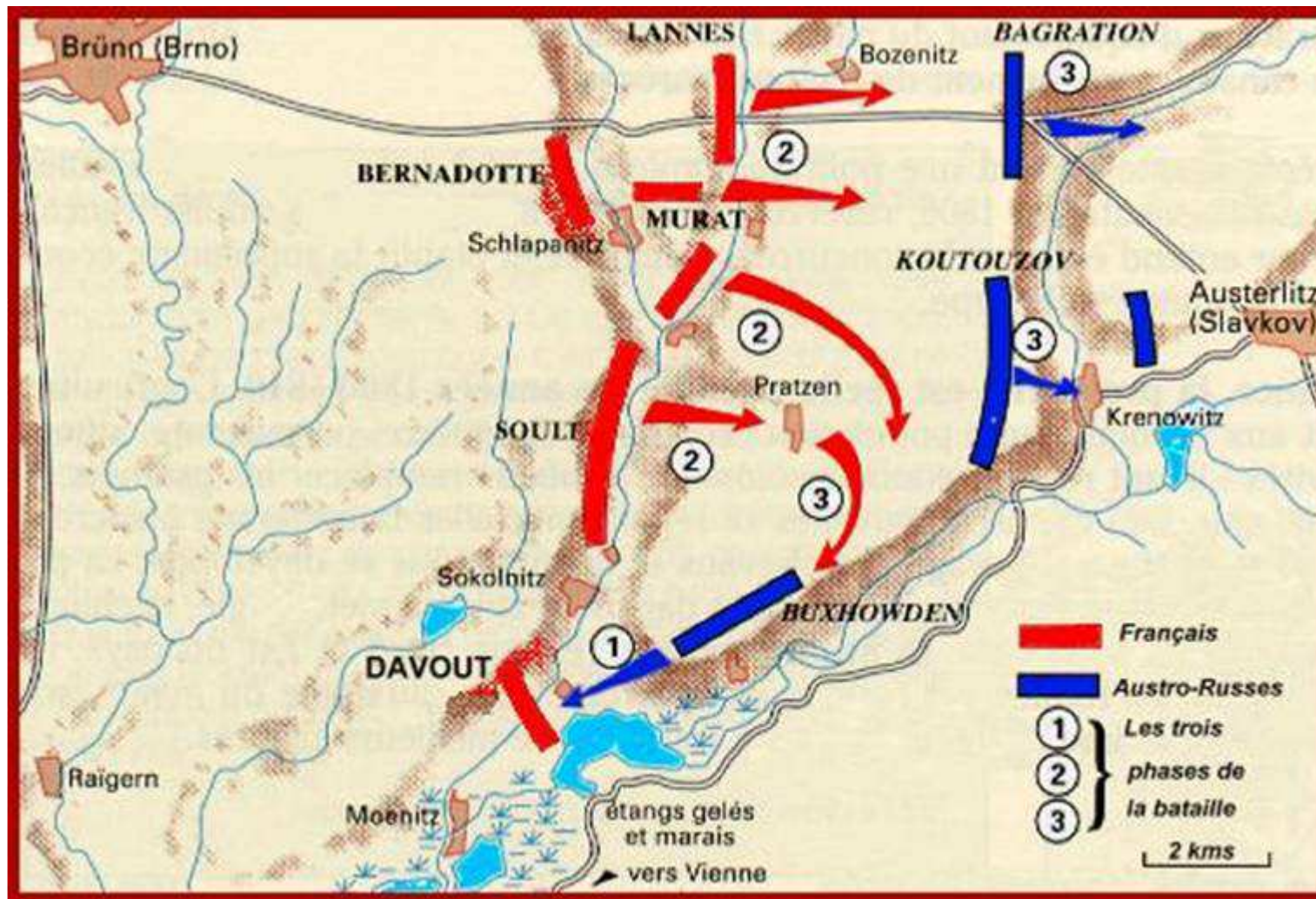
120 cavaliers ,
éclaireurs et
estafettes

primus pilus CT praefectus
castrorum TSC aquilifer 5 tribuni angusticlavii
legatus tribunus laticlavii

cf: centurion
o: optio
t: tessarius
c: cornicem
s: signifer

This illustration depicts a massive battle formation, likely the Battle of the Colles during the Mongol conquest of the Khwarezmian Empire. The scene is set in a vast, open, yellowish-brown landscape. In the foreground, a long, single-file line of siege engines, specifically catapults or trebuchets, stretches across the frame. Behind them, the Mongol army is organized into dense, rectangular formations of soldiers on horseback. The soldiers are dressed in blue and red tunics, and many carry long lances. Red flags are planted at intervals within the formations. In the background, a line of soldiers on horseback is visible against a pale, hazy sky. The overall style is that of a historical painting or a detailed illustration, capturing the scale and organization of the Mongol military.

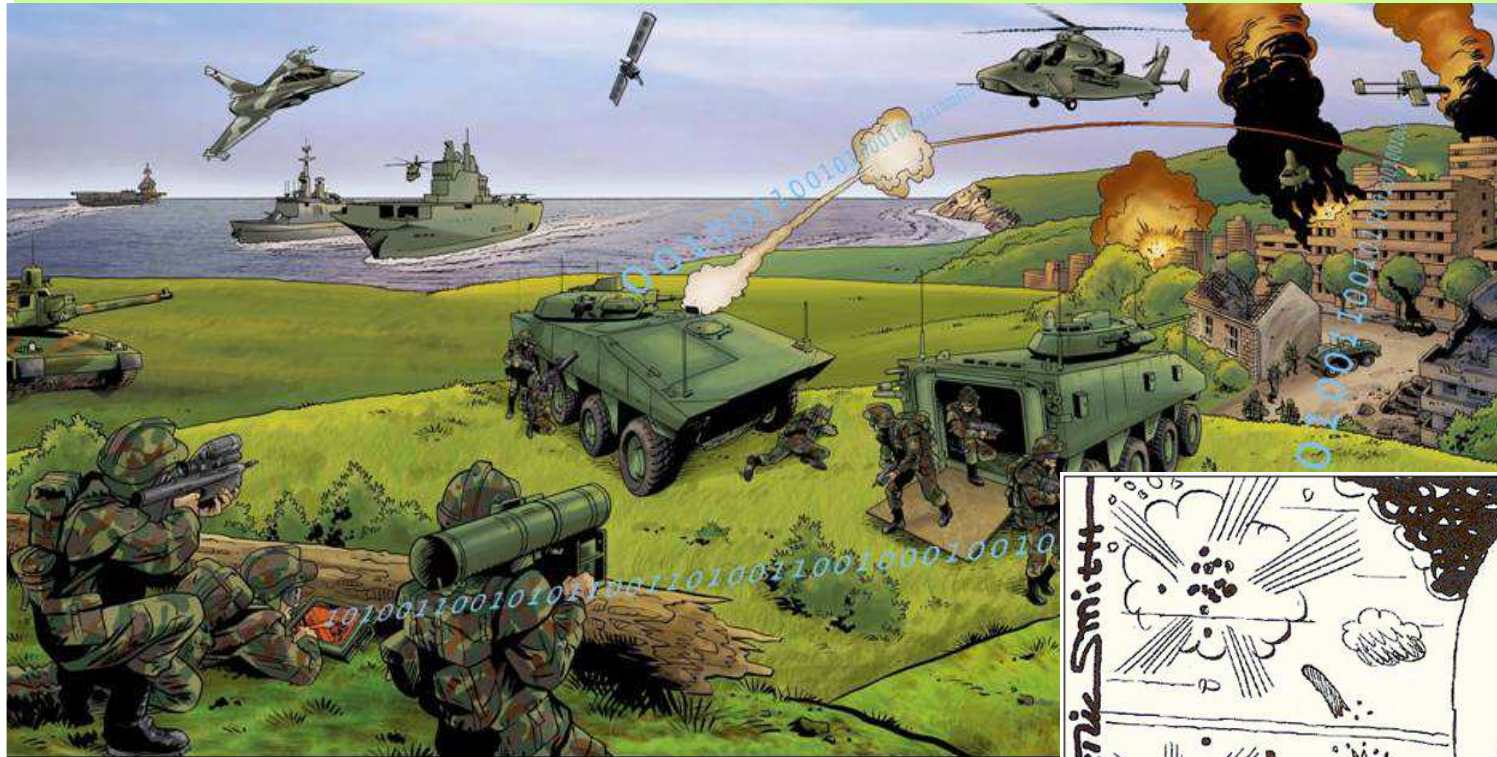
Champ de bataille – Aspect dynamique



Cf. les manuels de tactique, et plus particulièrement, K. von Clausewitz, *Vom Kriege*.

Bulle Opérationnelle Aéroterrestre

→ Comment/Pourquoi modéliser la guerre des drones



→ Pour [re]trouver un état d'équilibre, l'apparent chaos doit être hautement organisé

Cf. les Livres Blancs, Défense et Sécurité, 2008, 2013



Le scénario Fukushima

les systèmes de **gestion des crises** → catastrophes naturelles, industrielles, économiques, humanitaires, ... , émeutes, attentats, guerres, ... Etc. ... Etc.

Sources documentaires :

- projet EC GMES (<http://www.gmes.info/>)
- LB 2008, 2013 *Défense et sécurité* (<http://www.livreblancdefenseetsecurite.gouv.fr/>), etc.)



Un tremblement de terre de puissance 8,9 sur l'échelle de Richter, 11/03/2011, 5h46mn



Suivi d'un tsunami, 51mn plus tard avec des vagues de 25-30 mètres, sur un front de 300 km

3 réacteurs de la centrale explosent, du 12 au 15/03, suite à la décomposition de la vapeur d'eau $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$, qui libère de l'hydrogène hautement explosif à température normale

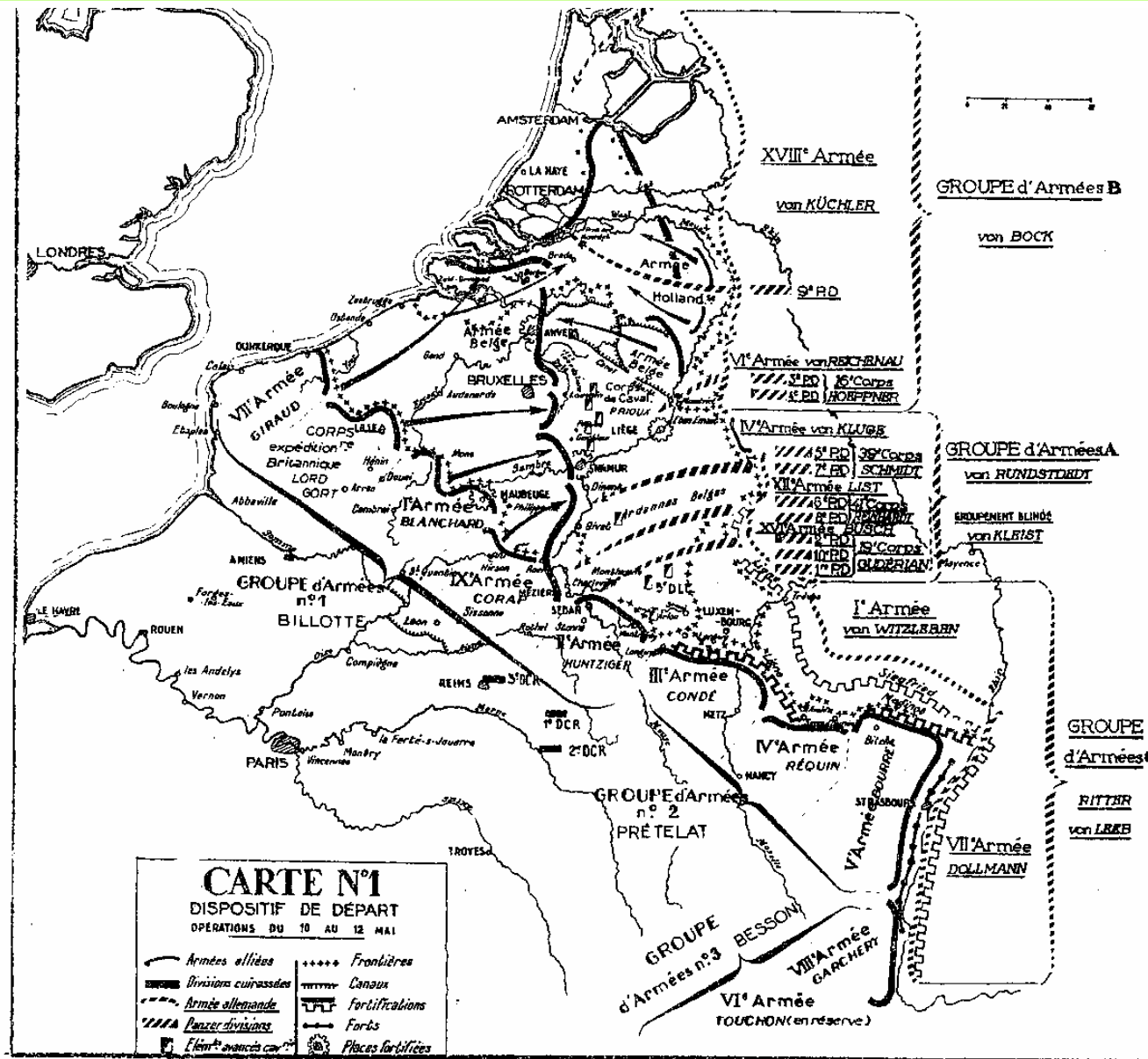


☐ Quelles aides peuvent apporter **la systémique et les systèmes d'information** pour gérer les conséquences d'un tel événement ?

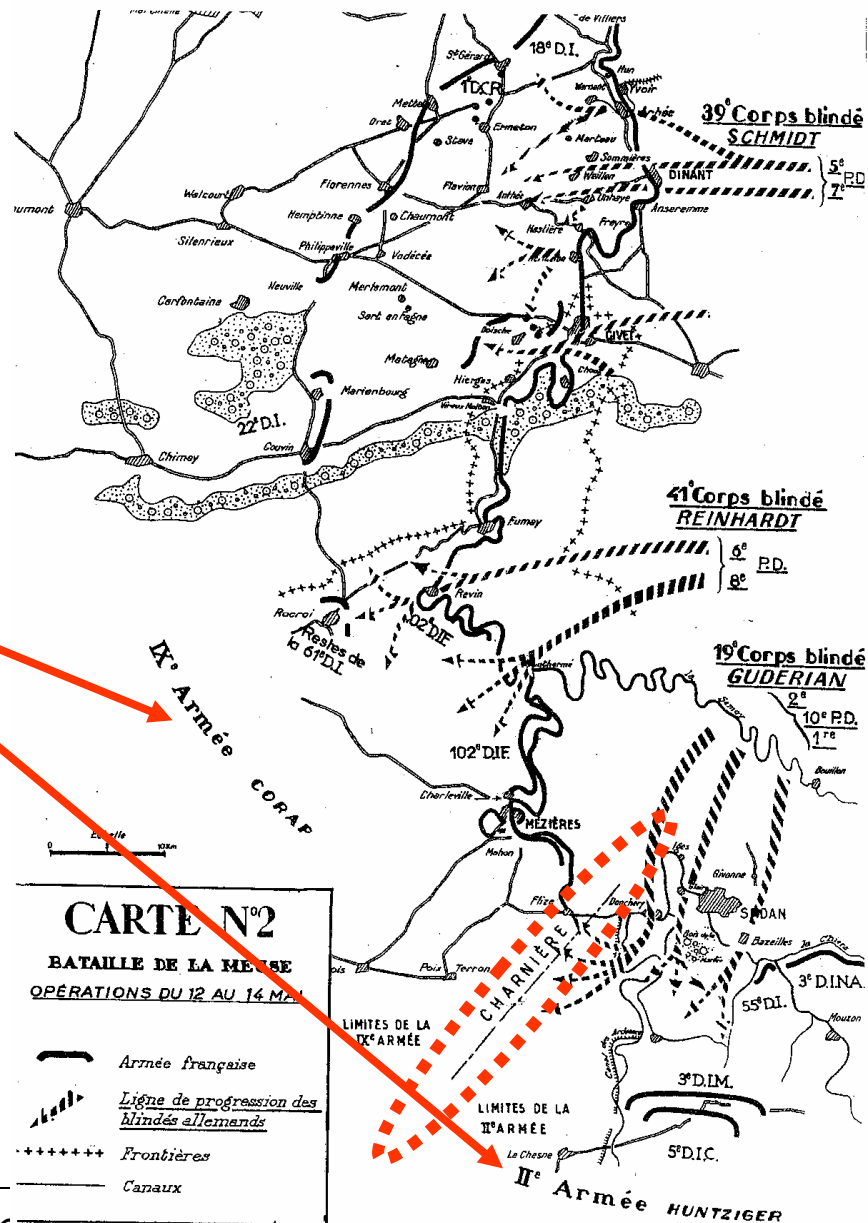
I. Qu'est ce qu'une armée : comment ça marche ?

Qq. Exemples

La campagne de France 10 Mai 1940/1 [*C]



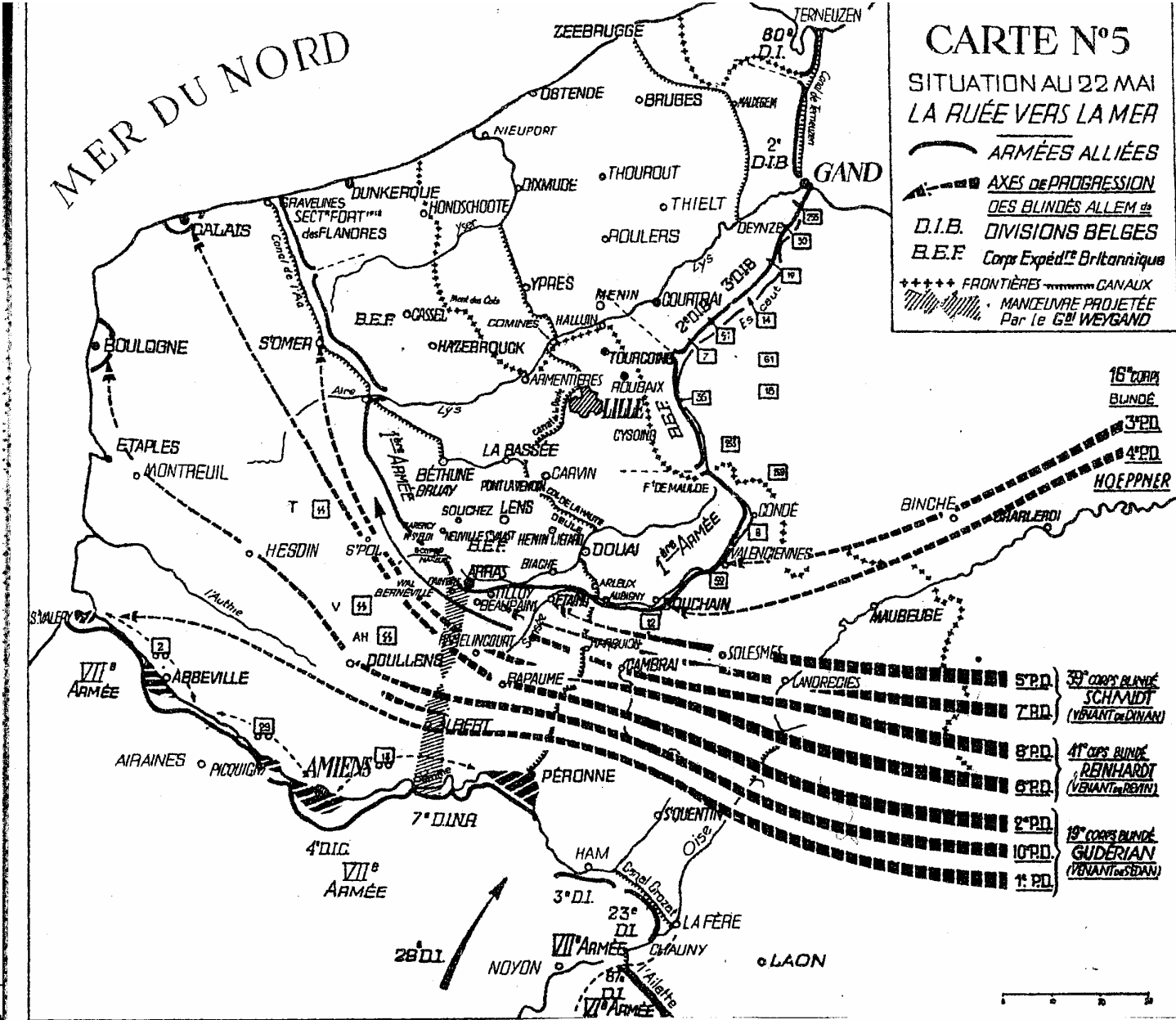
La campagne de France 10 Mai 40/2 [*C]



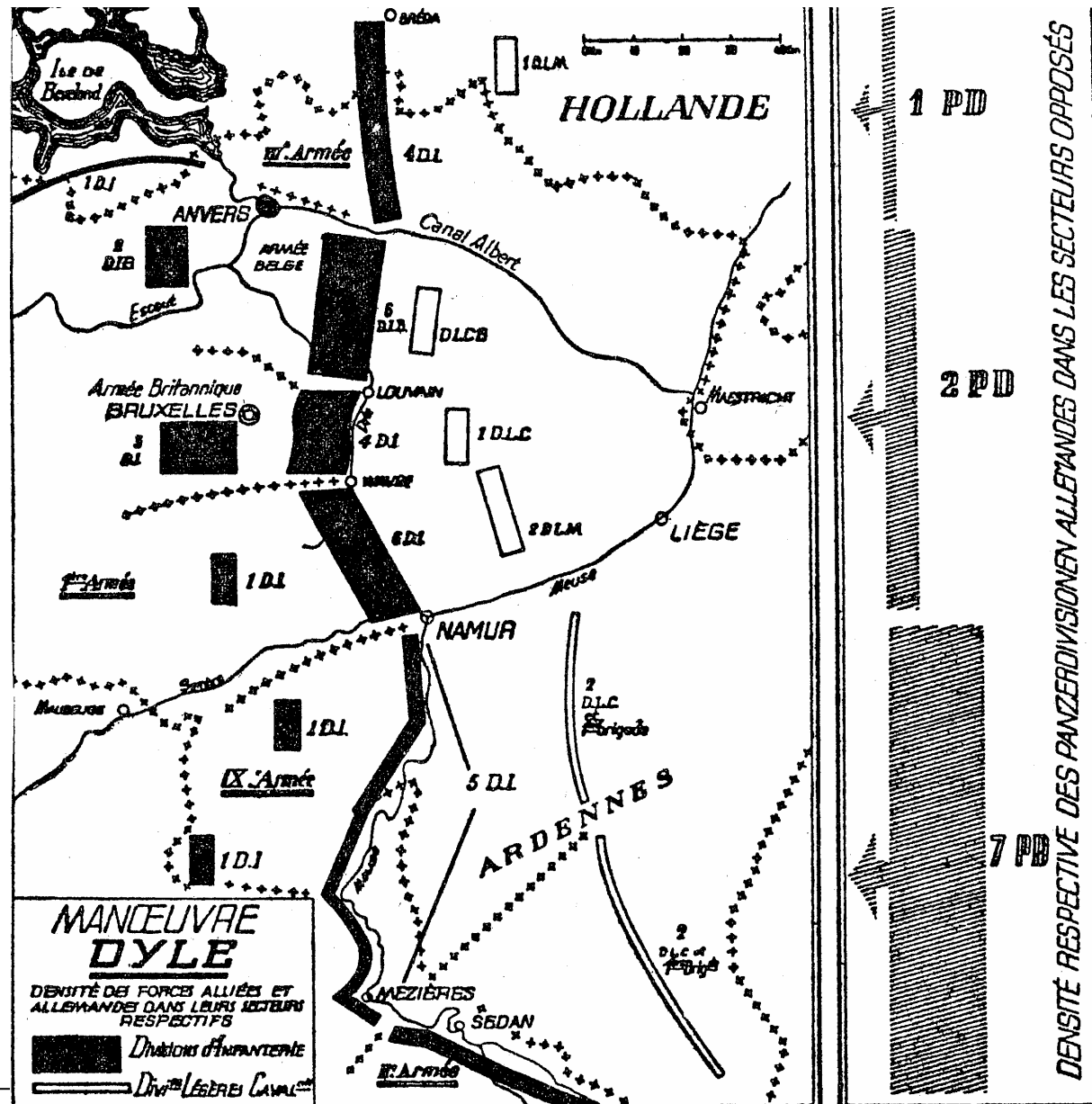
Communication entre ces deux armées ????

3 Panzer Division
→ Le marteau de la Wehrmacht

La campagne de France 10 Mai 1940/3 ^[*C]

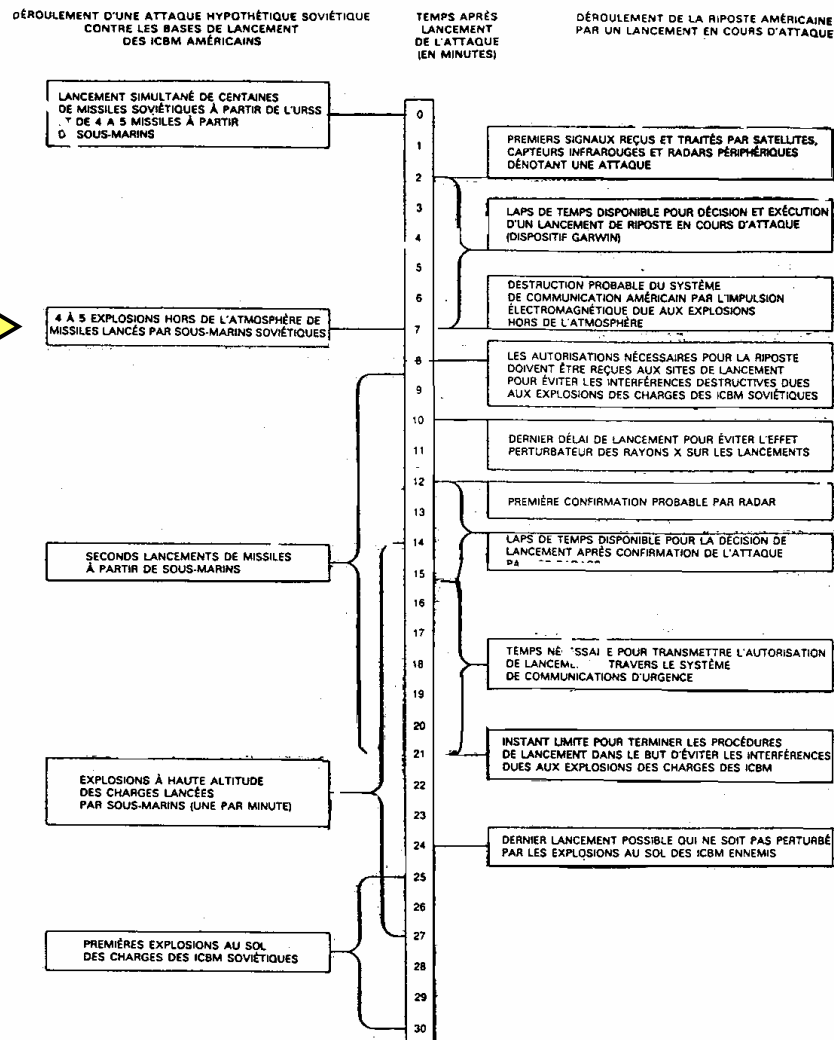
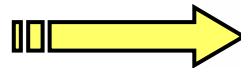


La campagne de France 10 Mai 1940/4 [*C]



La crise des missiles de Cuba [*C]

**Tout est joué
en 6-7 min.**



**Le temps de
la décision**

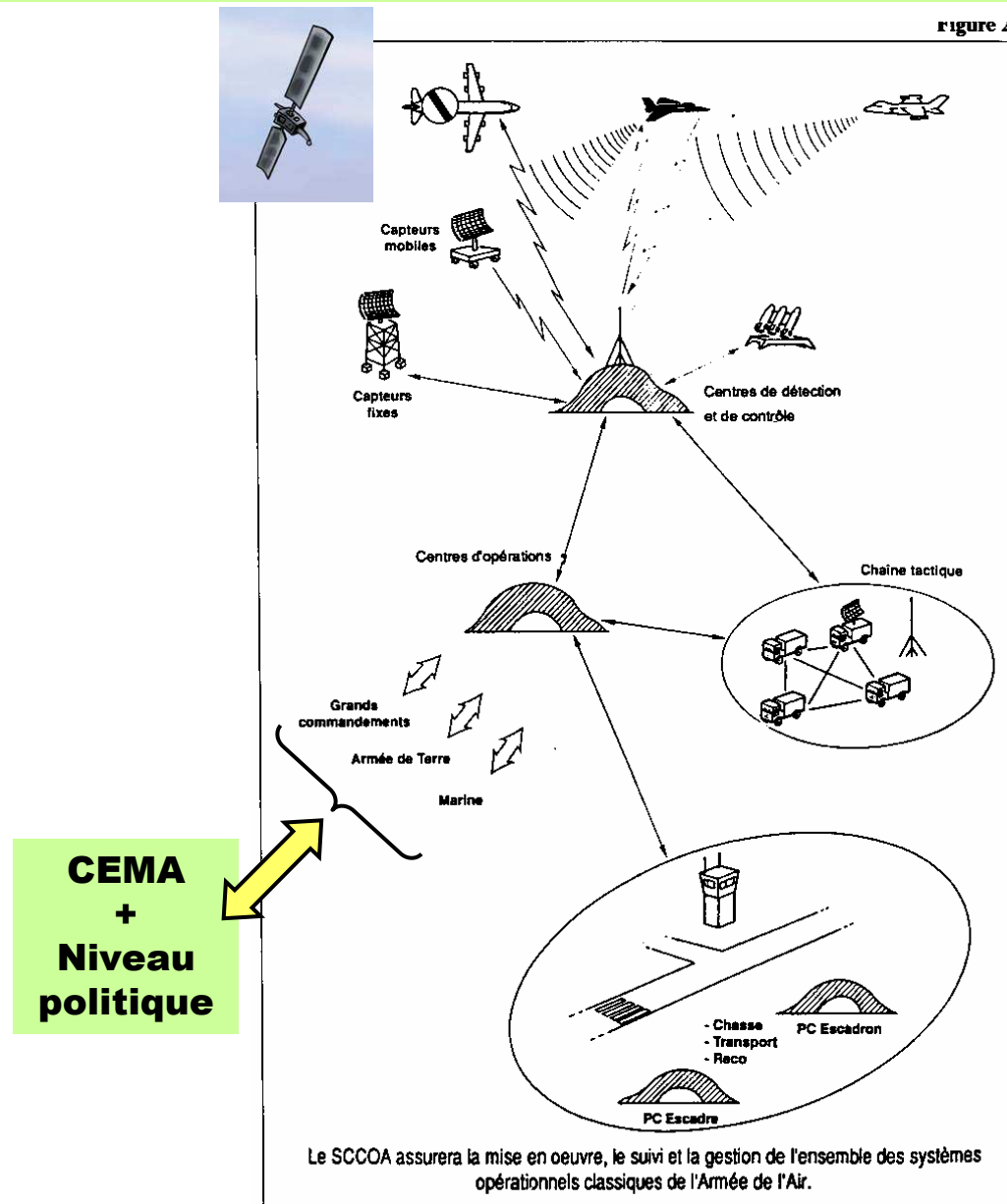
Source :

Prof. J.Steinbruner, *Launch under attack*

1. SÉQUENCE HYPOTHÉTIQUE DES ÉVÉNEMENTS qui suivraient le déclenchement d'une attaque nucléaire préventive de l'URSS sur des installations de lancement de missiles balistiques intercontinentaux (ICBM). La bonne exécution d'une telle attaque dépend d'un déroulement très contrôlé dans le temps, tout comme la bonne exécution d'un lancement de représailles « en cours d'attaque ». Le système de commandement des Minuteman américains serait

exposé à de graves coupures pendant le laps de temps nécessaire à la confirmation de l'attaque et à l'exécution d'une contre-attaque. Une solution très automatisée du « lancement en cours d'attaque » a été imaginée par Richard Garwin qui - pour éviter tout risque de coupure - prévoit le lancement des missiles de représailles dans les cinq minutes qui suivent la première indication de l'attaque. (SLBM est le sigle correspondant aux missiles balistiques lancés par sous-marins.)

Exemple d'un système de détection [*C]



Caractéristiques générales des crises [*C]

↪ **La soudaineté et l'imprévisibilité**

- Impossibilité de la planification ⇒ méta plans, scénarios, ...

↪ **La localisation dans l'espace et dans le temps**

↪ **L'évolution imprédictible ⇒ Non déterminisme**

- Il y a toujours des opportunités pour qui sait les exploiter

↪ **La mobilisation de moyens non prévus à l'avance et la capacité de projection de ces moyens**

- État réel (et non supposé) de ces moyens ? Sont-ils opérationnels ?

↪ **Qualité des communications**

- Harmoniser le temps humain (Temps « réfléchi », par opposition au temps réflexe des équipements informatiques / électroniques / autres ...)

↪ **Haut niveau des décisions (pouvoir politique ➡ Synthèse ?!)**

- Et non réversibilité des décisions

✓ Cf. Graham Allison, *Essence of decision*

↪ **Les risques attaché à toute décision**

- Pertes économiques, humaines, environnementales, violation de la loi, ...

✓ Cf. Diane Vaughan, *The challenger launch decision*

...

Qu'est ce que gérer une crise ?

⇒ **Distinguer/Identifier la vraie crise [Le *noyau dur*] du bluff et/ou des contingences médiatiques ⇒ lucidité, prudence et courage**

- Mobilisation des armées européennes en août 1914 ; Point de non retour → début de la mobilisation – L'attaque allemande de Mai 1940 – Le D-day 6/6/44
- L'implantation des SS20 soviétiques dans les années 80

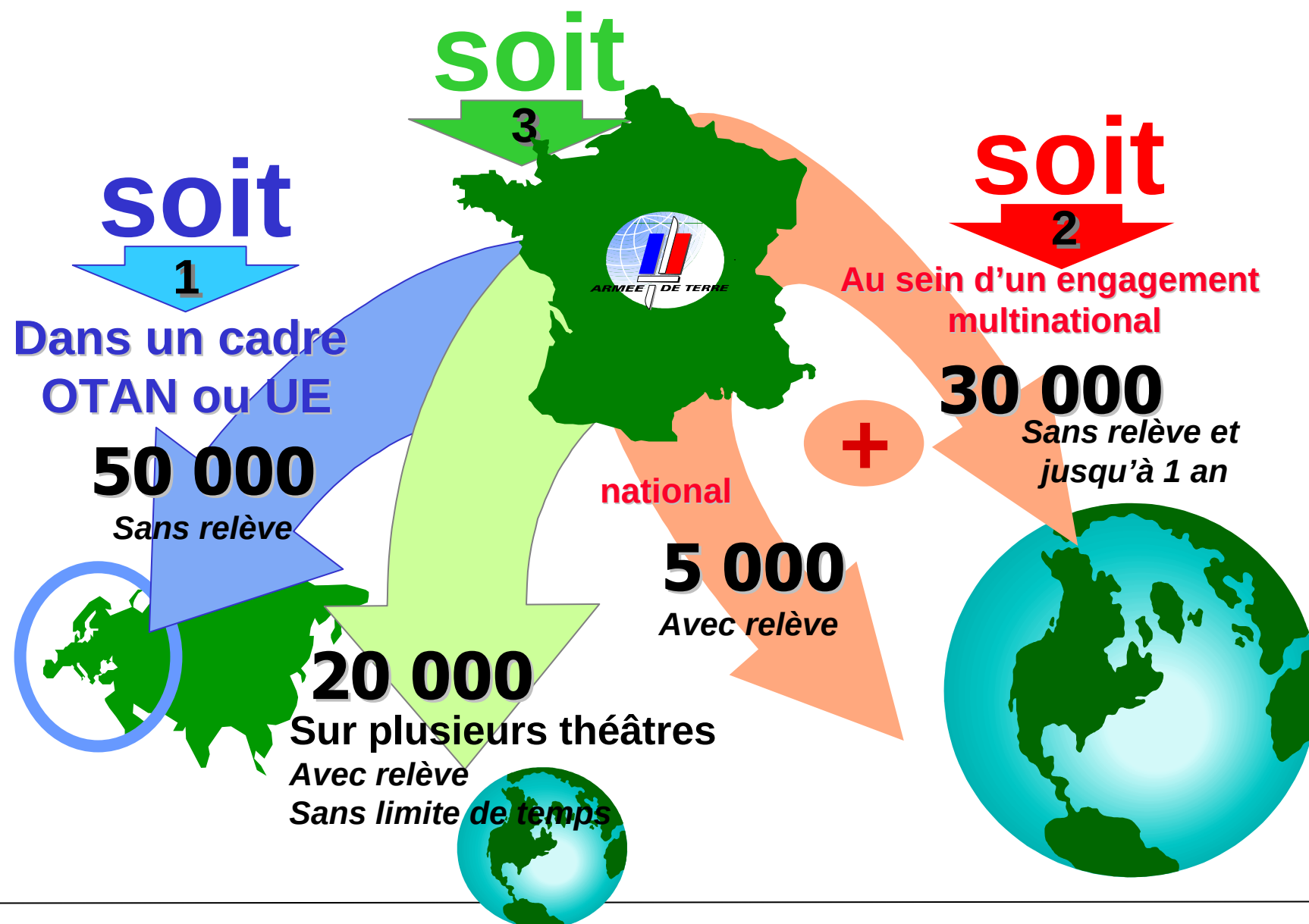
- **Jeux des parties prenantes** : rationnel, ou ... ???

⇒ **Faire des choix dans l'incertitude ⇒ Décider**

⇒ **Armée : ensemble de moyens mobilisables à la demande du niveau politique, en quantité limités, projetables sur le théâtre de crise [*logique capacitaire*]**

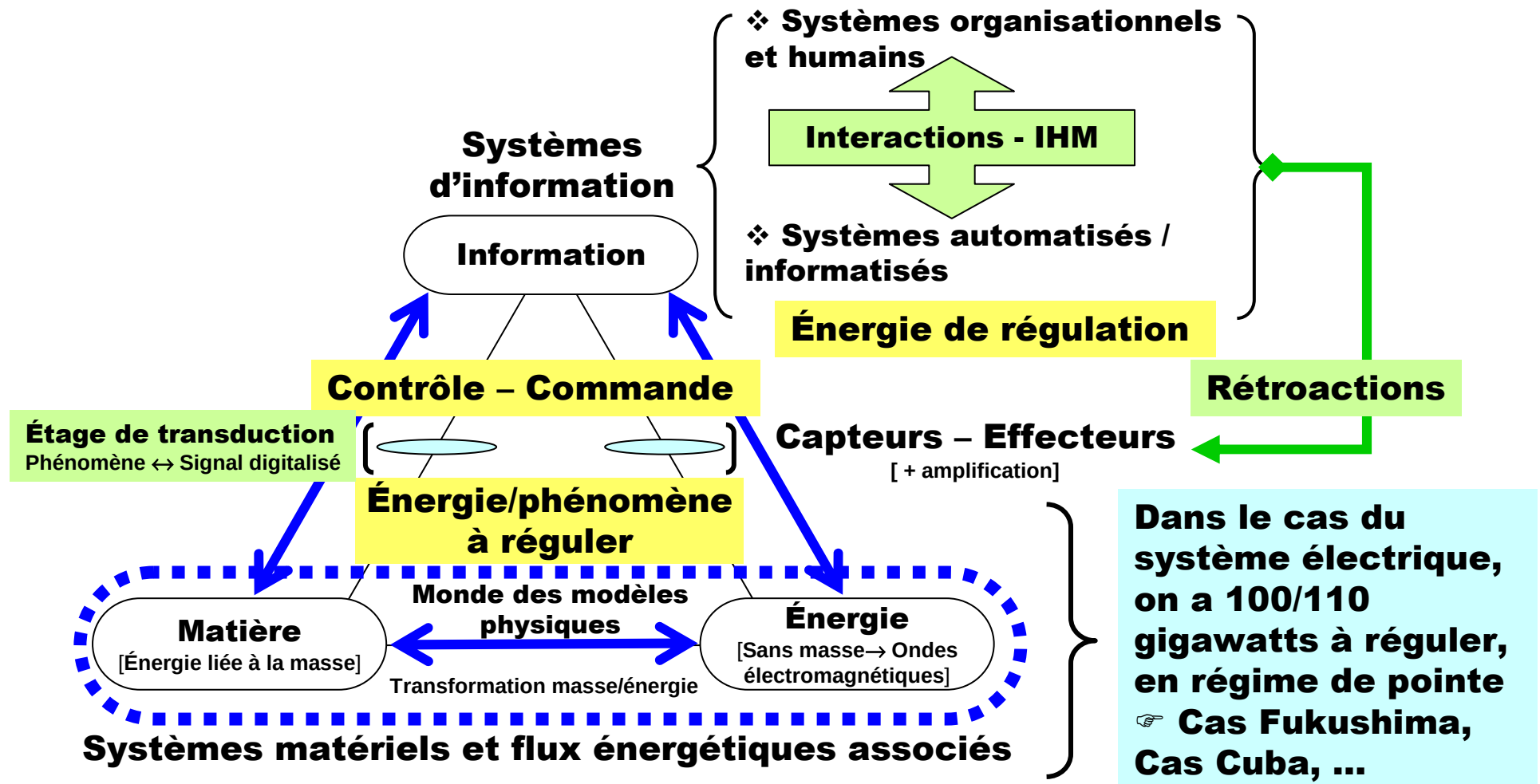
- Distinction entre une armée d'opérette (défilés) et une armée opérationnelle apte à la manœuvre → Capacités réelles
 - Disponibilité des moyens techniques et humains bien entraînés
 - Organisation dynamique hautement adaptable → Logique capacitaire
 - Coûts des équipements + masse critique (cf. phénomènes de rupture)
- **Risques** omniprésents – Sûreté – Prudence
 - Mais pas le principe de précaution qui paralyse l'action

CONTRAT OPERATIONNEL DE L'ARMEE DE TERRE [*C]

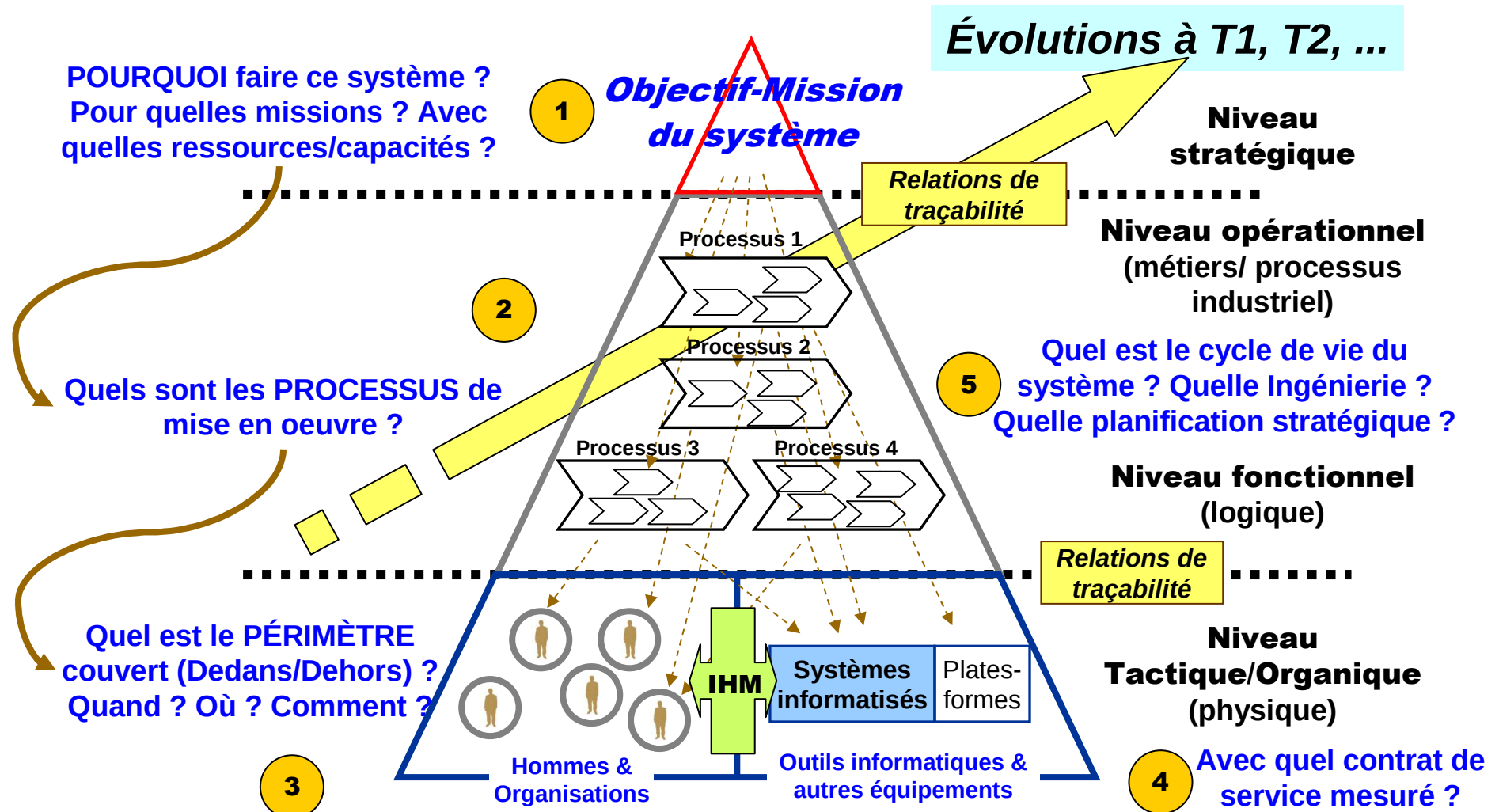


II. Informatisation des armées : une aide, une nécessité ou une fragilité ?

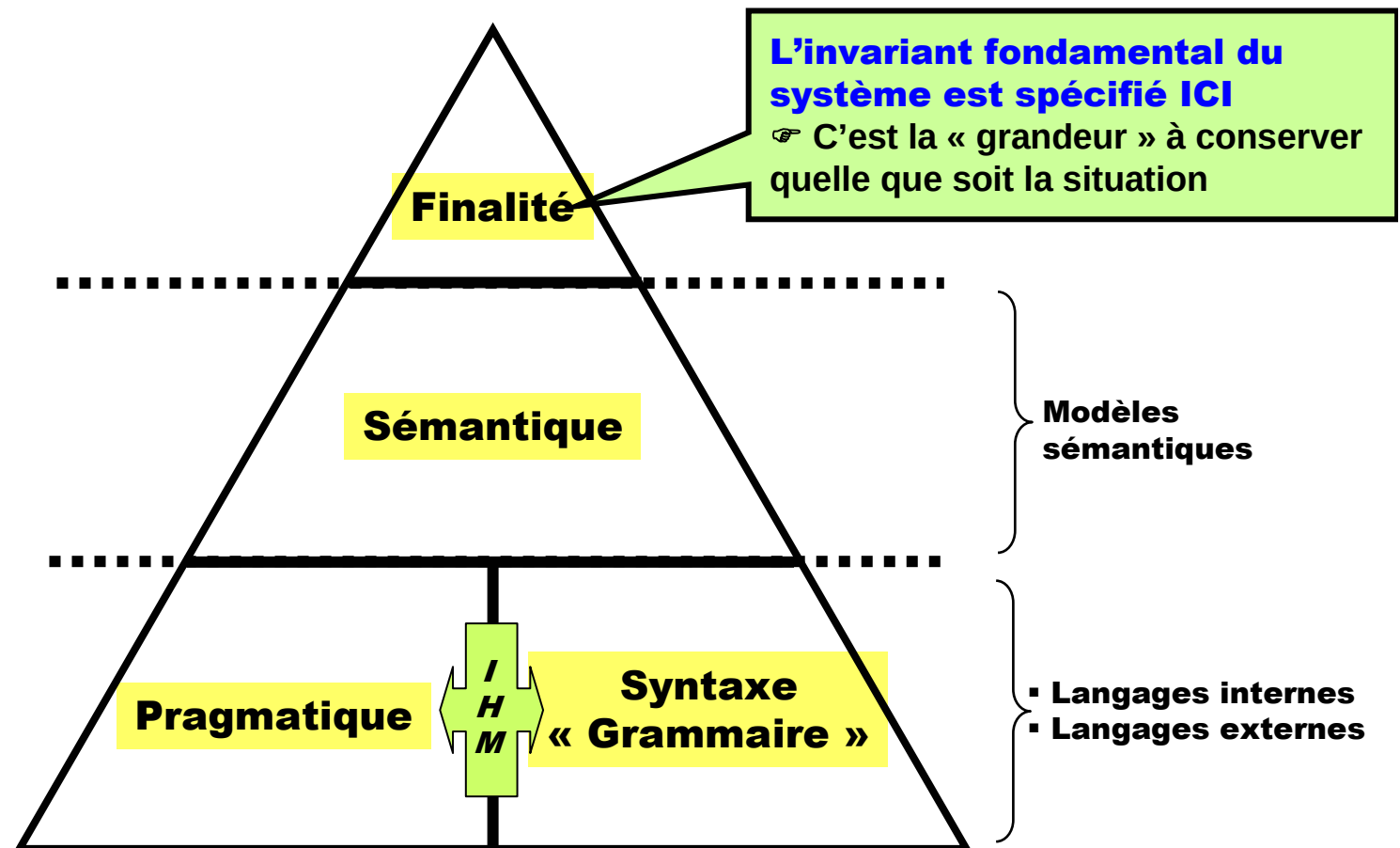
Une « physique » de l'information



Le triangle d'or de l'IS

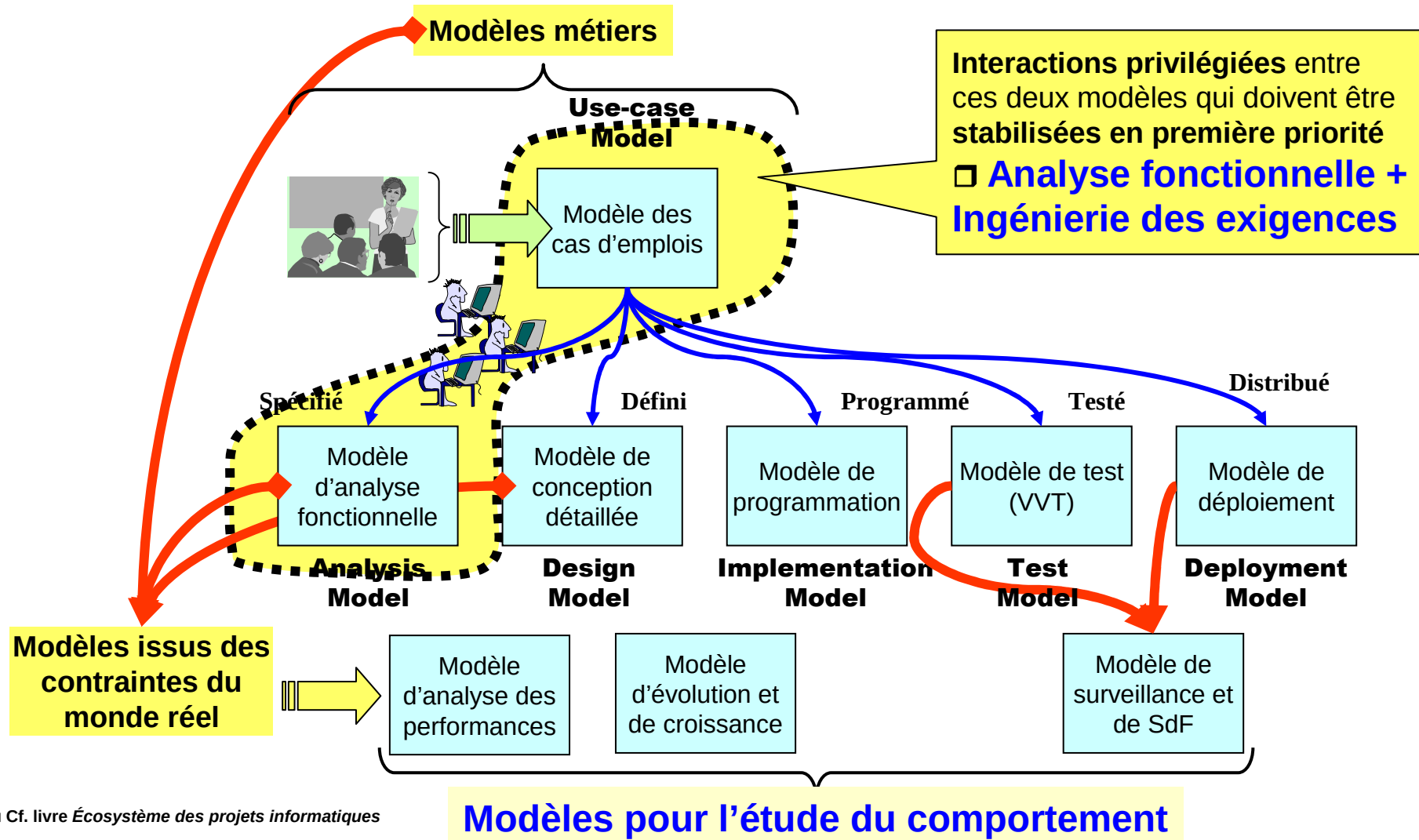


Le système d'information comme langage

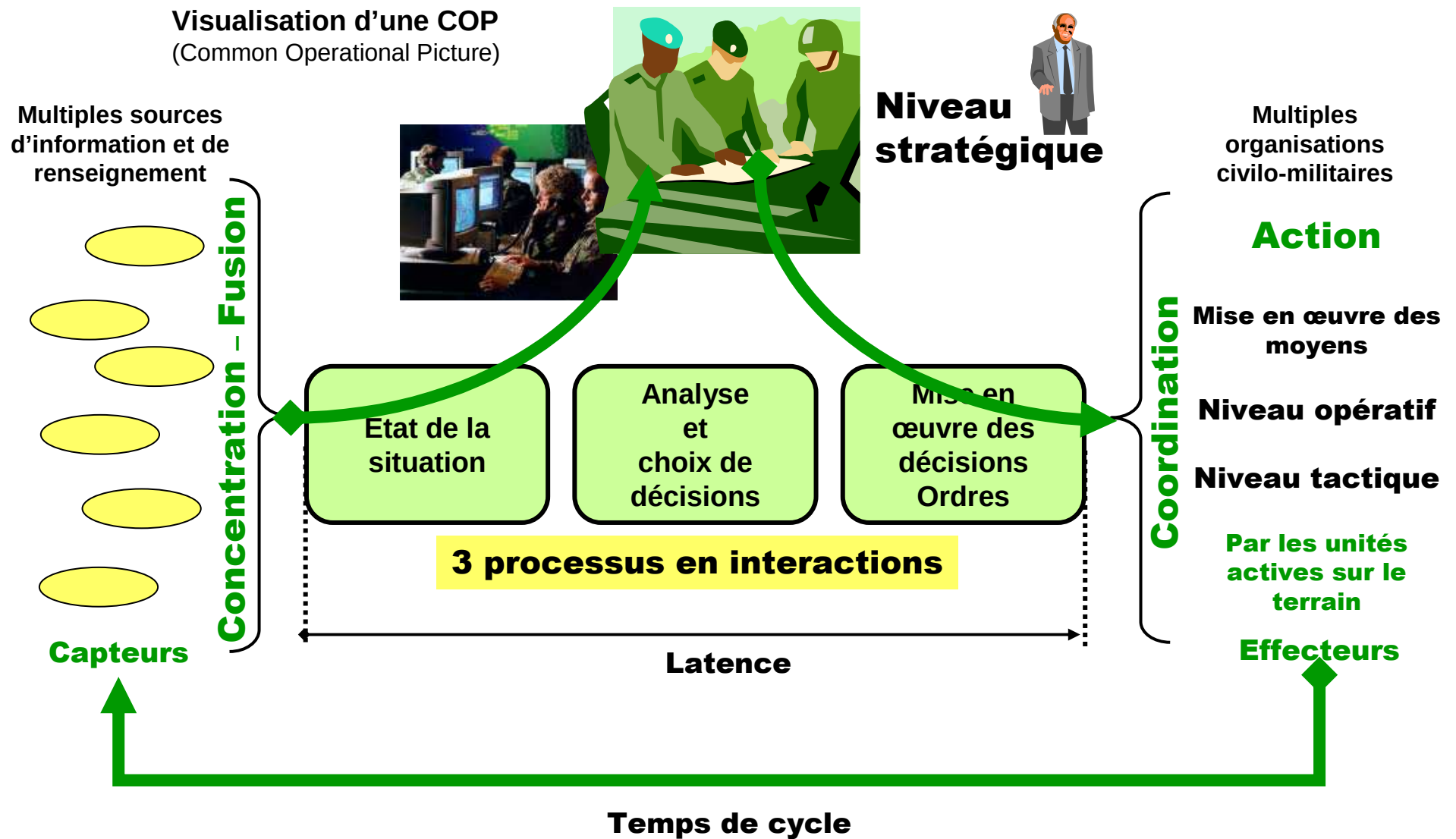


☞ Ce n'est ni plus ni moins que la mise en œuvre concrète de la thèse de Church-Turing

Modèles – Interactions entre modèles

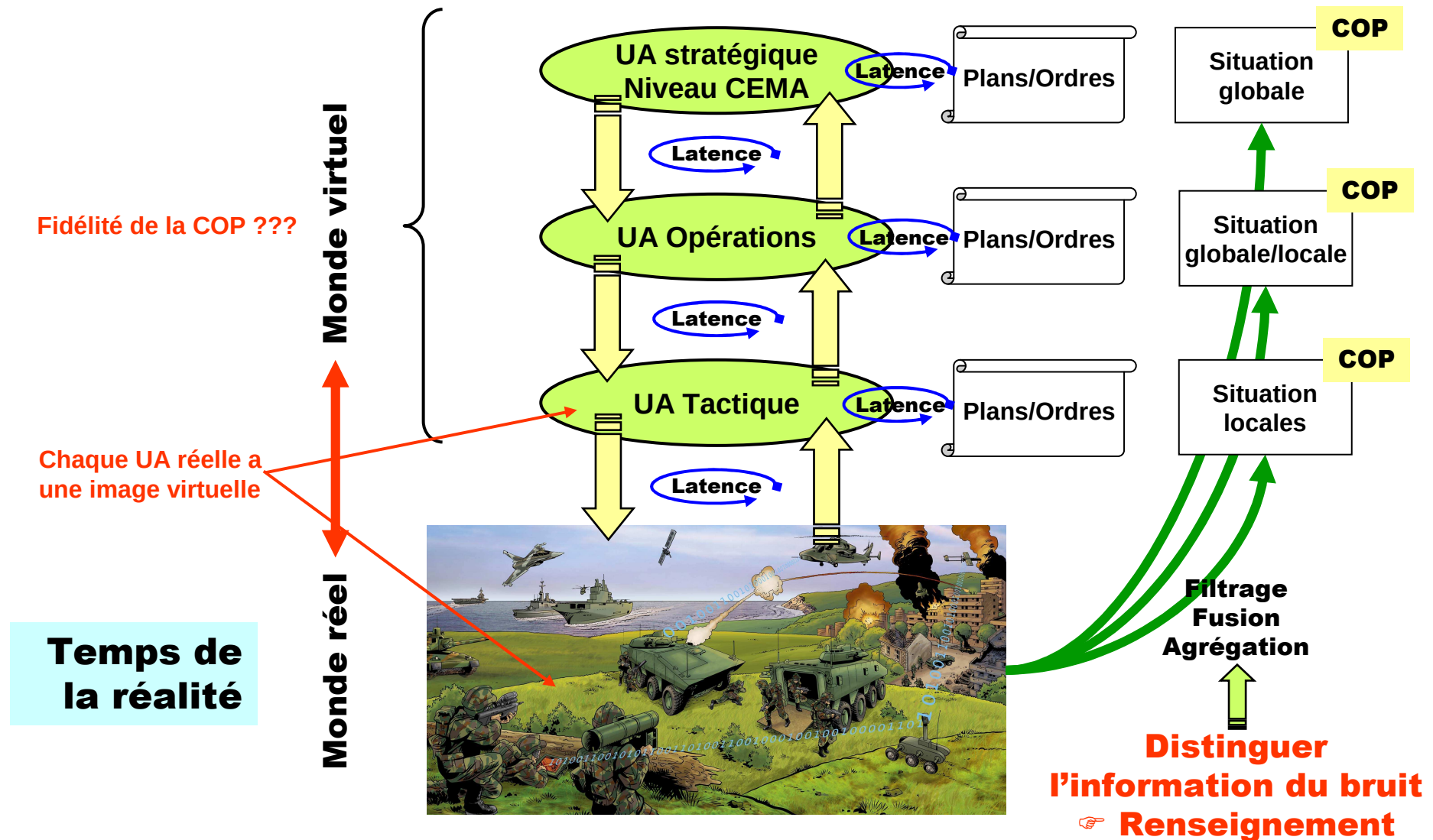


La crise : point de vue systémique/1 [*C]



La crise : point de vue systémique/2 [*C]

Temporalités - Interactivités



Raisonner collectivement sur les crises

↳ Méthodes MARS / MEDO → Aides à la planification (Maréchal Foch : « **Apprenez à penser** »)

✓ MARS / Méthode interarmées d'appréciation et de raisonnement sur des situations militaires - MEDO / Méthode d'élaboration d'une décision opérationnelle ↳ Les P6x6 [↳ Origine Dept, Psycho. Harvard]

- Comment **agir de façon rationnelle dans l'incertitude**

- ✓ En **entrée** : la situation
- ✓ En **sortie** : Ensemble d'ordres cohérents ⇒ **Interprétation** des ordres
- ✓ En **opérations** : remontée des informations, au bon moment, et au bon niveau de commandement

- En **cohérence** avec les alliés (OTAN)

- ✓ **Interopérabilité des doctrines**

↳ Une **inconnue** : Réactions de l'adversaire

- ✓ Théorie des jeux - Rôle de la RAND (Cf. T.Schelling, *Strategy of conflict*)
- ✓ Théorie des choix et des comportements (Cf. D.Kahneman, A.Tversky)

↳ **Rétroactions cohérente** avec le « terrain »

- ✓ Organisation des remontées d'information - Écarts planifié/réalisé
- ✓ Exploiter les opportunités

La notion d'unité active et la hiérarchisation des décisions/actions

↳ Origine : l'économiste François Perroux

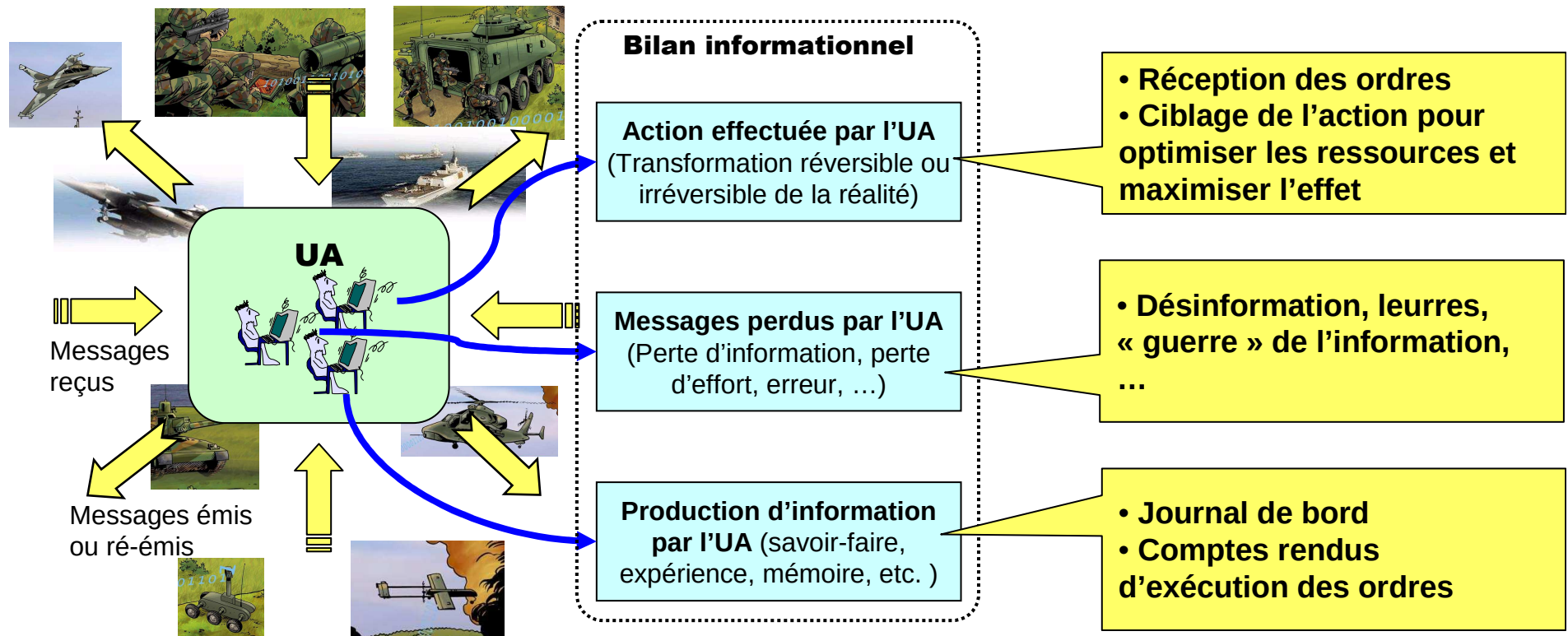
- Repris par Th. De Montbrial (IFRI, co-auteur *Livre blanc* 1994), dans son ouvrage : *L'action et le système du monde*, PUF.
 - ✓ Praxéologie - Sciences des conflits/décisions - Choix rationnels - etc.

↳ C'est une **logique de l'action** (*processus de transformation + pilotage*) **orientée vers une finalité, un but, un objectif**

- ✓ Cf. Analogie avec la notion de projet
- Les niveaux, la localisation (là) et l'instant (maintenant)
 - ❑ **Stratégique** → Conception globale de la manœuvre / Niveau politique
 - ❑ **Opératif** → Mise en œuvre, métier par métier + coordination
 - ❑ **Tactique** → Le plus fin, du point de vue du commandement (Exp : le combattant informatisé FELIN)

✓ Cf. Analogie avec les chaînes de valeur de M.Porter

L'information, moteur de l'action : l'unité active UA et son contexte



Bien distinguer :

- Le milieu externe (environnement global) de l'UA, et les modalités d'interactions avec ce milieu (**hostile**) ⇒ Actions / Réactions de l'adversaire
- Le milieu interne de l'UA, ses ressources, et les capacités/moyens directement gérés par l'UA (**consommable**)

Nature des problèmes de défense et informatisation des solutions

↪ Problèmes que l'ordinateur **peut** résoudre

- ✓ Historiquement, la balistique, les bombes atomiques, ...
- ✓ Les liaisons tactiques (commandement des opérations aériennes, avions AWACS, planification des vols, Etc.)
- ✓ Interception de missiles, Tir de contrebatterie, Etc.

↪ Problèmes que le commandement **doit** résoudre ⇒ **Décisions**

→ Le laisser faire, la non décision sont des **décisions paradoxales**

Niveau politico stratégique + CEMA

- ✓ La conception globale de la manœuvre et la décision ultime
- ✓ Les arbitrages stratégiques

Niveau politique (budget de la défense) + DGA

- ✓ La conception des nouveaux systèmes (Plan à 30 ans)

Visualiser l'information : Retour de l'icône et du langage idéographique [*C]

↳ **Dans les années 80s, apparition quasi simultanée de l'écran « bitmap » et de l'impression laser, puis de la couleur**

- On peut communiquer avec l'ordinateur à l'aide de dessins
- Apparition d'une **idéographie indépendante des langues naturelles des usagers**

↳ **L'interface Homme Machine IHM subit une évolution majeure et passe d'un **mode texte à un mode graphique** → Multimédia**

- L'image 2D capte de façon naturelle certaines propriétés topologiques immédiatement perceptibles par notre cerveau
- Navigation hiérarchique, hypertexte (*mais respect de la règle 7 ± 2*)

Classer les objets de la réalité

Le langage du Mil.Std. 2525B, *Common warfighting symbology*

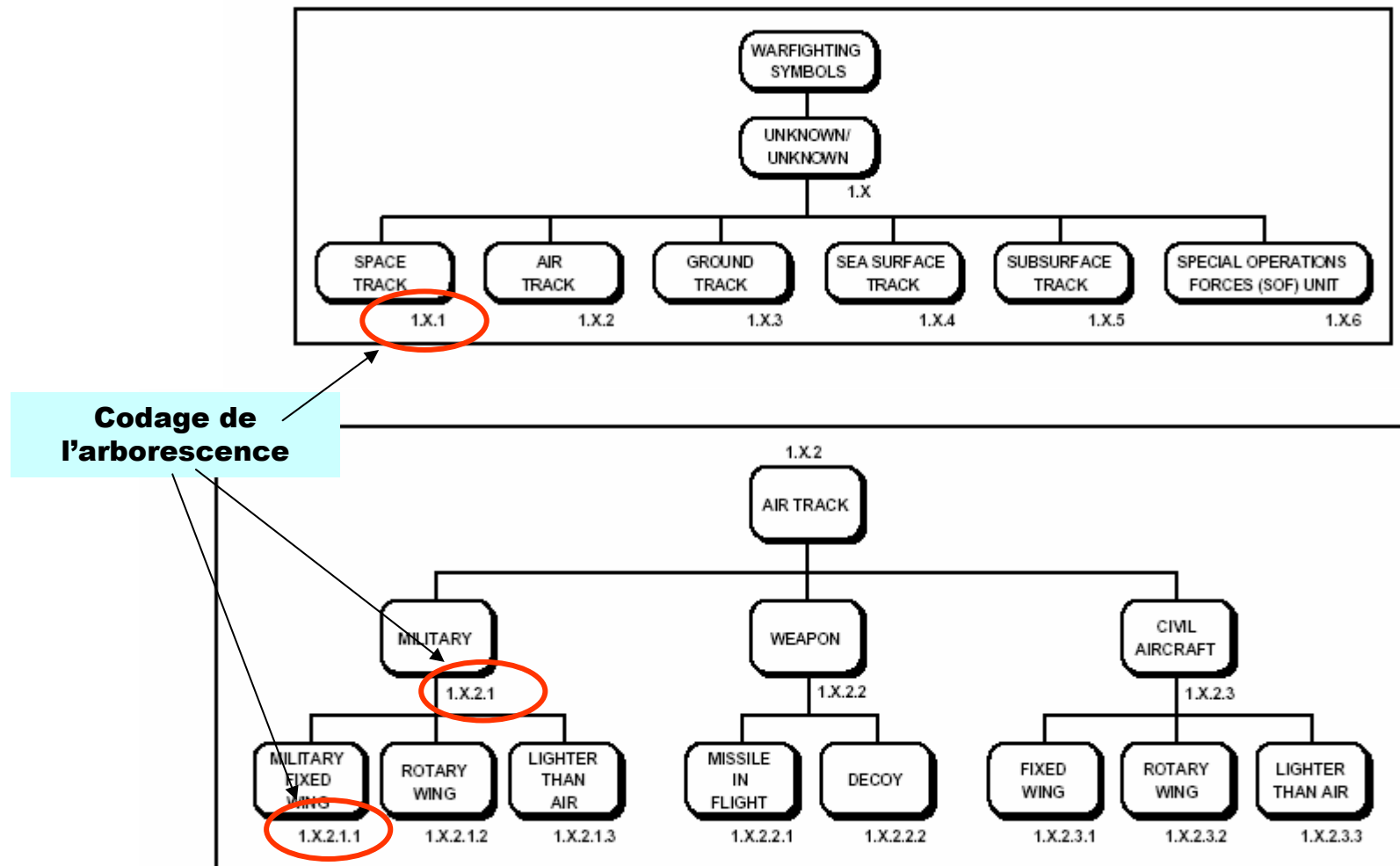
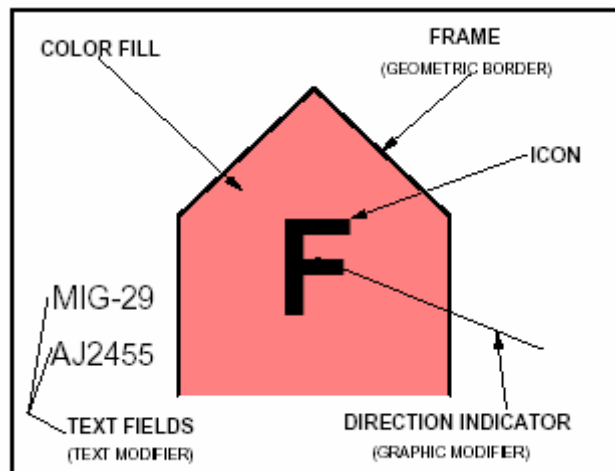
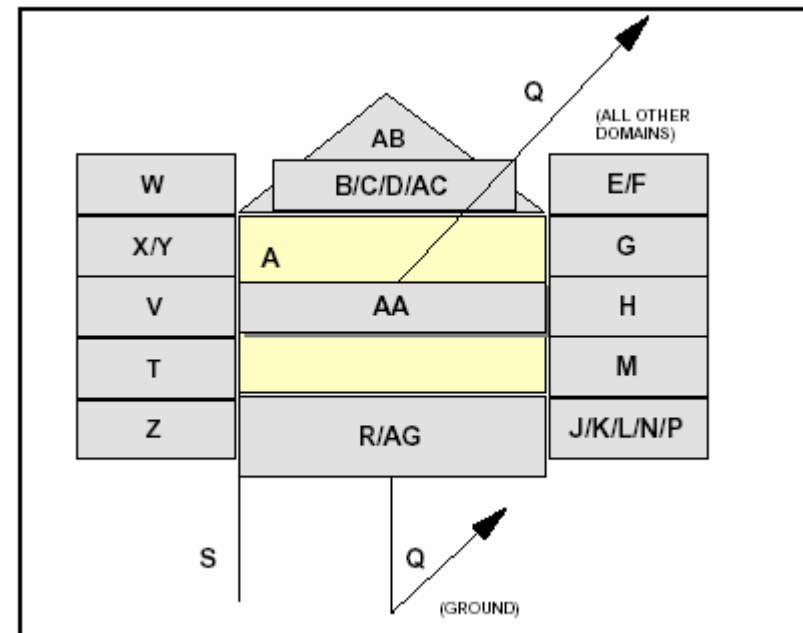


FIGURE A-3. Air track.

Standardiser et codifier les objets de la réalité



Chaque éléments de l'icône est un signifiant
(dénote un aspect de la réalité)



Champs textuels pouvant être associés à l'icône

L'entité codifiée est une unité de sens (grain sémantique) à laquelle on peut attacher certaines opérations automatiques

Code de la classification

Identifiant unique de l'objet créé

AIR TRACK CIVIL	1.X.2.3	F				
			SUAPC----- *****	SFAPC----- *****	SNAPC----- *****	SHAPC----- *****
AIR TRACK CIVIL FIXED WING	1.X.2.3.1	F				
			SUAPCF----- *****	SFAPCF----- *****	SNAPCF----- *****	SHAPCF----- *****
AIR TRACK CIVIL ROTARY WING	1.X.2.3.2	F				
			SUAPCH----- *****	SFAPCH----- *****	SNAPCH----- *****	SHAPCH----- *****
AIR TRACK CIVIL LIGHTER THAN AIR	1.X.2.3.3	F				
			SUAPCL----- *****	SFAPCL----- *****	SNAPCL----- *****	SHAPCL----- *****

Utilisation des couleurs

BATTLE DIMENSION	Unknown (Z)	ABOVE SURFACE		SURFACE				Sub- surface (U)	SOF (F)
		Space (P)	Air (A)	Ground(G)			Sea Surface (S)		
				Units	Equip- ment	Instal- lation			
AFFILIATION									
PENDING (P) (YELLOW)									
UNKNOWN (U) (YELLOW)									
FRIEND (F) (CYAN)	N/A								
NEUTRAL (N) (GREEN)	N/A								
HOSTILE (H) (RED)	N/A								
ASSUMED FRIEND (A) (CYAN)	N/A								
SUSPECT (S) (RED)	N/A								
JOKER (J) (RED)	N/A								
FAKER (K) (RED)	N/A								

Note: Frames displayed with solid lines, as shown above, indicate status as present, i.e., the object exists at the location identified. See table II for examples of frames depicting planned or anticipated status.

Divers indicateurs

Indicateurs de mobilité

DESCRIPTION					
MOBILITY SYMBOL	UN-FRAMED	UNKNOWN	FRIEND	NEUTRAL	HOSTILE
WHEELED (LIMITED CROSS-COUNTRY)					
WHEELED (CROSS-COUNTRY)					
TRACKED					

Composition

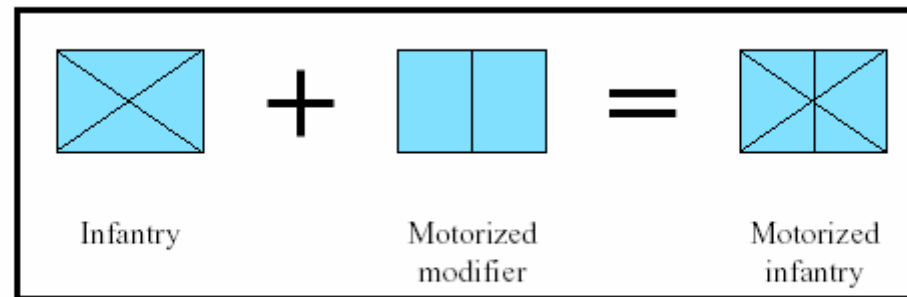


FIGURE 9. Extending the symbol.

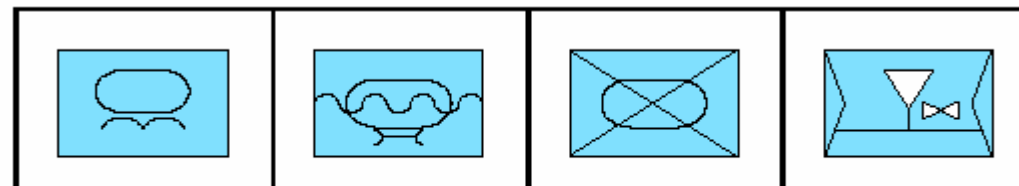


FIGURE 7. Examples of complex symbols with multiple icons.

Graphismes (Pictogrammes)

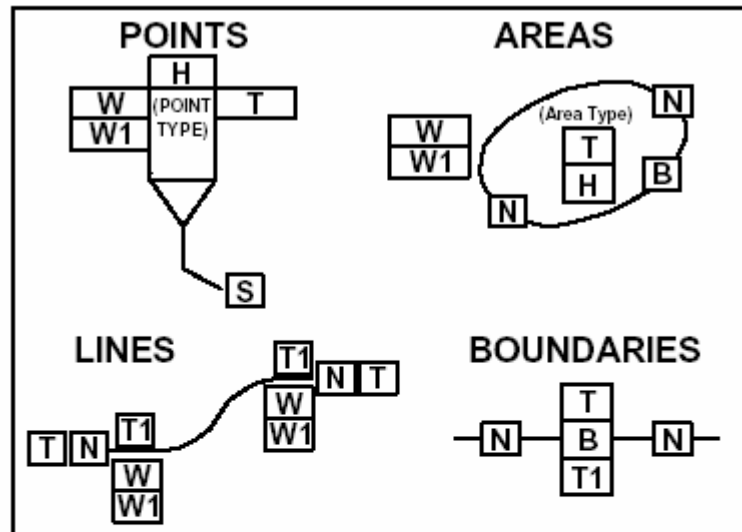


FIGURE 10. Placement of modifiers for points, lines, areas, and boundaries.

- Notes:
- For lines, field T can include both the line designator and line name if available.
 - When placing a modifier inside an irregularly shaped area, it may be necessary to displace the modifier (see paragraph 5.4.4).

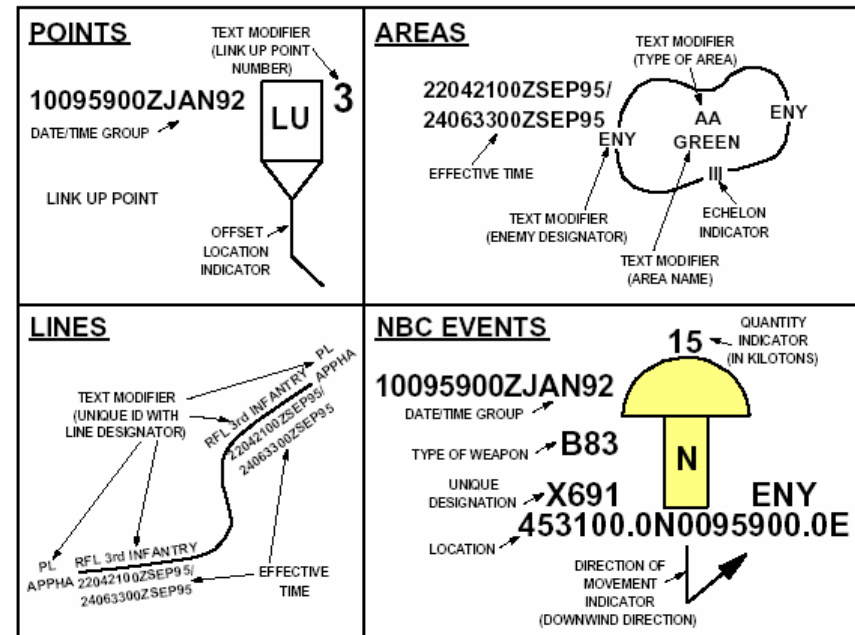


FIGURE 12. Graphic modifiers for tactical graphics.

Hiérarchie

HIERARCHY	C O D E S C H E M E	A F F I L I A T I O N	B A T T L E D I M E N S I O N	S T A T U S	F U N C T I O N I D	S I Z E / M O B I L I T Y	C O U N T R Y C O D E	O R D E R O F B A T T L E	DESCRIPTION
1.X.2.3	S	*	A	*	C- -- --	**	**	*	CIVIL AIRCRAFT
1.X.2.3.1	S	*	A	*	CF -- --	**	**	*	FIXED WING
1.X.2.3.2	S	*	A	*	CH -- --	**	**	*	ROTARY WING
1.X.2.3.3	S	*	A	*	CL -- --	**	**	*	LIGHTER THAN AIR

10 possibilités

15 caractères

Hiérarchie

HIERARCHY	C O D E S C H E M E	C A T E G O R Y	N O T U S E D ¹	F U N C T I O N I D	N O T U S E D ²	DESCRIPTION
3	W	-	-	-- -- --	-- -- -	METOC
3.1	W	A	-	-- -- --	-- -- -	ATMOSPHERIC
3.1	W	A	-	P- -- --	-- -- -	PRESSURE SYSTEMS
3.1.1.1	W	A	-	PL -- --	-- -- -	LOW PRESSURE CENTER
3.1.1.2	W	A	-	PH -- --	-- -- -	HIGH PRESSURE CENTER
3.1.1.3	W	A	-	PF -- --	-- -- -	FRONTAL SYSTEMS
3.1.1.3.1	W	A	-	PF C- --	-- -- -	COLD FRONT
3.1.1.3.1.1	W	A	-	PF CU --	-- -- -	UPPER COLD FRONT
3.1.1.3.2	W	A	-	PF W- --	-- -- -	WARM FRONT
3.1.1.3.2.1	W	A	-	PF WU --	-- -- -	UPPER WARM FRONT
3.1.1.3.3	W	A	-	PF O- --	-- -- -	OCCLUDED FRONT
3.1.1.3.4	W	A	-	PF S- --	-- -- -	STATIONARY FRONT
3.1.1.4	W	A	-	PX -- --	-- -- -	LINES

GTIA DEUX / MAN

EMT 21RIMA

- CIE C 21RIMA
- CIE F 21 RIMA
- EEI D 1 REC
- SRR 21RIMA

DETALAT MAN

GTIA UN / BOUAKE

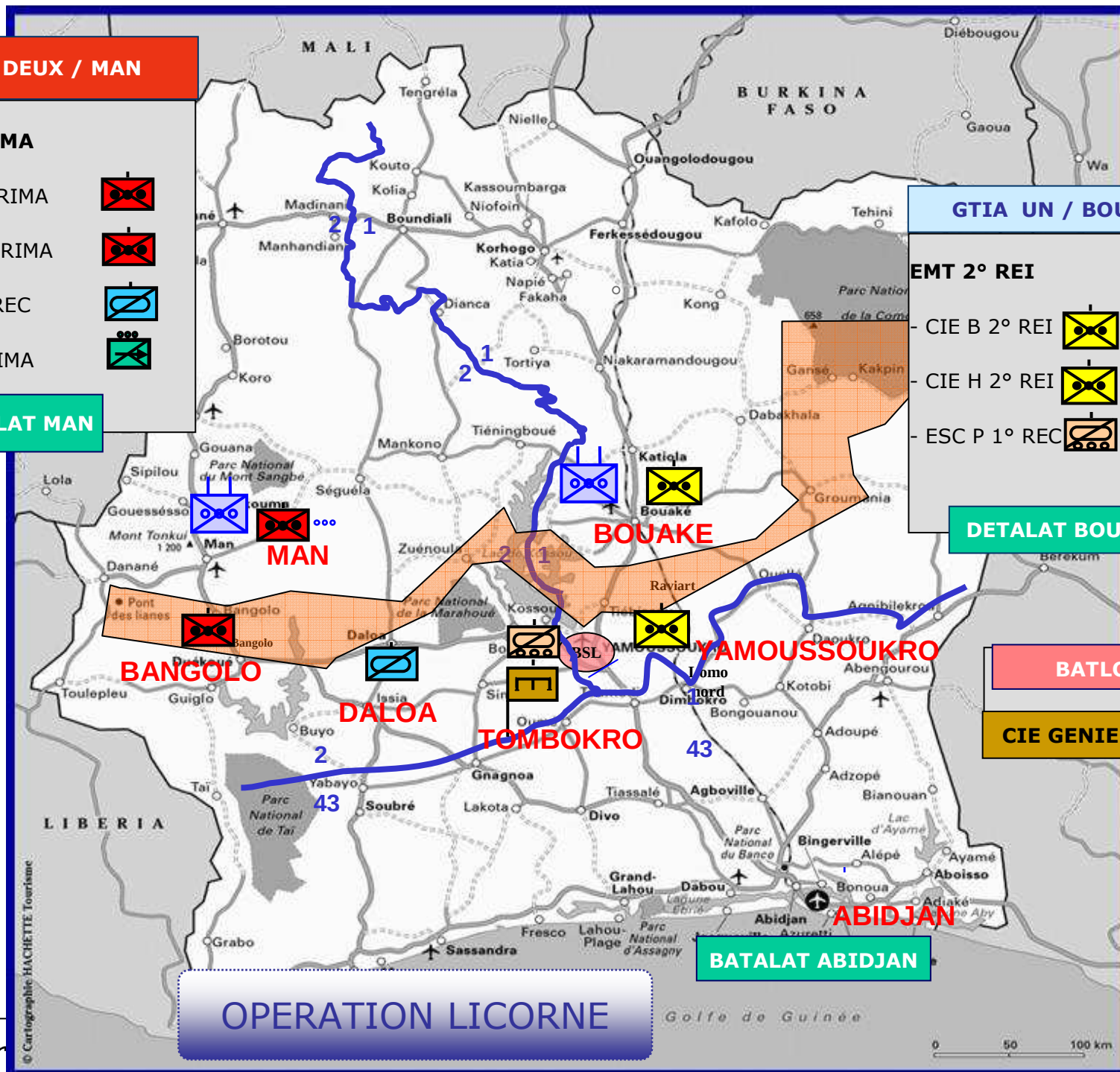
EMT 2° REI

- CIE B 2° REI
- CIE H 2° REI
- ESC P 1° REC

DETALAT BOUAKE

BATLOG

CIE GENIE 1°REG



OPERATION LICORNE

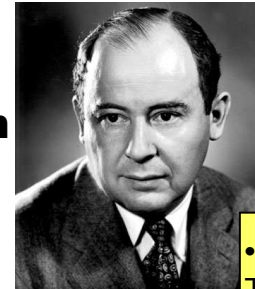
III. Quelques leçons de 50 ans d'informatisation des systèmes

**Depuis les 1er systèmes C2
(STRIDA, SENIT, ...) jusqu'aux
C4ISTAR des années 2000 - ...
(SIA, ...)**

Les systèmes complexes et l'ordinateur, une co-évolution exemplaire avec, au départ, 3 protagonistes de premier plan

- Information processing theory
- 1er vrai ordinateur à programme enregistré à Princeton
- Théorie des automates fiables
- Théorie des jeux

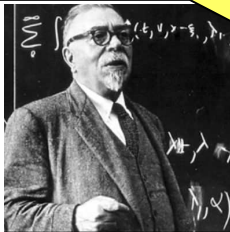
John von Neumann



- « Machine » papier dite de Turing et théorie de la calculabilité
- Casse du code ENIGMA à Bletchley Park
- Machine COLOSSUS



- Théorie des rétroactions et application à l'optimisation des tirs de DCA
- Invention de la cybernétique



Norbert Wiener

Alan Turing

➤ L'ordinateur naît à Princeton, mais se développe au MIT (*Lincoln Laboratory*) grâce aux bons soins de l'armée américaine qui en a compris l'importance (rôle de J. von Neumann), et d'un nouvel entrant, IBM, qui a compris l'importance que va jouer l'invention du transistor (grâce à J.J. Watson [*qui emploie von Neumann comme consultant*] ce que n'a pas compris Remington Rand, alias UNIVAC) ⇒ **Projet SAGE** (DoD, MIT/Lincoln lab., IBM) sous la direction du professeur J. Forrester (Cf. son livre : *Principles of systems*), **Projet NTDS** (Navy), ...

Innovation et avantage compétitif [*C]

↳ L'innovation naît de l'intégration des compétences et des technologies

- C'est un pur **phénomène d'émergence** qui résulte de l'interaction des acteurs humains, dans la mesure où elle est **rendue possible culturellement**
 - ✓ Importance des « catalyseurs » → La recherche aux US - Dogmatisme, esprit de chapelle et idéologie sont des périls mortels → inhibiteurs

↳ Exemple : la défense antiaérienne

- Balistique
- Technologie RADAR (1^{er} succès, la bataille d'Angleterre, en 1940)
- Télécommunication et les premiers codes (Fiabilité)
- Servomécanismes (au Lincoln laboratory du MIT)
- Premiers ordinateurs → Projet Whirlwind du MIT/IBM/US Navy
 - ✓ La puissance de calcul indispensable pour calculer les trajectoires (obus et avions vus par le RADAR)
- Les capacités humaines et l'acceptation social du risque – Grands projets [Manhattan, D-day, Apollo, ...]
 - ✓ Temps de guerre, chaude ou froide

Temps de crises et temps de paix [*C]

↪ Comment **concilier le temps long de l'ingénierie des systèmes d'armes, avec la soudaineté des crises et des nouvelles menaces**

- Taille des systèmes → « Guerre des étoiles », 10 millions de lignes Ada
- Maintien de la **compétence** des équipes et la **performance** de l'industrie de défense en temps de paix
 - ✓ Formation d'un bon architecte de systèmes : 10-15 ans, en faisant des systèmes réels, pas des maquettes, ni des modèles ? Comment entretenir la motivation en l'absence de risque et de stress ?

↪ Comment **justifier les budgets de défense auprès de l'opinion publique et des médias**

- Cf. L.Fabius, après la chute du Mur : « Nous allons toucher les dividendes de la paix »
 - ✓ Faire comprendre à nos hommes politiques, aux décideurs, la réelle complexité des systèmes et le juste prix de cette complexité ? Comment faire comprendre au public, plongé dans la crise économique, dans la désinformation médiatique, ... que la liberté n'a pas de prix, mais qu'elle a un toujours un coût ?

☞ **Où est le relais R&D pour le 21ème siècle ?!**

Forces et faiblesses de l'ordinateur/1

↪ Forces incontestables → **Force brute**

- Puissance de calcul
 - ✓ Mais attention à bien interpréter la loi de Moore
- Volume de données accessibles
 - ✓ Bien au delà des capacités humaines, mais qu'en est-il de l'accès à l'information utile dans des masses aussi gigantesques ?
- Technologies de base fiables (sous réserve de la **compétence** des informaticiens)
 - ✓ Langages de programmation, Bases de données, Réseaux et communications de machines à machines, Systèmes d'exploitation, ... mais **erreurs résiduelles inévitables** → 0,1 erreurs par millier de lignes de code = excellent (mais coûteux)

↪ L'ordinateur est un **formidable accélérateur** qui fait honneur à ses créateurs

- Réalise, en partie, le rêve de Hilbert d'une **rigueur parfaite** (si les acteurs sont eux-mêmes rigoureux) ☞ **Cf. le 6ème problème**
 - ✓ Un programme mature peut tendre vers 0 erreur
- Tout ce qui est **simple, répétable et déterministe** est potentiellement **informatisable de façon sûre**, mais pas forcément utile
- **Mais aussi un formidable propagateur d'incohérences, de désordre et de désinformation**

Forces et faiblesses de l'ordinateur/2

↳ Limites et limitations

- Limites **organisationnelles et humaines** → **Maillon faible**
 - ✓ Caractéristiques psycho cognitives des programmeurs ; règles ergonomiques (temps de réponse 1 sec, « nombre magique » 7 ± 2 , taux d'erreurs, ...) → Programmation des « multi-cores » au delà de 4 cores ???
 - ✓ Comportements coopératifs, confiance partagée, maturité, ...
 - ✓ Durée du cycle projet : **Nouveaux besoins** → **Systèmes opérationnels 8-9 mois**
- Limites **technologiques**
 - ✓ Température des « chips », nombre de « pins », nombre de couches pour la gravure des circuits, latence des signaux sur les bus, ...
 - ✓ Débit des bus internes et des réseaux ; nombre de TPS ; Entrées-sorties ...
 - ✓ Disponibilité et fiabilité ; sécurité ; mobilité des systèmes ...
- Limitations **intrinsèques et complexité[s]** → **Autre maillon faible**
 - ✓ Contraintes sémantiques → **Systèmes de systèmes, Interopérabilité** ...
 - ✓ Fidélité des modèles
 - ✓ Complexité algorithmique
 - ✓ Information algorithmique et mesure de la complexité de l'information

☞ ***Tout ce qui est « intelligent » est complexe
⇒ donc intrinsèquement difficile et long à programmer,*** même par de très bons programmeurs

L'illusion de la simplicité

↪ **La certitude douteuse des modèles informatiques** → **Où est la vérité ? Qui garde le gardien ?**

- **Limitations**, 2 exemples basiques :
 - Le générateur de nombres aléatoires
 - ✓ L'ordinateur **n'est pas** aléatoire mais **parfaitement** newtonien (cf. R.Laughlin, *A different universe*)
 - Les nombres flottants **ne sont pas** des réels, même si dans les langages de programmation on les appelle parfois « real »
 - ✓ Cas des missiles anti-missiles Patriot pendant la 1^{ère} guerre d'Irak, ...
- Le **faux sentiment de sécurité et de rigueur** que donne l'informatique revue/corrigée par les médias et/ou les politiques
 - ✓ Cf. Désinformation orchestrée de la défunte 5^{ème} génération des japonais, ...

↪ **Le modèle n'est **jamais** la réalité, mais il l'organise**

- De même que « **la carte n'est pas le territoire** », A.Korzybski, *Science and sanity*

↪ **L'homme, point fort et/ou point faible ???**

- Conscience aigue des **limites/limitations** des modèles
 - ✓ Cf. Mathématisation des doctrines informelles
- Concilier le **temps humain** et le **temps de la machine** → Antinomiques

Les limites de l'intelligence humaine [*C]



La crise en tant que problème/opportunité

- ⇒ Séparer la **part informatisable** du problème de la part humaine et **gérer l'interface**
- ⇒ Il n'y a **jamais** de solution unique – Il y a **toujours** des impondérables
- ⇒ Toute solution a des avantages et des inconvénients
⇒ Pour les acteurs : **Choix + Courage**
- ⇒ Nécessité d'explicitier les **critères** de décisions par une analyse rationnelle des risques aussi objective que possible ⇒ Théorie des **jeux**, **rationalité limitée**
- ⇒ Nécessité d'un travail **collaboratif** responsable entre les métiers de décideur [Les « élites »] et le niveau politique/sociétal → **Émergence** de la solution
⇒ Un impératif absolu : **se comprendre, coopérer**
C'est une ingénierie sémantique, au sens le plus fort du terme ⇒ **Sémiologie + Culture**

Risques et opportunités

↪ Deux risques/opportunités majeurs

- **Qualité de l'information – Qualité des décisions**

- ↘ **Excès d'information** → Moteurs de recherche + Modèles pour « aider » à la détection d'informations utiles
⇒ **C'est l'auteur du modèle qui « fait » la décision**
- ↘ **Désinformation/information erronée** → l'omniprésence des réseaux augmente le risque de failles de sécurité de façon exponentielle
⇒ **Décisions erronées, dans le meilleur des cas**

- **Interopérabilité et systèmes de systèmes**

- ↘ Nécessité absolue de **définir rigoureusement le sens des entités** qui inter opèrent → **Données, Procédures et Événements**
⇒ **Modèles** métiers « raisonnables », au bon **niveau de grains, partagés** entre tous les acteurs
- ↘ Nécessité absolue de **définir rigoureusement les relations et/ou les couplages**, i.e. ce qui entre et ce qui sort des systèmes en interactions → filtrages et traces des entités émises/reçues et contraintes d'intégrité explicites
⇒ **Sûreté** de fonctionnement du SdS, historisation et reconstruction en cas de pannes, gestion des modes dégradés du SdS et **autonomie** des systèmes constitutifs → **Autonomic computing**

☞ **Relever le défi de la complexité**

Qu'est-ce que comprendre ?

⇒ **Comprendre, c'est communiquer, c'est agir**

⇒ **Communiquer, c'est bâtir, pas à pas, un langage qui permette que l'intention de l'un devienne l'acte de l'autre, et réciproquement**

✓ C'est la « thèse de Church-Turing »

⇒ **Témoignages des $\approx$ 6.000 langues humaines**

⇒ **Témoignages de *LA* « langue de la nature », les mathématiques → elles sont universelles**

✓ Avec le *Logical Design* de von Neumann, elles ont enfin leur machine

Le [méta] modèle Centre et principe organisateur des systèmes [*C]

- ⇒ **Tout système a une finalité ce qui définit son invariant**
- ⇒ **De part son existence même, tout système introduit une dichotomie **DEDANS** $\Leftrightarrow$ **DEHORS**  le SOI et le NON SOI – C'est une dualité fondamentale**
- ⇒ **Pour interagir avec le DEHORS et maintenir son invariant structurel [sa forme] c'est-à-dire exister, le modèle du système doit disposer d'un modèle abstrait de son environnement, c'est-à-dire indépendant de la « matière » qui le constitue**
- ⇒ **Pour exister, tout système doit d'abord être construit → Qui est l'architecte ? Quelle ingénierie ?**