

## **ITCS : l'infrastructure technique commune dédiée à la simulation pour l'acquisition**

**(ITCS: the Technical M&S Infrastructure  
for Supporting the SBA Process)**

**IETA Lui KAM, Dr. and IPA Xavier LECINQ**

DGA/DCE  
Centre Technique d'Arcueil  
16 bis, avenue Prieur de la Côte d'Or  
94114 Arcueil Cedex  
FRANCE

Email : [lui.kam@etca.fr](mailto:lui.kam@etca.fr) / [xavier.lecinq@etca.fr](mailto:xavier.lecinq@etca.fr)

**IETA Pascal CANTOT and ICA Dominique LUZEAUX, Pr.**

DGA/DSP/STTC  
Complex System Engineering Department  
26, Boulevard Victor  
00457 Armées  
FRANCE

Email : [cantotp@wanadoo.fr](mailto:cantotp@wanadoo.fr) / [dominique.luzeaux@dga.defense.gouv.fr](mailto:dominique.luzeaux@dga.defense.gouv.fr)

Phone: +33-1-42 31 96 45 / +33-1-42 31 99 51 / +33-1-40 59 17 03

### **RESUME**

*La DGA s'est engagée ces dernières années dans une démarche de simulation pour l'acquisition. Celle-ci passe entre autres par des processus nouveaux à définir, des standards à appliquer et des outils à déployer. Cet article balaie chacun de ces points, vus au travers du prisme de l'infrastructure technique commune de simulation (ITCS), qui fédérera l'ensemble des outils nécessaires à cette démarche. Cette ITCS est actuellement en cours de définition et sera déployée à moyen terme. Son objectif principal est d'une part de développer l'interopérabilité des simulations existantes et futures de la DGA, utilisées pour les diverses phases du cycle de vie des programmes, d'autre part de capitaliser ces simulations pour permettre leur réutilisation entre les phases d'un programme et entre les différents programmes.*

*Dans cet article, nous présentons les principaux jalons du projet et nous le positionnons par rapport aux autres initiatives OTAN ou européennes, dont les thématiques sont très proches : tout d'abord, la maquette d'une banque de données et de modèles développée dans le cadre européen EUCLID par quasiment tous les partenaires étatiques et industriels européens, ensuite la bibliothèque des ressources de la simulation, dont l'idée est proposée au sein du NMSG.*

### **ABSTRACT**

*The DGA (General Directorate for Armaments) has been actively involved in simulation-based acquisition these past years. This needs defining new processes, applying standards and developing adequate tools. This paper addresses the latter: we will present the Joint Technical Simulation Architecture*

*Communication présentée lors de la Conférence NMSG RTO sur « Les partenariats NATO-PfP/Industrie/Nations dans le domaine de la modélisation », organisée à Paris, en France, les 24 et 25 octobre 2002, et publiée dans RTO-MP-094.*

| Report Documentation Page                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                    |                                     |                                            | Form Approved<br>OMB No. 0704-0188          |                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------|
| Public reporting burden for the collection of information is estimated to average 1 hour per response, including the time for reviewing instructions, searching existing data sources, gathering and maintaining the data needed, and completing and reviewing the collection of information. Send comments regarding this burden estimate or any other aspect of this collection of information, including suggestions for reducing this burden, to Washington Headquarters Services, Directorate for Information Operations and Reports, 1215 Jefferson Davis Highway, Suite 1204, Arlington VA 22202-4302. Respondents should be aware that notwithstanding any other provision of law, no person shall be subject to a penalty for failing to comply with a collection of information if it does not display a currently valid OMB control number. |                                    |                                     |                                            |                                             |                                    |
| 1. REPORT DATE<br><b>00 NOV 2003</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                    | 2. REPORT TYPE<br><b>N/A</b>        |                                            | 3. DATES COVERED<br><b>-</b>                |                                    |
| 4. TITLE AND SUBTITLE<br><b>ITCS: the Technical M&amp;S Infrastructure for Supporting the SBA Process</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                    |                                     |                                            | 5a. CONTRACT NUMBER                         |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                    |                                     |                                            | 5b. GRANT NUMBER                            |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                    |                                     |                                            | 5c. PROGRAM ELEMENT NUMBER                  |                                    |
| 6. AUTHOR(S)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                    |                                     |                                            | 5d. PROJECT NUMBER                          |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                    |                                     |                                            | 5e. TASK NUMBER                             |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                    |                                     |                                            | 5f. WORK UNIT NUMBER                        |                                    |
| 7. PERFORMING ORGANIZATION NAME(S) AND ADDRESS(ES)<br><b>DGA/DSP/STTC Complex System Engineering Department 26,<br/>Boulevard Victor 00457 Armées FRANCE</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                    |                                     |                                            | 8. PERFORMING ORGANIZATION<br>REPORT NUMBER |                                    |
| 9. SPONSORING/MONITORING AGENCY NAME(S) AND ADDRESS(ES)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                    |                                     |                                            | 10. SPONSOR/MONITOR'S ACRONYM(S)            |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                    |                                     |                                            | 11. SPONSOR/MONITOR'S REPORT<br>NUMBER(S)   |                                    |
| 12. DISTRIBUTION/AVAILABILITY STATEMENT<br><b>Approved for public release, distribution unlimited</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                    |                                     |                                            |                                             |                                    |
| 13. SUPPLEMENTARY NOTES<br><b>See also ADM001655., The original document contains color images.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                    |                                     |                                            |                                             |                                    |
| 14. ABSTRACT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                    |                                     |                                            |                                             |                                    |
| 15. SUBJECT TERMS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                    |                                     |                                            |                                             |                                    |
| 16. SECURITY CLASSIFICATION OF:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                    |                                     | 17. LIMITATION OF<br>ABSTRACT<br><b>UU</b> | 18. NUMBER<br>OF PAGES<br><b>14</b>         | 19a. NAME OF<br>RESPONSIBLE PERSON |
| a. REPORT<br><b>unclassified</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | b. ABSTRACT<br><b>unclassified</b> | c. THIS PAGE<br><b>unclassified</b> |                                            |                                             |                                    |

*(ITCS, in French), which is currently specified and should be deployed shortly. Its main objective is on the one hand to federate the various simulations currently in use within the DGA for the various phases of the lifecycle of a program. On the other hand, capitalisation and configuration management processes of the data and models for SBA will be included in the ITCS.*

*In this article, we will present the keystones of the project and we will compare it with other initiatives which it will have to be interfaced with: first, the data and model repository developed under an EUCLID contract by most European governmental and industrial partners; second the simulation resource library studied by the NMSG.*

## **1.0 INTRODUCTION**

La complexité des systèmes de nos jours s'accroît dans tous les domaines, y compris dans la défense, à tel point que nous parlons plutôt de systèmes de systèmes aujourd'hui. La modélisation et la simulation (M&S) deviennent alors une discipline à part entière. En effet, les techniques et les outils de M&S apportent une aide précieuse aux processus d'ingénierie des systèmes tels que décrits par les normes EIA 632 ou IEEE 15288 (en préparation).

Ainsi, l'émergence et l'évolution de l'ingénierie des systèmes complexes se sont concrétisées en Europe par la création en 1998 de l'association française d'ingénierie système (AFIS) sous le patronage de l'*International Council on Systems Engineering* (INCOSE) et la création d'un nouveau pôle technique « conception des systèmes complexes » à la *Defence Evaluation and Research Agency* (DERA) en Grande Bretagne. En France, un nouveau domaine technique s'est également formé par la création en 1998 du département « Ingénierie des Systèmes Complexes » (SC) dans la Direction des Systèmes de forces et de la Prospective (DSP) au sein de la Délégation Générale pour l'Armement (DGA).

Parallèlement à cette mouvance, le *Defense Systems Management College* (DSMC) du *Department of Defense* (DoD) américain a introduit en 1998 la notion de *Simulation Based Acquisition* (SBA) [4]. Il s'agit d'un processus, basé sur l'utilisation de moyens de M&S durant tout le cycle de vie de l'acquisition d'un système d'armes, permettant d'optimiser les performances des systèmes, les délais de réalisation et les coûts tout en maîtrisant les risques. Le concept sera repris sous le nom de *Synthetic Environment Based Acquisition* (SEBA) en Grande Bretagne et Simulation pour l'Acquisition (SA) en France.

La démarche de SA est engagée par la DGA depuis 3 ans. Les orientations stratégiques du domaine technique « Ingénierie des Systèmes Complexes » sont définies par le département SC dans sa politique technique et sectorielle. Ces orientations prévoyaient notamment la mise en place d'une équipe dédiée à la simulation pour l'acquisition à la DCE (Direction des centres d'expertise et d'essais): l'EPSA (équipe de projet simulation pour l'acquisition). Cette équipe, en place depuis septembre 2001, est en charge de l'outillage du processus SA, en particulier au travers de la définition et la mise en place d'une infrastructure commune de simulation à la DGA. Tous ces acteurs (SC, EPSA, centres de la DCE, CAD) contribuent à la maîtrise par la DGA de la complexité croissante des systèmes de défense, et s'attachent activement à mettre à disposition des équipes de programmes les outils de M&S qui leur permettront de :

- préparer les choix en matière de systèmes de défense, définir et évaluer l'architecture globale des systèmes de systèmes ;
- spécifier et valider les systèmes d'armes ou les systèmes d'information opérationnels ;
- assurer la cohérence technique tout au long du cycle de vie d'un système et en particulier garantir l'interopérabilité avec les autres systèmes ;
- promouvoir le savoir-faire et les produits de l'industrie de défense français à l'export.

Les architectes de la DGA (architecte technique de système, architectes de systèmes de force) doivent en disposer afin de réaliser les activités d'ingénierie des systèmes dont ils ont la responsabilité. Plus généralement, ces outils doivent pouvoir être partagés entre les différents intervenants (états majors, DGA, industrie) d'un projet (par exemple au sein d'une équipe de projet intégrée dans le cadre d'un fonctionnement en plateau).

Sur le plan technique, la maîtrise de l'outil de modélisation et de simulation nécessite :

- de savoir modéliser et simuler les grands systèmes complexes du futur (constitués d'un grand nombre d'éléments hétérogènes en interaction et répartis géographiquement) de manière adéquate ;
- de définir les méthodes et les outils permettant de partager, de capitaliser et de réutiliser les modèles ;
- de définir les règles et les standards pour assurer l'interopérabilité entre les outils de simulation développés dans les différents programmes.

Pour répondre à ces besoins, une étude a donc été lancée par le département SC dans le cadre du Programme d'Étude Amont (PEA) ARchitecture COMMune de SIMulation (ARCOSIM) volet SA en 2001. L'objectif attendu est décrit dans la section suivante. Les divers thèmes abordés par cette étude sont présentés dans la section 3. Comme d'autres projets nationaux ou en coopération traitent des problématiques similaires à l'étude ARCOSIM-SA, nous les mettons en relation dans la section 4. La section 5 présente la réalisation de l'étude proprement dite, à savoir l'état des lieux, les travaux en cours et le planning prévisionnel du déploiement de l'ITCS. Et enfin, nous concluons en présentant les travaux futurs, les efforts complémentaires ainsi que les bénéfices déjà observés.

## **2.0 OBJECTIF GLOBAL**

L'étude ARCOSIM-SA est pilotée par le Centre Technique d'Arcueil (CTA) où se trouve l'EPSA. Les autres centres d'expertise et d'essais sont impliqués dans cette étude en plus du Centre d'Analyse de la Défense. Elle consiste à spécifier une Infrastructure Technique Commune de Simulation (ITCS) permettant de fédérer l'ensemble des outils existants de M&S de la DGA et des milieux industriels ou de recherche (i.e. ONERA, CEA).

Cette ITCS devra permettre, à terme, d'assurer l'interopérabilité, la capitalisation et la réutilisation des modèles et des simulations au sein de ces communautés de M&S. Elle devra prendre en compte différents types de simulation : simulation constructive (temps réel ou non), simulation instrumentée, simulation pilotée, simulation hybride (respectivement *constructive*, *live*, *virtual* ou « *Man in the loop* » et « *Hardware in the loop* » simulation en anglais).

L'ITCS ne se limitera pas à un simple environnement informatique de M&S. Elle devra inclure des bases de connaissance ; des guides méthodologiques de spécification, de conception et de développement de modèles et de simulations ; des guides liés aux processus de Vérification, Validation et d'Accréditation (VV&A) ; des guides sur l'utilisation des standards de M&S (i.e. HLA, SEDRIS, etc., cf. § 3.3) ; des recommandations sur les clauses contractuelles d'achat des outils M&S. Nous verrons en détail ces différents aspects plus loin dans les sections 3 et 6.

Il est certain que les experts métiers et les développeur d'outils M&S seront les opérateurs de première ligne sur l'ITCS mais il est important de souligner que l'ITCS devra aussi fournir à terme des outils simples aux architectes de la DGA et aux spécialistes des services de programmes pour les aider à spécifier et à concevoir les futurs systèmes d'armes de la France.

### **3.0 PERIMETRE DE L'ETUDE**

À partir de l'objectif global, il est assez aisé de déterminer les briques de base qui doivent constituer l'ITCS. Nous allons les présenter en détail dans cette section. En même temps, nous dressons l'ensemble des problèmes soulevés par ces constituants que nous tâcherons de résoudre dans l'étude ARSOCIM-SA ou à l'aide des résultats issus d'autres études et projets.

Les simulations concernées sont celles allant du niveau des phénomènes physiques jusqu'au niveau tactique ainsi que les simulations technico-opérationnelles depuis le niveau système jusqu'au niveau opératif.

#### **3.1 Bases de données**

Les données liées au processus de simulation sont fort nombreuses. Nous les classons en trois types : les données caractérisant ce que l'on veut simuler (le scénario), les données liées aux outils utilisés pour cette simulation (les modèles), et les données produites par ces simulation (les résultats). Ces trois types de données doivent être capitalisés : chacun est en effet le fruit d'un processus d'élaboration parfois très long, et nécessitant la mobilisation d'experts. C'est notamment le cas des scénarii dont on néglige souvent la conservation, alors qu'ils sont fondamentaux lorsqu'on veut par exemple tester la non-régression d'un modèle.

Les bases de données associées ne sont pas juste des bibliothèques de modèles ou un ensemble de données brutes. Elles doivent aussi contenir toutes les informations (méta-données) utiles à l'utilisateur final pour que la réutilisation soit la plus efficace possible. En fait, chaque base de données est un *repository* au sens de la *Simulation Resource Library* que le groupe de travail OTAN MSG012-TG009 est en train de définir (voir paragraphe 4.2).

Une des difficultés liées aux données réside dans le fait que les informations à stocker ne sont pas structurées. Pour les modèles, l'on trouvera par exemple des documents décrivant le principe de modélisation, sous forme de texte ou d'un langage de modélisation type UML, le modèle implémenté, sous forme de codes sources, objet ou exécutable...

#### **3.2 Services offerts**

En plus des bases de données, un certain nombre de fonctionnalités communes aux simulations doivent être partagées au travers de l'ITCS. L'objectif est de factoriser ce qui peut l'être dans le processus de la simulation, afin de faciliter des processus transverses associés, tels que la gestion de configuration ou le VV&A (vérification, validation et qualification). Chacun des facteurs suivants fait l'objet d'études spécifiques menées dans des cadres nationaux ou internationaux (cadre contractuel européen EUCLID, groupes de recherche du NMSG, coopérations bilatérales).

Le premier facteur concerne les services de communication et d'accès. Si l'infrastructure matérielle entre les centres est en cours de mise en place dans le cadre du projet « Réseau d'entreprise DGA », l'ITCS devra toutefois définir des mécanismes communs d'accès à l'information, de protection de l'information, qu'ils soient techniques ou organisationnels. Par ailleurs, le choix de technologies particulières de communication au sein d'une simulation doit tenir compte ou faire évoluer les capacités du réseau mis en place.

Le second facteur est lié à la préparation des simulations : un éditeur de simulation doit permettre de définir le chaînage des modèles en fonction de la simulation souhaitée par l'utilisateur final. Une fonction d'édition de scénarii est également prévue. Une voie à l'étude s'inspire des développements présentés par Burns *et al.* dans [1] qui proposent un générateur de scénarii indépendant des plates-formes de simulation.

Le troisième service concerne la dynamique des simulations (activation et synchronisation des modèles) regroupées dans le concept de moteur de simulation.

Les outils d'affichage pour la visualisation ou d'analyse des données font également partie des services communs offerts par l'ITCS. L'utilisateur doit pouvoir choisir le type de d'affichage ou les applications d'analyse des données en fonction de son besoin. Lorsque les applications de M&S le permettent, il suffit d'utiliser les outils intégrés dans ces applications. Sinon, l'ITCS doit proposer à l'utilisateur des interfaces graphiques génériques ou des outils communs d'analyse des données. Ainsi, le problème de compatibilité des formats des données se pose, en plus du celui relatif au couplage des modèles. Nous rediscuterons de cet aspect au § 3.3.

Enfin, des interfaces utilisateur doivent permettre d'exécuter et de gérer les applications de simulations, ainsi que d'administrer l'ITCS dans son ensemble pour garantir la disponibilité des services offerts et assurer une cohérence d'ensemble.

### **3.3 Standards et normes**

La présentation du paragraphe précédent soulève un certain nombre de problèmes à résoudre pour favoriser l'interopérabilité et la réutilisation des modèles, des simulations et des données. Il est donc nécessaire d'homogénéiser la représentation et les spécifications de ces objets ainsi que de leurs interfaces. Pour cela, différents standards et normes sont identifiés comme des solutions potentielles à nos problèmes.

En matière de représentation et de spécification des modèles et des simulations, l'utilisation de *Unified Modeling Language* (UML) facilite leur réutilisation. Aussi, certains outils commerciaux proposent des suites de test permettant de vérifier et valider les spécifications. Ce langage possède donc des bons atouts pour être préconisé par l'EPSA, voire intégré dans l'ITCS.

Cependant, l'*Object Management Group* (OMG) promeut une nouvelle approche basée sur le *Model-Driven Architecture* (MDA) dans laquelle les modèles de l'*Object Management Architecture* (OMA) deviennent des méta-modèles qui sont génériques et indépendants des plates-formes. Ces méta-modèles sont encore appelés *Platform Independent Model* (PIM). Le département SC a lancé une étude sur ce concept afin de concevoir des PIM pour la modélisation et la simulation (voir étude COCA au § 4.1 pour plus de détails).

Un autre langage, *Simulation Reference Markup Language* (SRML), est également à prendre en considération dans notre étude. Il permet de décrire la structure et le comportement des modèles en *eXtensible Markup Language* (XML). Il favorise au même titre que l'UML à la réutilisation des modèles et des simulations. De plus, un article récent [6] soutient que ce langage peut servir à représenter les *Base Object Models* (BOMs) en prenant en compte les spécifications du standard *High Level Architecture* (HLA) pour assurer l'interopérabilité.

Quant à la représentation et à la spécification des données, le standard *Synthetic Environment Data Representation Interface Specification* (SEDRIS) promu par le DoD américain a été retenu. Ce standard contribue à l'interopérabilité entre les modèles et les simulations en unifiant la sémantique et le format des données. Comme ce standard n'est pas encore suffisamment mature pour être appliqué sans précaution aujourd'hui, nous suivons de près son évolution, et cherchons à le faire évoluer en fonction de nos retours d'expérience en cours.

Pour compléter l'interopérabilité entre les modèles et les simulations, il est aussi nécessaire d'avoir un formalisme rigoureux pour les échanges de données. Le langage XML offre cette possibilité. Celui-ci est largement utilisé dans les technologies Web. Utilisé par les bases de données de l'ITCS, il offre la possibilité d'importer et d'exporter des données vers d'autres bases de données.

Comme l'ITCS sera utilisée pour réaliser des simulations distribuées, le standard HLA est bien évidemment pris en compte dans notre étude. Des actions complémentaires sont engagées depuis plusieurs années pour évaluer quantitativement l'apport de ce standard (en étudiant également les deux versions 1.3 NG du DMSO et IEEE 1516, ainsi que les principaux RTI associés) et pour mettre en place une capacité de certification nationale. Nous envoyons le lecteur au paragraphe 4.1 pour une description plus détaillée de ces actions.

À moyen terme, l'ITCS devra intégrer les capacités d'essais des divers centres, et permettre de mettre en œuvre le cercle vertueux simulation-essais. Aucun choix définitif n'a été fait dans ce domaine, et la définition des exigences fonctionnelles n'est pas non plus arrêtée. Une veille active menée dans ce domaine a mis en évidence quelques solutions récentes : la *Test and Training ENabling Architecture* (TENA) doit être analysée et évaluée quant à son applicabilité à nos simulations. Les présentations effectuées au *Fall 2002 Simulation Interoperability Workshop* montrent que cette architecture est plutôt orientée vers les simulations d'entraînement. Mais elle semble présenter également des capacités intéressantes pour la communication entre installations d'essais et simulations, et permettrait donc de concrétiser la synergie essais-simulation. La pertinence de cette architecture pour nos simulations est donc à l'étude, en complément d'HLA, sans doute avec l'éclairage du projet *Joint Distributed Engineering Plant Technical Framework* [2], dont la philosophie est très proche de celle de l'ITCS.

Enfin, les protocoles de télécommunication tels que IPSec/IPv6, *Secured Hypertext Transfer Protocol* (HTTPS), *Single Object Access Protocol* (SOAP) sont également étudiés quant à leur adéquation aux besoins de l'ITCS. Il est très probable que l'on retienne ces protocoles si nous voulons nous interfacer facilement avec l'environnement synthétique de développement de simulations qui est en phase de conception dans le projet européen EUCLID RTP 11.13 (voir § 4.2 pour une description sommaire du projet et [3] pour une présentation détaillée), et que nous devons intégrer dans notre infrastructure, au vu de l'investissement financier réalisé dans ce projet de coopération.

### **3.4 Méthodes et processus**

Dans le cadre de notre étude, il a été décidé de proposer des méthodes et de définir des processus permettant d'accompagner les utilisateurs finaux de l'ITCS dans leurs activités de M&S. L'inclusion de ces éléments dans le référentiel méthodologique des bénéficiaires et utilisateurs de l'ITCS est un élément clé de la réussite du projet. Ceci contribue en effet à rendre l'utilisation de l'ITCS optimale afin de répondre efficacement aux contraintes de performances, de délais et de coûts dans le développement des systèmes d'armes.

Compte tenu de la complexité des infrastructures techniques de simulation de nos jours, même si elles sont composées essentiellement de logiciels, il n'est pas absurde de les considérer comme des systèmes complexes, ou encore des systèmes de systèmes. Ainsi, des méthodes théoriques immédiatement applicables sont issues des normes d'ingénierie des systèmes telles que EIA 632 ou IEEE 15288. Or la mise en pratique de ces processus est souvent mal menée et lourde, c'est pourquoi la DGA participe à certains groupes de travail de l'AFIS (organisation nationale, dont la description détaillée et le programme de travail est consultable sur le site Internet suivant : <http://www.afis.fr>) tels que :

- architecture système ;
- méthodes et outils ;
- intégration, vérification, validation et qualification.

Ces groupes de travail sont constitués de participants venant des milieux industriels, universitaires et étatiques. L'objectif commun consiste à établir des bonnes pratiques, des proposer des outils et d'échanger les retours d'expérience de chacun.

D'autres processus tels que le *FEderation DEvelopment Process* (FEDEP) ou le *Synthetic Environment DEvelopment Process* (SEDEP), inspirés par l'ingénierie des systèmes mais orientés M&S, sont également pris en compte dans l'étude ARCOSIM-SA.

Un autre processus très important est celui de la Vérification, Validation et Accréditation (VV&A) des données, des modèles et des simulations. Il est clair qu'une fois que le processus de développement des produits de M&S est défini, l'application du schéma itératif de V&V au sens de l'ingénierie des systèmes (cf. article de J. Lake [5]), tout le long du cycle de vie de ce processus, constitue une étape incontournable si l'on veut un processus de VV&A réussi.

Ensuite, un deuxième niveau de V&V permettra de s'assurer que les produits de M&S développés sont « représentatifs de la réalité » (à un certain degré de granularité près) afin que l'accréditation puisse être prononcée. Ainsi, nous constatons que le processus VV&A implique la mise en place d'une organisation appropriée maîtrisant l'ensemble de ces processus. Cette tâche difficile fait l'objet d'une étude spécifique, dans le cadre du PEA REVVA (cf. § 0), qui ne démarrera qu'à la fin de l'année 2002. Le but commun consiste à favoriser l'interopérabilité et la réutilisation des produits de M&S.

## **4.0 PROJETS EN RELATION**

Compte tenu des nombreux points durs soulevés par l'étude ARCOSIM-SA, un certain nombre de projets nationaux sont lancés pour rechercher des solutions appropriées. Par ailleurs, des initiatives complémentaires ou similaires à l'étude ARCOSIM-SA sont également à prendre en considération dans la conception de l'ITCS si nous souhaitons étendre son interopérabilité et sa réutilisation au-delà des simulations nationales. Nous présentons dans cette section les principaux projets nationaux et ceux en coopération qui concernent directement l'ITCS.

### **4.1 Projets nationaux**

Plusieurs études amont concernent la simulation distribuée, en terme de performance et de sécurité d'information : PERFOSIM, ARCOSIM-HLA et RICOS.

L'étude PERFOSIM (PERFORmance des SIMulations distribuées) a pour but d'évaluer *a priori* les performances d'une simulation distribuée existante ou future. Cette étude a pris fin en juillet 2002. Des outils de simulation de fédérations HLA développés dans le cadre de cette étude sont aujourd'hui disponibles, et alimentent la bibliothèque d'utilitaires de l'ITCS. Ils permettent ainsi aux architectes de simulations distribuées d'évaluer la performance de leur système de simulation avant même de l'avoir réalisé et ainsi d'en optimiser l'architecture.

L'étude ARCOSIM-HLA consiste d'une part à évaluer la complétude du standard HLA et des outils logiciels associés par rapport aux besoins de la simulation distribuée de défense, notamment en termes de performances, fonctionnalités et sécurité ; et d'autre part à mettre au point des méthodes de capitalisation et de réutilisation des modèles de données de simulation. Cette étude de 18 mois a démarré en juillet 2002. L'étude sur les performances comprend notamment l'évaluation de 6 RTI sur étagère dont celles du DMSO 1.3 NG, des sociétés Pitch (1.3 NG et IEEE 1516) et Mäk, de l'ONERA (CERTI). L'étude sur la sécurité concerne plus précisément la protection des informations relatives aux modèles et aux données d'une simulation par rapport aux autres fédérés (cas d'une fédération multinationale, ou d'une fédération simulant un système complexe et répartie entre plusieurs industriels concurrents).

La sécurité interne d'une fédération de simulation distribuée étant prise en compte par l'étude ARCOSIM-HLA, celle concernant l'infrastructure de réseau de simulation distribuée est traitée dans le PEA RICOS (Réseau d'InterConnexion de Simulations). L'objectif de cette étude, qui entre dans sa phase finale,

consiste à développer la meilleure architecture possible pour un réseau sécurisé de simulation distribuée français, interconnectant des centres d'études des armées et de la DGA. Des expérimentations du standard HLA ont été menées sur ce prototype à l'aide de cas concrets. Le niveau minimum de sécurisation est confidentiel défense. Dans le cadre de cette étude, une méthodologie est également mise au point pour conduire les exercices interarmées de façon distribuée. Des résultats intermédiaires particulièrement intéressants ont déjà été obtenus dans cette étude qui doit s'achever aux alentours de juin 2003.

Avec la disponibilité des stations de travail de type PC (*Personal Computer*) puissantes et très bon marché, il est aujourd'hui envisageable de disposer, à moindre coût, des ressources de calculs haute performance par agrégation de PC au sein de clusters ou de grilles. Parallèlement, l'offre croissante des logiciels libres de qualité industrielle, notamment le système d'exploitation LINUX, permet d'avoir gratuitement (ou à très bas prix) des solutions de qualité que l'on peut maîtriser et même adapter grâce à la disponibilité du code source. Toutefois, l'implémentation de simulations haute performance sur ce type de plate-forme est ardue. Il manquait jusqu'ici un système capable de rendre transparente la distribution voire l'hétérogénéité du support matériel. C'est ce que propose le système d'exploitation distribué, GOBELINS, de l'IRISA (Institut de Recherche en Informatique et Systèmes Aléatoires) de Rennes, qui permet à l'utilisateur de « voir » un cluster de PC comme un ordinateur multiprocesseurs (SMP) unique. L'étude COLISSYMO (Cluster Opérationnel sous LINUX pour la Simulation de SYstèmes et la MODélisation) a pour but de tester une architecture de clusters et de développer des outils logiciels associés pour les simulations de défense. Le système d'exploitation LINUX modifié sera, à l'issue de l'étude, disponible au public sous forme de logiciel libre.

L'étude CAPSULE (Conception Abstraite Pour Simulation permettant la ré-Utilisation des modèLES) a pour objectif de concevoir des modèles métiers indépendants des plates-formes de simulation. Pour cela, l'étude s'oriente vers l'approche MDA qui permet de développer des PIM pour les besoins de l'ITCS. La fin de ces deux études est programmée vers fin 2004.

En plus de ces aspects purement techniques, nous avons également lancé une étude méthodologique sur le processus VV&A, il s'agit du PEA REVVA (REFérentiel pour la Vérification, Validation, Accréditation des données, modèles et simulations). La principale attente de ce PEA est l'élaboration d'un standard internationale permettant de partager les bonnes pratiques de VV&A au sein de la communauté M&S en France mais aussi chez nos partenaires européens. Ainsi, l'essentiel du PEA REVVA est pris en compte par le biais d'une coopération européenne EUCLID qui devrait démarrer à la fin de l'année 2002. Il est à souligner que cette étude sur le VV&A est un aboutissement des réflexions menées sur le sujet depuis plusieurs années, en particulier en coopération avec le Royaume-Uni.

## **4.2 Projets en coopération**

Parmi les autres projets en coopération, deux d'entre eux méritent particulièrement d'être pris en compte dans l'étude ARCOSIM-SA : EUCLID RTP 11.13 « *Realising the Potential of Networked Simulation in Europe* » et NATO *Simulation Resource Library*.

Le premier projet regroupe 13 pays et 23 entreprises européennes. Le Royaume-Uni est le pays pilote dans ce projet. L'objectif du projet est la mise au point de méthodes et outils pour la spécification, la conception et la mise en œuvre d'environnements synthétiques multinationaux. Dans ce cadre, un processus (SEDEP), dérivé du FEDEP américain, a notamment déjà été défini pour le développement d'environnements synthétiques. Pour chacune des étapes de ce processus, des outils *ad hoc* seront réalisés pour aider les différents acteurs dans leur travail, depuis la capture du besoin jusqu'à l'exploitation des résultats. Ce projet contribuera donc fortement à l'amélioration du processus de développement des simulations et de leur utilisation, que ce soit pour l'entraînement, la répétition de mission ou l'acquisition. Actuellement, le projet entre dans sa dernière année. Une architecture technique est déjà largement définie (voir l'article de K. Ford [3] pour plus de détails). Elle est prise en compte dans la définition l'ITCS, afin que cette

dernière puisse éventuellement constituer la module français de cet environnement distribué d'aide à l'ingénierie et à la mise en œuvre des simulations, et partager les ressources communes de M&S.

Concernant ce dernier point, le *NATO Modelling and Simulation Group* (NMSG) s'intéresse aussi de près à la mise en place d'une base de données pour capitaliser et partager des ressources de M&S au sein des pays membres et des partenaires pour la paix de l'OTAN. Pour cela, un groupe de travail intitulé « *NATO Simulation Resource Library* » (*Task Group MSG012-TG009*) s'est constitué depuis fin 2001 pour spécifier les exigences communes de cette une base de données. Cinq pays participent aux travaux de ce groupe, ce sont dans l'ordre alphabétique : l'Allemagne, le Canada, la France, la Norvège et le Royaume-Uni. Les États-Unis y participe également en fournissant leur retour d'expérience et des documentations sur leur outil MSRR (*Modeling and Simulation Resource Repository*). Les besoins nationaux sont bien évidemment pris en compte mais tout en privilégiant une vision commune des caractéristiques de données et des ressources à capitaliser. Les travaux du projet EUCLID RTP 11.13 sur la capitalisation sont aussi analysés et discutés dans ce groupe de travail de façon à faciliter la réutilisation et l'interopérabilité de tous ces outils de capitalisation. Un rapport d'étude sera finalisé par ce groupe de travail dès début 2003. Il présentera la solution proposée, l'organisation à mettre en place et les efforts financiers requis.

## **5.0 ORGANISATION DE L'ETUDE**

Après avoir dressé un panorama sur les problèmes généraux à traiter dans l'étude ARCOSIM-SA et les projets clefs qui le concernent, nous allons présenter la démarche retenue pour le développement de l'ITCS ainsi que le calendrier de déploiement de l'ITCS.

Compte tenu de la multitude et du degré d'avancement divers des études lancées par la DGA pour soutenir la démarche de simulation pour l'acquisition en France, il a été décidé de mener le développement du socle technique de cet élan de façon incrémentale. Une première version de l'ITCS ne prendra en compte que les services fondamentaux de la simulation distribuée. Dans les phases successives, les processus transverses tels que le VV&A seront instrumentés, le champ des simulations prises en compte par l'ITCS sera élargi, sa communication avec les installations d'essais sera précisée, et enfin, l'ouverture de l'ITCS sur des acteurs industriels et étrangers sera considéré.

Par ailleurs, la démarche retenue est participative. Elle repose sur une participation active des centres utilisant la simulation pour leurs activités. Cela garantit une prise en compte correcte de la difficulté que représentera pour les opérateurs de simulation la transition de leur outils historiques vers l'ITCS, et de la traiter de façon adéquate.

### **5.1 L'état des lieux**

Le projet d'ITCS est structurant pour l'ensemble des acteurs français de la simulation pour l'acquisition. Mais il ne peut pas faire abstraction de tous les moyens existants aujourd'hui, ainsi que des compétences associées. Pour son lancement, il était donc fondamental d'impliquer une communauté large, mais surtout représentative de tous ces acteurs. Chacun des centres de la DCE a donc nommé un correspondant simulation, constituant ainsi le réseau d'expert nécessaire pour relayer l'élan « simulation pour l'acquisition » sur l'ensemble des sites. Cela a permis de fournir à chacun une vision globale et partagée du paysage M&S au sein des centres d'études de la DGA. Chacun a pu constater la diversité des outils mis en œuvre : diversité de technologie des outils, diversité de finalité, diversité de granularité des modèles, diversité de vocabulaire...

Ce point s'est avéré très positif pour la suite du projet, mais également pour les centres eux-mêmes : ayant fréquemment des problèmes analogues à résoudre, ils ont pu constater que des solutions existaient

déjà sur d'autres sites. Des clubs utilisateurs se sont d'ailleurs organisés pour prolonger ces échanges initiaux fructueux.

En parallèle, de nombreuses interviews ont été organisées auprès des équipes de direction de programme, dans les domaines aéronautique (avions, drones et missiles), terrestre et maritime. Ces équipes sont les bénéficiaires immédiats des résultats de simulation : ceux-ci les aident dans leurs choix sur l'orientation à prendre pour les différents jalons du déroulement des programmes. Ces rencontres ont permis de prendre conscience des divers modes de fonctionnement, d'identifier les interlocuteurs privilégiés dans les équipes pour les activités M&S (« architectes système », responsables de marque, manager), et de découvrir enfin des pratiques assez variables sur ce domaine, qu'il s'agisse de la démarche retenue, des outils utilisés, des relations avec les industriels, ou des difficultés rencontrées... Toutes ces informations sont bien sûr prises en compte dans la définition de l'ITCS qui, en tant qu'outil essentiel de la conduite du changement, doit soutenir l'évolution vers l'application généralisée des principes de la simulation pour l'acquisition.

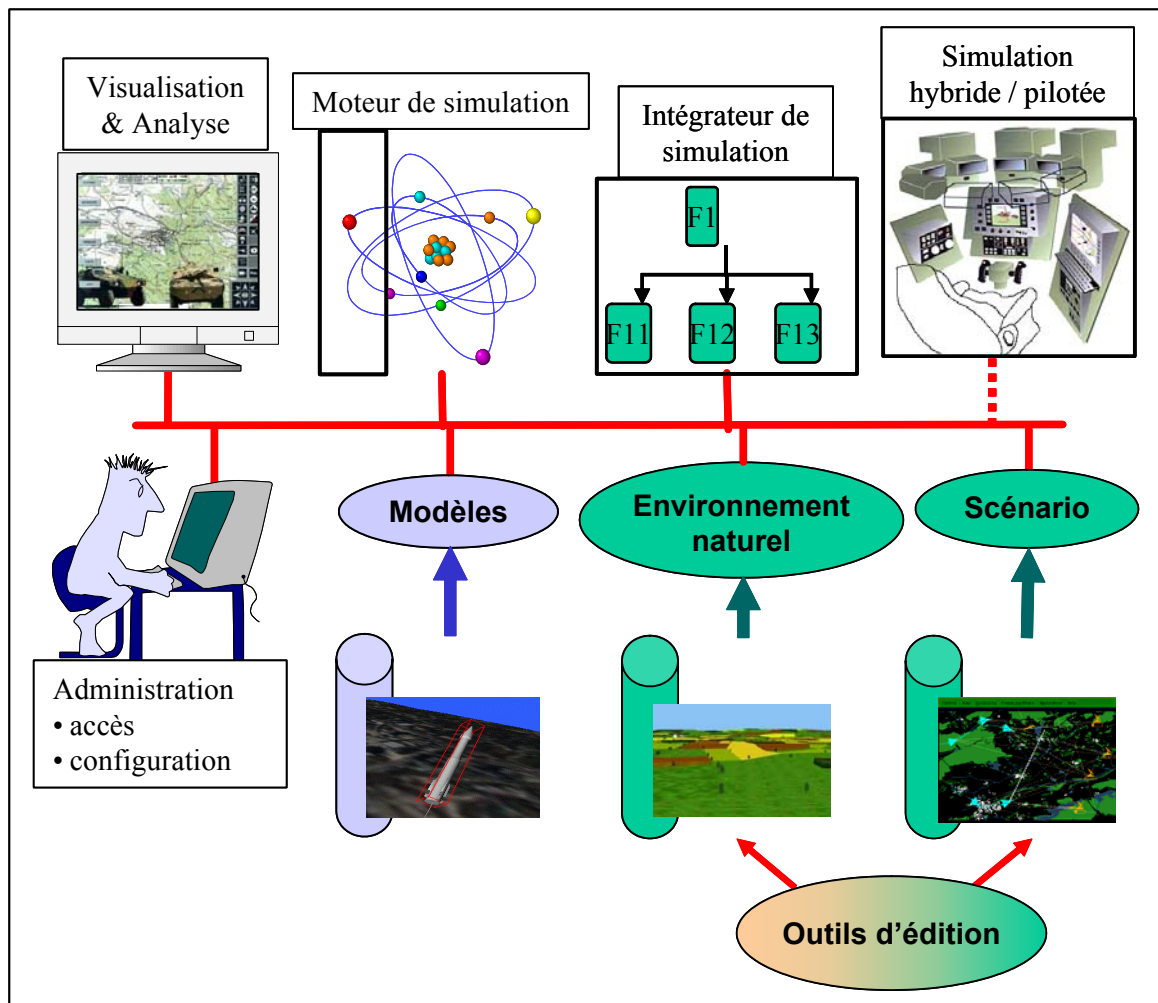
Enfin une analyse bibliographique des initiatives analogues à l'ITCS (notamment JDEP, JVB, JSB, VPG) lancées principalement par les États-Unis, nous permet de tirer profit de leur expérience dans ce domaine, et d'espérer pouvoir éviter certains écueils déjà connus.

## **5.2 L'analyse fonctionnelle de l'ITCS**

Un des écueils majeurs pour les projets importants qui s'étalent sur plusieurs années, réside dans l'utilisation de technologies dont le cycle de maturité est bien plus court. C'est pourquoi il a dû être fait, autant que possible, abstraction des solutions techniques qui peuvent répondre aux besoins de l'ITCS.

L'exercice majeur est donc de définir précisément et exhaustivement les fonctions attendues de cette infrastructure, de caractériser ses utilisateurs, ses milieux environnants, et ce, pour la totalité de son cycle de vie, de son déploiement jusqu'à son maintien en condition opérationnelle. Cette analyse fonctionnelle se terminera à la fin de cette année.

Nous pouvons doré et déjà fournir une vision initiale de l'architecture fonctionnelle de l'ITCS. Cette vision est représentée sur le schéma Figure 1.



**Figure 1: Synoptique de l'architecture de l'ITCS.**

Ce synoptique contient les éléments constituant le noyau dur de l'ITCS dans sa première version :

- une fonction de capitalisation et de gestion de configuration, représentée par des bases de données, relatives aux modèles et aux données d'environnement naturel ou tactique ;
- des outils d'édition de scénarii et de conception de simulations ;
- des fonctions de visualisation et de post-traitement ;
- des utilitaires pour l'utilisation et l'administration de l'ITCS ;
- un moteur de simulation ;
- une fonction de communication, représentée par un réseau.

Comme mentionné précédemment, il est aussi prévu de prendre en compte dans la mesure du possible les simulations hybrides et pilotées dans l'ITCS, mais dans une version ultérieure de l'ITCS.

### 5.3 Planning des travaux futurs

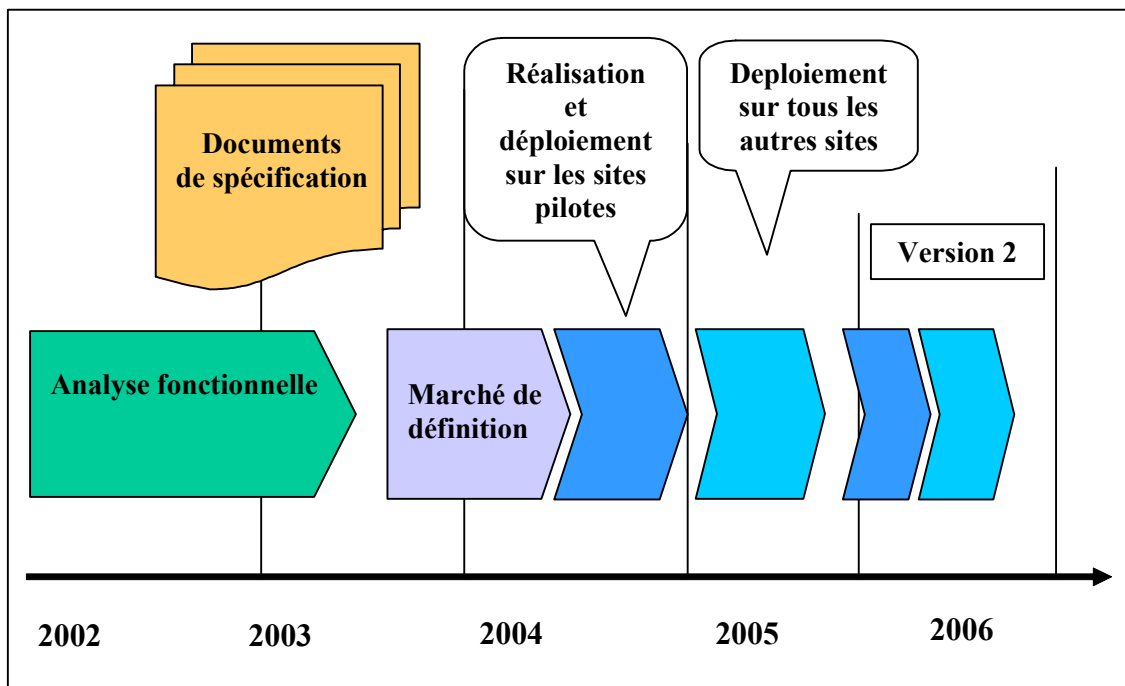
Le cahier des charges élaboré dans la phase précédente servira de base pour mettre en compétition en 2003 deux maîtres d'œuvre industriels dans le cadre d'un marché de définition, avec pour objectif de définir une

architecture technique répondant aux besoins exprimés. Les architectures proposées seront jugées en fonction de leur performance technique, de leur capacité à évoluer et à s'intégrer dans des architectures plus globales. Elles seront évaluées pour cela sur trois projets particuliers de simulations, qui seront déterminés afin d'obtenir une couverture aussi large que possible des activités que mène actuellement la DGA.

Mais le choix de l'une ou l'autre architecture candidate reposera également sur des critères économiques : il sera ainsi demandé une analyse technico-économique de l'infrastructure : coûts de déploiement et d'utilisation, prenant en compte aussi bien l'effort financier que l'effort lié à l'organisation et au changement d'outils et de méthodes.

Enfin, un troisième critère de jugement concernera les recommandations d'achats que devront proposer les industriels. Ces recommandations préciseront en particulier les contraintes d'interface liées à l'ITCS pour les futurs achats d'outils de simulation dans le cadre des programmes d'armement menés par la DGA. Elles constitueront une aide pour les équipes de programmes, et garantiront la cohérence et l'interopérabilité des différentes simulations.

À l'issue de cette compétition, la meilleure proposition devra être réalisée par son auteur, déployée progressivement sur les sites concernés à la DGA, et maintenue dans le cadre d'un marché unique. Il est prévu de déployer une version majeure par an sur l'ensemble des sites. Figure 2 précise le calendrier des travaux depuis la spécification jusqu'aux déploiements successifs sur les sites de la DGA.



**Figure 2 : Calendrier de réalisation de l'ITCS.**

## **6.0 CONCLUSION**

L'étude ARCOSIM-SA est un projet ambitieux, tant au niveau de ses objectifs techniques que du nombre d'acteurs impliqués. Mais c'est également un projet structurant et fédérateur dans la mesure où il mobilise toute la communauté M&S de la DGA pour développer un environnement commun de simulation, au profit d'une évolution des modes d'acquisition des systèmes de Défense.

À terme, l'ITCS contribuera donc de manière majeure au processus de simulation pour l'acquisition puisqu'il fournira un ensemble cohérent d'outils pouvant être mis en œuvre durant tout le cycle de vie d'un programme d'armement. L'ITCS contribuera également à uniformiser les méthodes et les processus, à développer une nouvelle culture chez les personnels pour la réussite de la simulation pour l'acquisition.

Cependant, d'autres efforts complémentaires sont également nécessaires pour son succès. Il faut mettre en place une gestion des connaissances (*Knowledge Management*), une politique d'acquisition cohérente et efficace à l'échelon central, et des formations aux technologies de M&S. Bref, la conduite du changement passe par l'évolution des cultures, tout autant que par la fourniture de solutions techniques adaptées et la redéfinition des processus.

Enfin, l'ITCS se veut être une infrastructure ouverte. Nous souhaitons en effet en faire un outil de collaboration avec nos partenaires industriels et nos alliés européens et de l'OTAN. C'est pourquoi nous avons souhaité exposer la quasi-totalité des études articulant ce projet, au risque de perturber le lecteur par certains détails peut-être superflus. Mais il nous apparaissait essentiel d'offrir une visibilité correcte sur un projet pluriannuel sur lequel la DGA investit financièrement, et qui nous semble un outil essentiel pour réussir la conception et la réalisation des systèmes de Défense d'aujourd'hui et de demain dans un cadre allant toujours davantage vers l'internationalisation et la répartition géographique des divers acteurs.

L'avenir nous dira si cette ITCS tiendra les promesses fondées en elle, et les premiers retours d'expérience de son utilisation concrète, qui devraient avoir lieu à partir de fin 2004, seront essentiels pour réussir le déploiement itératif et l'évolution éventuelle des versions suivantes.

## **7.0 REFERENCES**

- [1] Burns *et al.*, A Simulation Independent Scenario Development System, In *Proceedings of Fall 2002 Simulation Interoperability Workshop*, Vol. 2, pages 543-549, Orlando, USA, September 2002.
- [2] J. Dahmann and R. Clarke, Joint Distributed Engineering Plant Technical Framework: Applying Industry Standards to System-of-System Federations for Interoperability, In *Proceedings of Fall 2002 Simulation Interoperability Workshop*, Vol. 1, pages 57-65, Orlando, USA, September 2002.
- [3] K. Ford, The Euclid RTP 11.13 SE Development Environment, In *Proceedings of European Simulation Interoperability Workshop*, Vol. 1, Orlando, UK, 2002
- [4] M.V.R. Johnson, M.F. Md Keon and T.R. Sxanto, *Simulation Based Acquisition: A New Approach*, Report of the 1997-1998 DSMC Military Research Fellows, Defense Systems Management College Press, Virginia, USA, December 1998.
- [5] J.G. Lake, V & V in Plain English, In *Proceedings of the INCOSE International Symposium*, page 1357, Brighton, England, June 1999.
- [6] S.W. Reichenthal, The Simulation Reference Markup Language (SRML): A Foundation for Representing BOMs and Supporting Reuse, In *Proceedings of Fall 2002 Simulation Interoperability Workshop*, Vol. 1, pages 285-290, Orlando, USA, September 2002.

**Page intentionnellement blanche**

---

**This page has been deliberately left blank**