

# Les compétences en système complexe

## ENJEUX ET PROPOSITIONS

Une étude réalisée par le Pôle de Compétitivité SYSTEM@TIC PARIS-REGION  
2006-2008



Le mot Système est issu du grec sustéma qui signifie ensemble organisé

L'International Council on Systems Engineering (INCOSE) définit un système comme un ensemble formé de plusieurs ensembles (matériels, logiciels, personnes) organisés pour que leur inter-fonctionnement permette d'accomplir les missions pour lesquelles le système a été conçu

Cette étude a bénéficié du soutien de



Fonds social européen



MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE,  
DES FINANCES  
ET DE L'EMPLOI

MINISTÈRE DU TRAVAIL,  
DES RELATIONS SOCIALES  
ET DE LA SOLIDARITÉ

*Au cœur de la révolution numérique, le Pôle de compétitivité SYSTEM@TIC PARIS-REGION s'est donné pour mission de développer l'économie, la compétitivité des entreprises et l'emploi, en utilisant les leviers de l'innovation, du partenariat et de la formation.*

*La disponibilité d'ingénieurs et de chercheurs de haut niveau et bien formés est essentielle pour les entreprises de haute technologie. C'est de ce constat qu'est née la volonté d'étudier les compétences en Système Complexe, thématique au cœur des activités des acteurs du Pôle SYSTEM@TIC PARIS-REGION.*

*Aussi, dès 2006, notre Pôle a conduit une étude Compétences Système avec le soutien principal de l'Union Européenne via le Fonds Social Européen, du Ministère du Travail, des Relations Sociales, de la Famille et de la Solidarité via le Dispositif EDEC, du Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Emploi et des DRIRE.*

*Je suis heureux de vous remettre aujourd'hui ce livret résumant les points forts de cette étude, qui aura mobilisé sur près de 18 mois une trentaine d'acteurs du Pôle conduits par Alain Bravo, dont je remercie chaleureusement la mobilisation.*

*Au-delà du regard croisé entre les besoins des industriels et le potentiel francilien en matière de formation sur la thématique Système, cette étude propose solutions et plan d'actions visant à renforcer notre compétitivité au travers de l'emploi et la formation.*



**Dominique VERNAY**

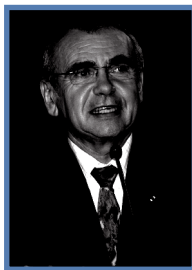
Président du Pôle de Compétitivité  
SYSTEM@TIC PARIS-REGION

*La collaboration active, l'assiduité, la transparence et l'écoute qui ont régné tout au long des dix comités de pilotage du groupe de travail Compétences Système, et des réunions intermédiaires auxquelles ils ont donné lieu, sont symboliques de l'esprit SYSTEM@TIC PARIS-REGION. PME, grands groupes, établissements de recherche et établissements d'enseignement supérieur ont remarquablement travaillé ensemble.*

*Cette synergie a été rendue possible par l'investissement volontaire de chacun des membres du groupe, par l'encadrement et la disponibilité des membres du Secrétariat Permanent du Pôle et la collaboration du cabinet CarTesa dont je salue le professionnalisme.*

*Outre les résultats de l'étude que nous avons menée et les éléments d'analyse qu'ils fournissent*

*sur l'adéquation entre formation proposée et demande industrielle en Compétences Système, j'espère que les lecteurs de ces pages retrouveront l'intérêt que j'ai trouvé dans la démarche de construction collective d'une cartographie partagée.*



**Alain BRAVO**

Directeur Général de SUPELEC  
Membre du Bureau Exécutif  
de SYSTEM@TIC PARIS-REGION

---

## Sommaire

La genèse de l'étude .....	4
La méthodologie .....	5
La cartographie .....	6
L'enquête emploi .....	7
L'étude benchmarking .....	8
Les formations Système du Pôle .....	10
Des défis pour demain et des propositions .....	12
Répertoire de cursus de formations Système en Ile-de-France (2008) .....	14
Les membres du Comité de Pilotage .....	16

---

## La genèse de l'étude

Comment un pôle de compétitivité mondial peut-il s'assurer que ses membres bénéficieront demain des meilleures compétences ?

Quelles seront les caractéristiques indispensables en termes de Compétences Système aux acteurs de SYSTEM@TIC PARIS-REGION ?

Quels seront les besoins à un horizon de 5 ans ?

Les Compétences Système seront-elles suffisantes ?

Correspondront-elles réellement aux attentes des industriels ?

Les formations proposées aujourd'hui sont elles adaptées et le seront-elles demain ?

Comment sont organisés les autres pays en termes de formation ?

C'est de ces questions et sous l'impulsion de SYSTEM@TIC PARIS-REGION qu'est née l'idée de mener une étude complète sur le thème, traité pour la première fois, des Compétences Système en Ile-de-France et plus particulièrement sur l'élaboration du profil type de l'Ingénieur Système, tel qu'il apparaît au cœur des métiers du Pôle.

Le développement de la compétitivité des entreprises et de l'emploi au sein du Pôle SYSTEM@TIC PARIS-REGION passera incontestablement par la construction d'un écosystème de formation sur le territoire francilien, répondant en tous points aux attentes des acteurs industriels de l'innovation. 

# La méthodologie

Appréhender les besoins des industriels du Pôle, les confronter avec l'offre francilienne de formation Système, mesurer les écarts, puis préconiser un plan d'actions pour assurer l'adéquation entre demande et offre.

## Un Comité de Pilotage fortement impliqué

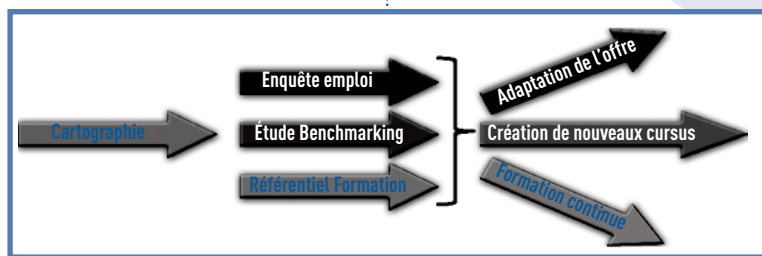
Réunissant les représentants de 11 établissements de formation (AFTI, Ecole Centrale Paris, Ecole Polytechnique, ENS de Cachan, ENSEA, ENSTA, Institut d'Optique Graduate School, Supélec, TELECOM SudParis, Université Paris-Sud 11 et Université Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines), 3 établissements de recherche (CEA, CNES, CNRS) et 5 industriels (Alcatel-Lucent, Medit, Renault, Thales, Valeo), ainsi que l'AFIS ; ce Comité est conduit par Alain Bravo, Directeur Général de Supélec et membre du Bureau Exécutif de SYSTEM@TIC PARIS-REGION. Ce Comité de Pilotage, au-delà de son rôle structurant dans l'orientation générale des travaux, a validé la méthodologie et participé activement en s'impliquant dans chacune des phases de l'étude.

## Une étude en 3 phases :

- Une phase exploratoire consistant à vérifier et confirmer les attentes des industriels au regard de la formation actuellement proposée.
- Une phase d'analyse approfondie mettant en œuvre différentes enquêtes ; une auprès d'un large panel d'industriels partenaires du Pôle représentatifs des métiers Système, une analyse de la formation Système dispensée à l'international et un recensement des formations Système proposées en Ile-de-France.
- Une phase d'analyse des résultats de ces enquêtes permettant d'établir une comparaison entre offre et demande et d'en mesurer l'adéquation.

## Un programme de travail structuré autour d'actions clés

- Une cartographie des Compétences Système : ou « comment parler le même langage ? »
- Un recensement des besoins (quantitatif et qualitatifs) à court et moyen terme des acteurs industriels
- Un recensement des formations proposées sur le territoire francilien
- Une étude benchmarking : analyse de l'offre de formation Système internationale
- Une classification de l'offre de formation francilienne
- Une analyse de l'écart entre besoin et offre afin de proposer des solutions adaptées



et enfin...

- Des préconisations : une feuille de route pour 2009 et les années à venir


En savoir plus sur l'Etude Compétences Système : [www.systematic-paris-region.org](http://www.systematic-paris-region.org)

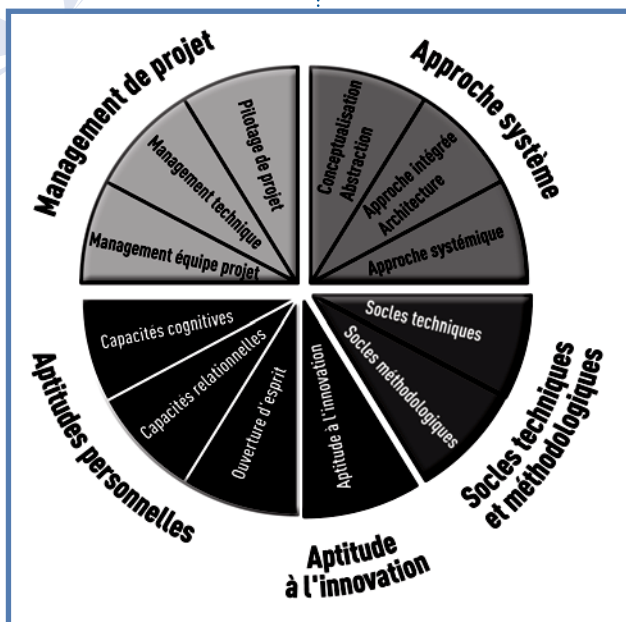
# La cartographie

## Un consensus pour un même langage des Compétences Système

La signification de « Système Complexe » varie selon les pays, les typologies d'acteurs (académiques et industriels) et même entre entreprises. La construction d'une cartographie est apparue indispensable afin que les acteurs des systèmes complexes en Ile de France puissent se comprendre parfaitement dans le cadre de cette étude.

Cette cartographie a été réalisée à partir du recensement des définitions transmises par les industriels partenaires. Elle s'organise autour d'une classification en 5 grandes familles de Compétences Système, elles-mêmes réparties en 12 sous-familles.

Cette classification a été soumise à la validation des entreprises interrogées, réajustée puis validée par l'ensemble des acteurs sollicités et le Comité de Pilotage. 



Cartographie des Compétences Système

## L'enquête emploi

### Un recensement auprès d'un panel représentatif des acteurs du Pôle

Un panel de 70 partenaires du Pôle SYSTEM@TIC PARIS-REGION a été constitué pour répondre à l'enquête emploi. Cet échantillon était constitué de :

- 40 PME
- 26 grandes entreprises
- 2 entreprises publiques
- 1 établissement de recherche
- 1 institutionnel

L'enquête s'est déroulée sous forme d'interviews réalisées, au sein de ces organismes, en priorité auprès des PDG et gérants (39%), des Directeurs Techniques ou opérationnels (28%), et des DRH (7%).

Dans la perspective où ces compétences n'existent pas dans l'entreprise, comment procédez-vous ?



### Un accroissement des besoins spécifiques en Compétences Système, en particulier au sein des PME innovantes

Après analyse des résultats, il apparaît que seulement 22% des organismes interrogés estiment disposer au sein de leurs équipes, des Compétences Système adaptées à leurs besoins.

Selon les organismes interrogés, ce besoin est pallié dans 25% des cas par un recours à de la formation et dans 50% des cas par un recours au recrutement.

>>>

Les recrutements de profils en Compétences Système représentent potentiellement :  
5 568 recrutements, dont 382 dans les PME d'ici 2 ans  
6 415 recrutements, dont 725 dans les PME pour les 3 années suivantes  
11 983 recrutements sont ainsi prévus en Compétences Système au sein des 70 organismes interrogés

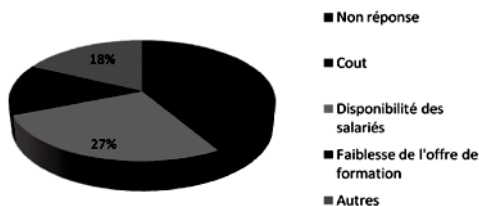
>>>

Cette tendance suscite chez les industriels de nombreuses interrogations, 65% des entreprises interrogées dans le cadre de l'étude rencontrent des difficultés pour recruter ce type de profil. Les PME se voient particulièrement pénalisées par ces difficultés de recrutement.

Les obstacles aux recrutements sont liés majoritairement à l'absence de compétences adaptées et à la tension actuelle du marché. Les autres facteurs de blocage également cités étant le niveau de rémunération ainsi que le manque d'attractivité du secteur.

S'agissant de la mise en œuvre de formations continues pour pallier les besoins en Compétences Système, l'écueil réside notamment, en particulier pour les PME, dans le fait que les formations soient jugées chronophages, coûteuses et peu nombreuses (offre adéquate limitée). 🌀

Les freins à la mise en œuvre de formation continue



## L'étude benchmarking

### Etudier l'offre internationale et identifier les bonnes pratiques

15 formations étrangères ont été identifiées et analysées dans le cadre de l'étude benchmarking. Le premier objectif poursuivi par cette étude en analysant l'offre internationale était d'identifier par recoupement, les formations Système les plus complètes et adaptées.

Cette analyse a permis d'élaborer des comparaisons avec l'offre francilienne, puis de recenser des bonnes pratiques en matière de formation



Formations analysées

Système, qui pourraient être adaptées aux formations existantes ou inspirer de nouveaux cursus si nécessaire.

### La méthode d'analyse

Une liste exhaustive des 250 cours proposés par ces formations a dans un premier temps été établie, puis ces cours ont fait l'objet d'une classification permettant de former des ensembles de cours cohérents du point de vue de leurs contenus.

Une dénomination générique a été attribuée à chacun de ces ensembles qui ont été rapprochés de la cartographie. Une focalisation a été opérée sur 3 familles qui se sont avérées les plus au cœur des métiers Système : approche système, management de projet et socles techniques et méthodologiques

*En savoir plus sur l'Etude Compétences Système : [www.systematic-paris-region.org](http://www.systematic-paris-region.org)*



## APPROCHE SYSTEME

### Ingénierie système

- Les besoins en ingénierie système
- Le cycle de vie d'un système industriel
- L'ingénierie des exigences
- La conception d'un système industriel
- Les processus d'ingénierie système (normes d'ingénierie système)

### Architecture système

- La démarche architecturale
- L'approche système
- L'intégration
- Les concepts architecturaux de base
- Les visions et vues architecturales
- Les cadres d'architecture système

### Modélisation et simulation systémique

- La modélisation et le dimensionnement d'un système industriel : modèles systémiques, modèles fonctionnels, modèles objets, modèles comportements, modèles de performance, modèles de données, modèles managériaux et organisationnels
- Les outils d'Ingénierie Système « Product Lifecycle Management » (PLM), les outils de gestion d'exigences (ex : DOORS)

## MANAGEMENT DE PROJET

### Gestion de projet système

- Le cycle de vie du projet
- Les acteurs d'un projet système
- Les métriques de processus pour le contexte système (CMM)
- La gestion du changement d'un point de vue technique
- Les bases du management du risque et de la production
- L'interface client/contracteur
- La planification d'un projet système, aspects organisationnels

### Gestion du facteur humain en ingénierie système

- Gestion du changement, impact sur les équipes projets et l'entreprise
- Ingénierie centrée autour de l'utilisateur – comprendre l'utilisateur
- Gestion des équipes d'ingénierie
- Facteur humain et production

## SOCLE TECHNIQUE ET METHODOLOGIQUE

### Socle Technique

Il est dépendant de la spécialisation ou de l'orientation choisie par l'étudiant. Il est lié à un domaine ou un produit. Les cours techniques ne sont pas en première approche du ressort de l'ingénierie système. Ainsi le socle technique n'apparaît pas comme tel mais au sein d'un module optionnel de spécialisation.

### Socle Méthodologique

#### Analyse et optimisation de système

Management de système et évaluation, Analyse des performances d'un système, Optimisation d'un système, Design de systèmes robustes  
Amélioration de la planification

#### Outils et pratiques de l'ingénierie système

Outils de modélisation, outils de simulation, outils d'analyse, Mise en place d'expérience, Applications de l'approche système

#### Dimension industrielle

Méthodes de management de la production et notions de sûreté et qualité d'un système.

#### Dimension économique

Les principaux aspects économiques du contexte système et parfois l'ingénierie financière

# Les formations Système du Pôle

Tous les établissements d'enseignement supérieur, membres de SYSTEM@TIC PARIS-REGION, ont été sollicités pour nous aider à identifier les formations Système proposées sur le territoire du Pôle.

9 établissements se sont manifestés, proposant des formations Système. Ce premier recensement ne saurait être exhaustif, il sera complété chaque année et actualisé en ligne sur le site internet du Pôle.

A ce stade, 12 parcours de formations ont été collectés, analysés et qualifiés grâce à un outil spécifique qui permet, à l'aide de coefficients et de points, de mesurer la « coloration système » de chaque parcours de formation.

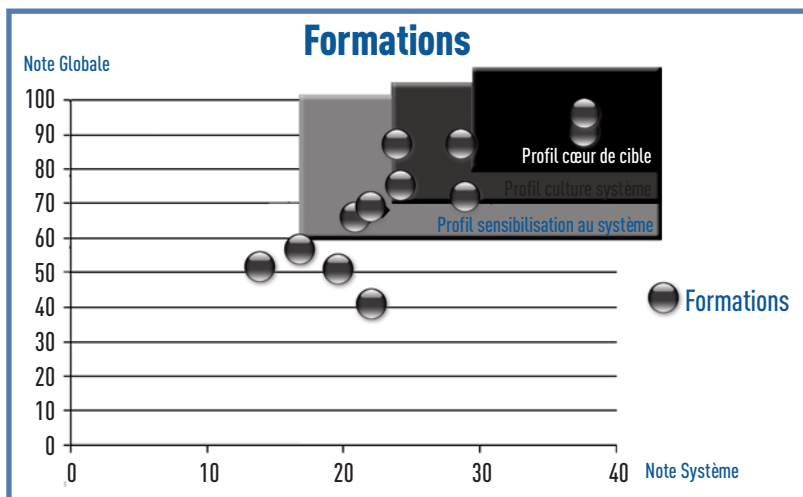
Après analyse, 3 profils type de formation se dégagent :

- Le profil « cœur de cible » le plus « coloré système »
- Le profil « culture système »
- Le profil « sensibilisation système »

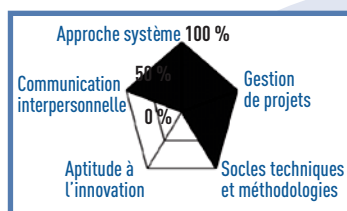
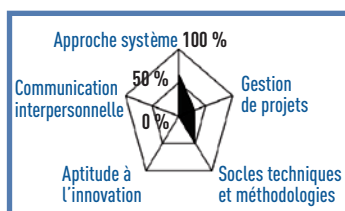
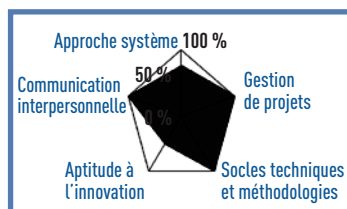
Sur les 12 formations analysées, 8 se situent dans un des trois profils identifiés et 4 sont intégrées à la dynamique. Même si elles n'appartiennent pas aux 3 profils définis, l'enseignement des systèmes de façon transversale dans ces parcours en font des cursus liés aux formations Système.



## Représentation graphique des formations classifiées



Chaque formation analysée a ensuite été représentée graphiquement sous forme de radar. Outil pratique et très visuel qui permet de positionner les formations par rapport aux blocs de compétences de notre cartographie. À titre d'illustration, 3 exemples de radars :



# Des défis pour demain et des propositions

## Défi 1

Développer un vivier de  
Compétences Système

Développer et structurer une  
recherche en ingénierie système

Tirer parti de l'inventaire DIGITEO  
Mettre en place un partenariat avec  
l'ANR  
Développer des bourses de thèse

Structurer et développer l'offre  
de formation initiale

Accompagner les partenaires  
académiques à structurer une ou des  
offres de formation système  
Développer des bourses de stages  
systèmes et des formations par  
alternance  
Mettre en valeur les formations  
systèmes via des critères de  
qualification permettant de les rendre  
plus lisibles aux entreprises

Développer et structurer l'offre  
de formation continue

Rendre lisible aux entreprises l'offre de  
formation continue en ingénierie et  
architecture système  
Créer des offres de formation avec des  
parcours modulables à la carte  
Proposer des offres personnalisées en  
s'appuyant sur les problématiques  
spécifiques des entreprises

## Défi 2

Affiner et valoriser  
les besoins de recrutement  
des entreprises

### Renforcer l'attractivité des métiers

Faire reconnaître et communiquer sur  
les carrières de l'ingénierie système

Valoriser l'ingénierie système comme  
le moyen d'être moteur dans la  
conception et la réalisation de projets  
technologiques internationaux

Etre au cœur de l'innovation et de la  
maîtrise de la complexité des systèmes

Identifier des thématiques de  
recherche

Promouvoir les métiers Système  
au sein des PME

### Accompagner les acteurs clés de l'emploi et des ressources humaines

Sensibiliser les directeurs de  
ressources humaines et les directeurs  
opérationnels aux profils des  
Compétences Système

Sensibiliser le service public de  
l'emploi et l'APEC aux profils des  
Compétences Système

Diffuser les offres d'emploi en mettant  
l'accent sur le profil de ces  
compétences avec une mise en exergue  
d'un lexique Système

# Répertoire de cursus de formations Système en Ile-de-France (premier recensement, 2008)

ÉTABLISSEMENT	INTITULÉ DE LA FORMATION	NIVEAU	DURÉE	OBJECTIF	PROFIL
AFTI	Ingénierie logiciel et Système	Bac +5	24 mois en alternance	Comprendre le cadre méthodologique de l'ingénierie système, expérimenter le développement d'un système depuis l'analyse des exigences jusqu'à l'intégration	☉
Supélec	Logistique des grands systèmes	Master spécialisé	12 mois	Maîtriser, les mécanismes fondamentaux, les outils, et les méthodes du soutien logistique. Appréhender le management des systèmes et des services de façon méthodologique sous les trois angles de vue : Ingénierie - Management - Stratégie Développer les compétences techniques et managériales pour devenir des concepteurs de services	•
Supélec	Management de projets et Ingénierie des Systèmes	Master spécialisé	12 mois	S'approprier les aspects techniques, économiques et financiers de la gestion de grands projets industriels ; Acquérir, renforcer ou formaliser les compétences de management de projet pour devenir responsable de programme, chef de projet ou créateur d'entreprise.	☉
Supélec	Formation qualifiante Ingénierie systèmes	Formation continue Non diplômante	Voir le site de l'établissement	Voir le site de l'établissement	☉
Polytechnique, Université Paris-Sud 11, INSTN	Master des systèmes industriels complexes	Master pro	24 mois	Former des architectes et ingénieurs système juniors (en systèmes embarqués, SI et Systèmes autonomes)	☉
ENSTA	Cursus 3e année	Master 2 Ingénieur	12 mois	Diplôme d'ingénieur généraliste	•
TELECOM SudParis	Software engineering for networks and services	Option cycle ingénieur	24 mois	Voir le site de l'établissement	☉

ÉTABLISSEMENT	INTITULÉ DE LA FORMATION	NIVEAU	DURÉE	OBJECTIF	PROFIL
TELECOM SudParis	Software engineering for smart devices	Master of science	24 mois	Advanced education in software engineering respond to the strong demand of industry, commerce, services for qualified specialists.	◎
ECP	Option systèmes avancés + filière Conception développement recherche	3e année	18 mois	Former des ingénieurs système dans le domaine des technologies embarquées de traitement de l'information, avec une compétence en conception de systèmes innovants	◎
ECP	Option systèmes avancés + filière Management projets	3e année	18 mois	Former des ingénieurs système dans le domaine des technologies embarquées de traitement de l'information, avec une compétence en management de projets complexe	•
ECE	Master of embedded systems	M1 bac +4 M2 bac +5	24 mois	Former des ingénieurs experts de l'analyse, conception et réalisation technique de systèmes d'information complexes et répartis	•
ECE	Master of Information systems	M1 bac +4 M2 bac +5	24 mois	Former des ingénieurs experts de l'analyse, conception et réalisation technique de systèmes d'information complexes et répartis	◎

◎ cœur de cible    ◎ culture système    ◎ sensibilisation système    • dans la dynamique

# Les membres du Comité de Pilotage

Marc AIGUIER	ECOLE CENTRALE PARIS
Christian BALLE	RENAULT
Alain BRAVO	SUPELEC
Riadh CAMMOUN	CEA
Antoine CHAILLET	SUPELEC
Jean-Yves COLOMBEL	THALES
David DECLERCQ	ENSEA
François DELFAUD	MEDIT
Jean-Marie DETRICHE	ECOLE CENTRALE PARIS
Thibault DE DIEULEVEULT	ALCATEL-LUCENT
Sylvain DORSCHNER	SYSTEM@TIC PARIS-REGION
Marie-Claude GERNELLE	AFTI
Jean GOUBAULT LARRECQ	ENS DE CACHAN
Jean-Yves HENRY	CEA
William JALBY	UNIVERSITE VERSAILLES SAINT-QUENTIN-EN-YVELINES
Armelle JAMAULT	SYSTEM@TIC PARIS-REGION
Jean-Michel JONATHAN	INSTITUT D'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL
Daniel KROB	ECOLE POLYTECHNIQUE
Gilles LE CALVEZ	VALEO
Michel LESAGE	THALES
Joseph MARIANI	CNRS - LIMSI
Gilles RAGAIN	CNES - DLA
Pierre ROLIN	TELECOM SUDPARIS
Alain SIBILLE	ENSTA
Jean-Claude TUCULOU	AFIS
Frédéric VAN LAUWE	AFTI
Colette VOISIN	UNIVERSITE PARIS-SUD 11

Le Comité de Pilotage a été accompagné par Aziz BENTAJ et Vanessa MORIN  
du cabinet CarTesa



Parc Technologique Les Algorithmes  
Bâtiment Euripide - RD 128 - 91190 SAINT-AUBIN  
Tél. : 01 69 81 65 65 - Fax : 01 69 41 69 19  
contact@systematic-paris-region.org  
www.systematic-paris-region.org

Le Pôle et ses projets de R&D sont soutenus par

