



# OPIIEC

*Etude sur le marché et les compétences autour des logiciels embarqués*

*Jean-François Perret, Président  
Renaud Smaghe, Directeur  
Frédéric Giron, Directeur*

*12 juin 2008*



*Pierre Audoin Consultants*

# Agenda

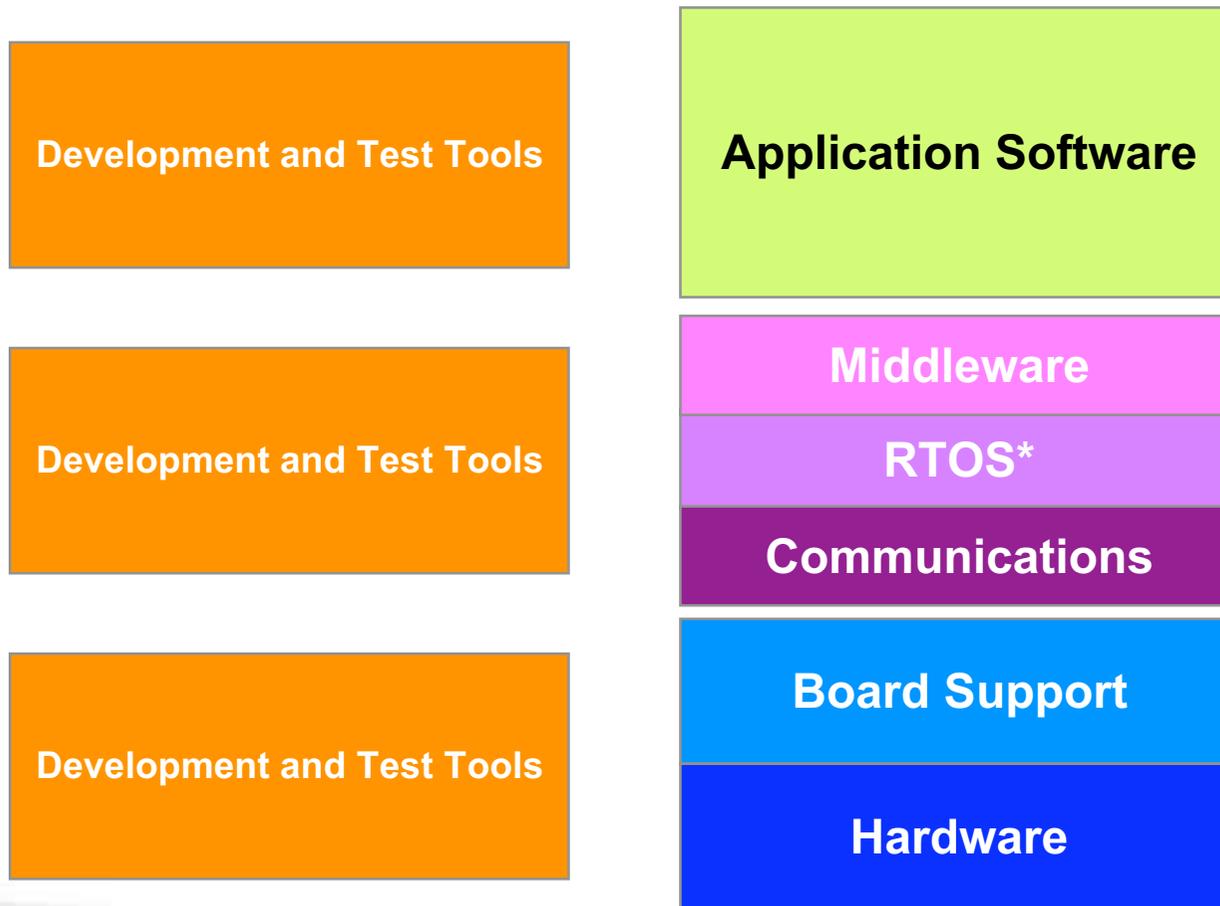
- **Méthodologie et définitions**
- Marché du logiciel embarqué en France
- Principaux enjeux et compétences autour du logiciel embarqué
- Principaux résultats des enquêtes terrain
- Annexes

# Définitions

- **Un logiciel embarqué est un logiciel permettant de faire fonctionner une machine, équipée d'un ou plusieurs microprocesseurs, afin de réaliser une tâche spécifique avec une intervention humaine limitée.**
  - Pouvant couvrir 3 grandes fonctionnalités
    - Traitement liée au fonctionnement de la machine.
    - Communication avec un autre calculateur (Machine to Machine).
    - Communication avec l'homme
  - Présent dans 4 grands domaines
    - Aerospace et Défense
    - Consumer electronics et Télécoms
    - Automobile
    - Emerging apps : Energy, Health, etc...
  - Développé par 4 types d'acteurs de l'industrie française
    - Les industriels
      - Composantiers
      - Equipementiers
      - Systémiers
      - Assembleurs/constructeurs
    - Les prestataires externes
      - Sociétés de services
      - Éditeurs
    - Les laboratoires de recherche
    - Les pôles de compétitivité

# Définitions : Embedded Generic Architecture

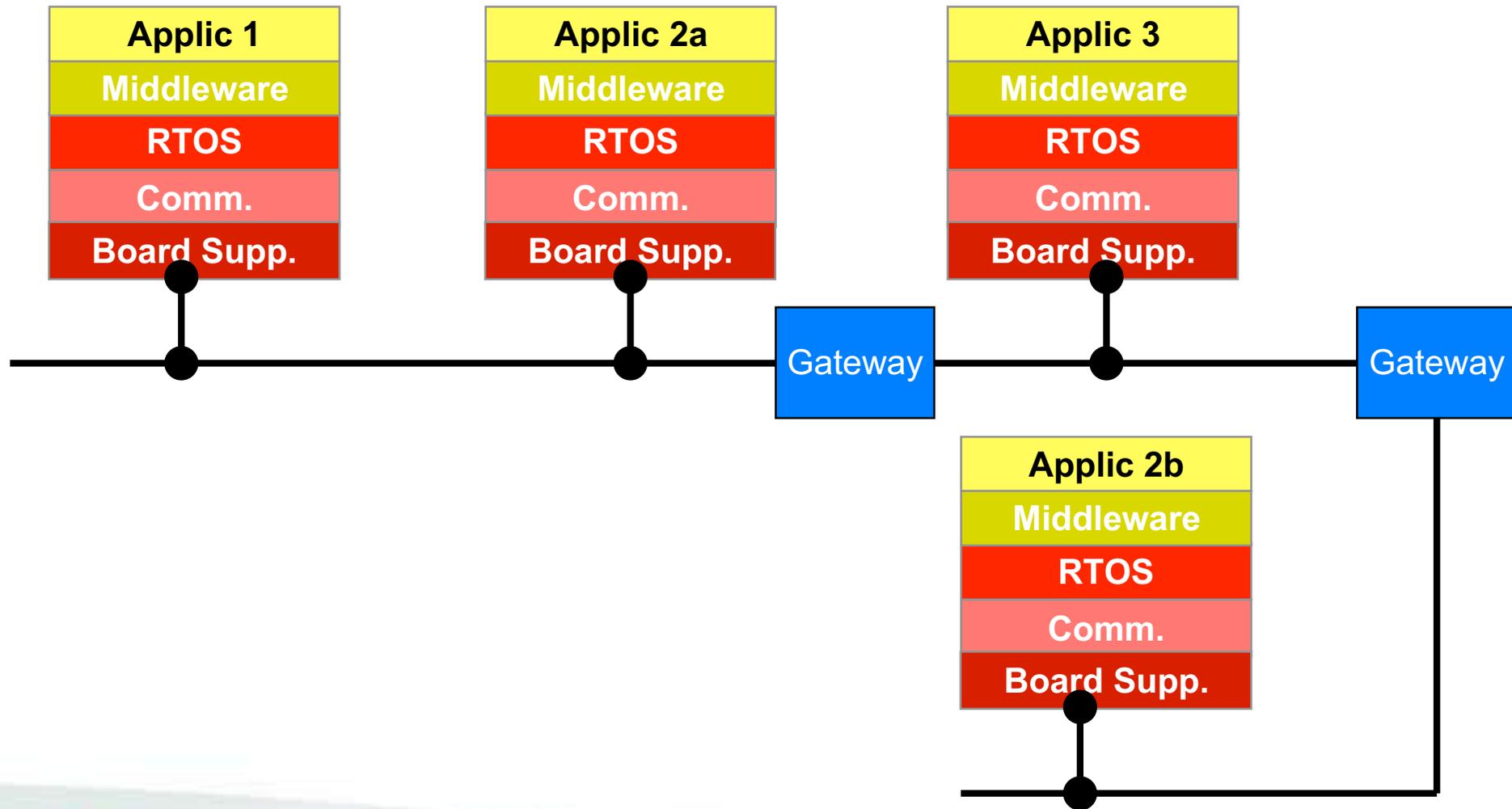
- Un logiciel embarqué est un logiciel permettant de faire fonctionner une machine, équipée d'un ou plusieurs microprocesseurs, afin de réaliser une tâche spécifique avec une intervention humaine limitée.



\*RTOS : Real-Time Operating System

# Définitions

## Networked Generic Architecture

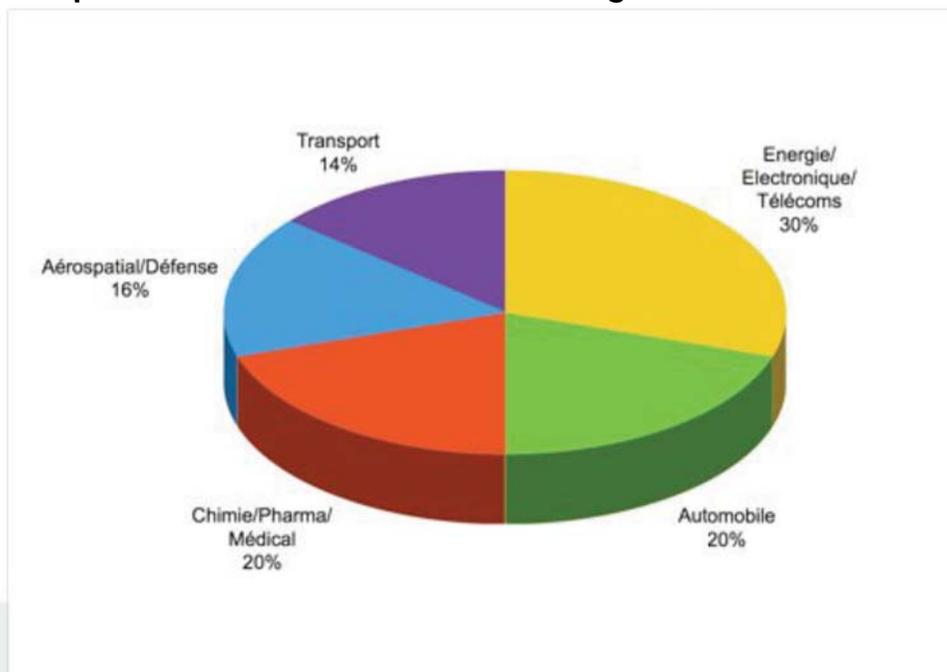


# L'écosystème du logiciel embarqué

Catégorie	Exemples de sociétés
Industriels	Airbus, Schneider, Alcatel
Équipementiers / Systémiers	Valeo, Siemens, Thalès
Techno-providers / Composantiers	ST Microelectronics, Texas Instruments
Ingénierie / Bureaux d'Etudes	Bertin, Segula Technologies
Services & SSII	Atos, Altran, Sogeti High Tech
Editeurs Logiciel	Anyware Technologies , Esterel, Adacore, Geensys
Recherche et Formation	INRIA, CEA, Ecoles, Universités
Pôles de compétitivité : Organisation clusters	Aerospace Valley, System@tic, Minalogic
Associations / Communautés	Autosar, DO 178C, ISO 26262, Eclipse, Open Source, ObjectWeb

# Méthodologie de l'étude

- **50 industriels interrogés**
- **Recueil d'informations auprès de directions techniques, complétées si nécessaire par des informations issues des DRH**
- **Secteurs cibles (codes NAF)**
  - Aérospatial / Défense : 29.6, 35.3
  - Automobile : 34, 35.2
  - Transport : 35.1, 60 à 64
  - Médical : 33
  - Energie : 11, 12, 23, 40, 41
  - Electronique / télécoms : 30 à 32
  - Chimie / pharmacie : 24, 25
- **La répartition en nombre et par secteurs des industriels interrogés est la suivante :**



# Enquête Industriels

- 50 sociétés interrogées
- Recueil d'informations auprès de directions techniques, complétées si nécessaire par des informations RH
- Secteurs cibles (codes NAF)
  - Aérospatial / Défense : 29.6, 35.3
  - Automobile : 34, 35.2
  - Transport : 35.1, 60 à 64
  - Médical : 33
  - Energie : 11, 12, 23, 40, 41
  - Electronique / télécoms : 30 à 32
  - Chimie / pharmacie : 24, 25

AKERYARDS
ARBEL FAUVET RAIL
ASTRIUM
ATMEL
AUTOLIV ISO DELTA
AUTOROUTES SUD FRANCE
BASF
BECTON DICKINSON EUROPE
BIBUS
BILS DEROO
BODET HORLOGERIE
CHAUVIN ARNOUX
COGNIS FRANCE
COMBEL EOLANE
COMPAGNIE INDUSTRIELLE DES LASERS CILAS
CONTINENTAL (ex SIEMENS VDO)
COOPERATION PHARMACEUTIQUE FRANCAISE
DANZAS(DHL)
EADS / AIRBUS
EUROFARAD
FABI AUTOMOBILE
FCI BESANCON
FRANCAISE DE MECANIQUE

GRUAU LAVAL
HERBERTS FRANCE
HIA PERCY
HISPANO SUIZA/GROUPE SAFRAN
INTERTECHNIQUE - ZODIAC
LABORATOIRE GLAXOSMITHKLINE
LABORATOIRE MERCK SHARP ET DHOME CHIBRET
MECELEC INDUSTRIES
MICROTURBO
NIPSON
PHOTONIS
PSA
RENAULT
SAGEM/GROUPE SAFRAN
SCHNEIDER
SHELL
SNECMA SERVICES
SOCOMEK
ST MICROELECTRONICS
TPC
TRANSDEV REIMS
TRANSPORTS DE L AGGLOMERATION MULHOUSIENNE
TRANSPORTS EN COMMUN LYONNAIS
TURBOMECA
VALEO
WABCO FRANCE
YARA FRANCE
THALES

# Enquête Prestataires

## 84 sociétés interrogées

A.R.S.
A2MP INGENIERIE
AF-CHLEQ FROTE
Agfa
AKKA INGENIERIE MECANIQUE NORD
ALEMA TECHNOLOGY
ALEMA TECHNOLOGY
ALTEN SYSTEMES D INFORMATION RESEAUX
ALTRAN TECHNOLOGIES
Anyware Technologies
AROBAS TECHNOLOGIES
AS CO ELECTRONIQUE
Assystem
ATIS TECHNOLOGIE
Atos Origin
AUTOMATE PROGRAMMABLE INFORMATI INDUSTRIEL
B2I INGENIERIE ET TECHNOLOGIES
C.D. PLAST
CB2I - CONCEPT BUREAUT INFOR INGE
CIRTEM
CITEX
CONCEPTA ETUDES INGENIERIE
CS
CSIL
CYBERNETIX
DI. INGENIERIE
DIGITAL PRODUCT SIMULATION
DUONS SYSTEMES
E.D.T.
Esterel Technologies
ETUDES CONCEPTION INGENIERIE
ETUDES MECANIQUE INSTALLATION GENERALE ELECTRICITE
ETUDES SERVICES
Eurogiciel
EUROP SUPERVISION FRANCE
FAIRTEC
G2 METRIC
GECIP
Geensys
General Electric
GERPI SA
GESER
I T E I S
IBM
IBM Rational
IDEO
ISEO

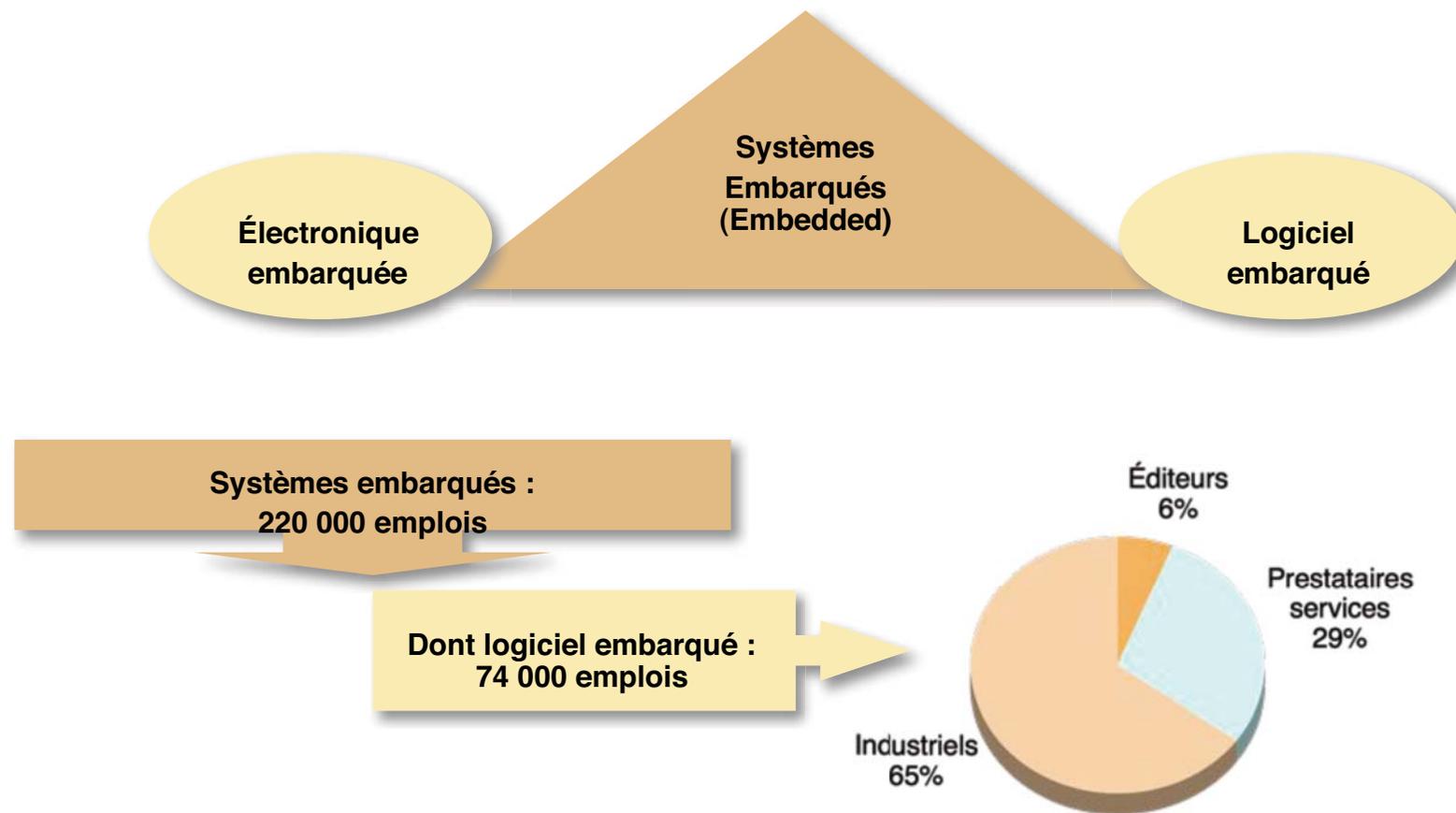
KUDOS FRANCE
LGM
MARDEL IMAGE
Microsoft
NETSPHERE
ON-X CONSULTING
Open Wide
Orange Business Services IT&Labs
OUTILLAGE CONCEPTION PROGRAMMATION
PHI-MECA ENGINEERING
PRODEL TECHNOLOGIES
PSI ELECTRONICS
PURPLE LABS
RADIO SYSTEMES INGENIERIE
SA STUDELEC
SARIEL
SARL ABSCISSE
SARL BRIERE
SEF TOURAINE
Siemens
SIREHNA
SOCIETE D AUTOMATISME ET MECANIQUE DE BOURGOGNE
SOFRECOM
Sogeti High Tech
SOPRAGROUPE
SPECINOV
STE D ETUDES TECHNIQUES
STE ETUDES TECHN USAGE INDUST
STE ETUDES TRAVAUX INDUSTRIELS
STE NOUVELLE SETRAM
SUD INGENIERIE
TECHMA BE
TECHNIFRANCE
TECHNOFI
TEUCHOS
The MathWorks/Polyspace
TOHTEM
TRAD
TRIALOG
URS FRANCE
VALORISATION UNIVERSITAIRE VALENCIENNOIS
Wavecom
WINLIGHT SYSTEM



# Agenda

- Méthodologie et définitions
- **Marché du logiciel embarqué en France**
- Principaux enjeux et compétences autour du logiciel embarqué
- Principaux résultats des enquêtes terrain
- Annexes

# Embarqué : définition



220 000 emplois (soit la taille de l'industrie automobile en France)

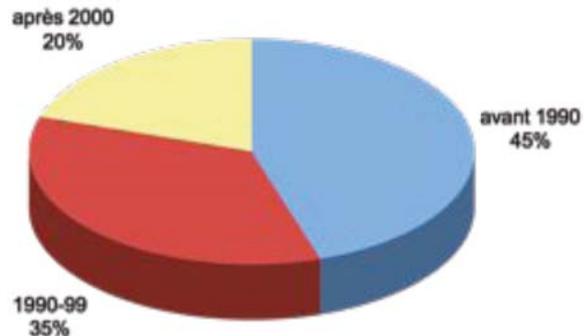
Dont 74 000 en logiciel embarqué : 26 000 chez les prestataires et 48 000 chez les industriels

L'estimation de 100 000 emplois, réalisée en Juin 2007 à l'occasion des premières journées de l'embarqué, incluait l'ensemble des emplois logiciels ainsi qu'une partie "systèmes" relative aux architectures et interfaces "hardware"

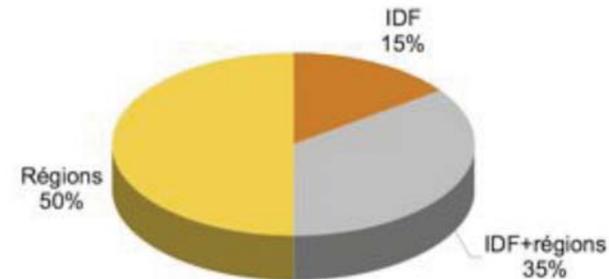
# Marché des logiciels et services dans l'embarqué en France

Effectif Total France	Nb de sociétés	Effectif Logiciel embarqué France
> 500 p.	35	10 000
50-500 p.	140	5 000
< 50 p.	1 735	11 000
Total	1 900	26 000

Date de création des sociétés



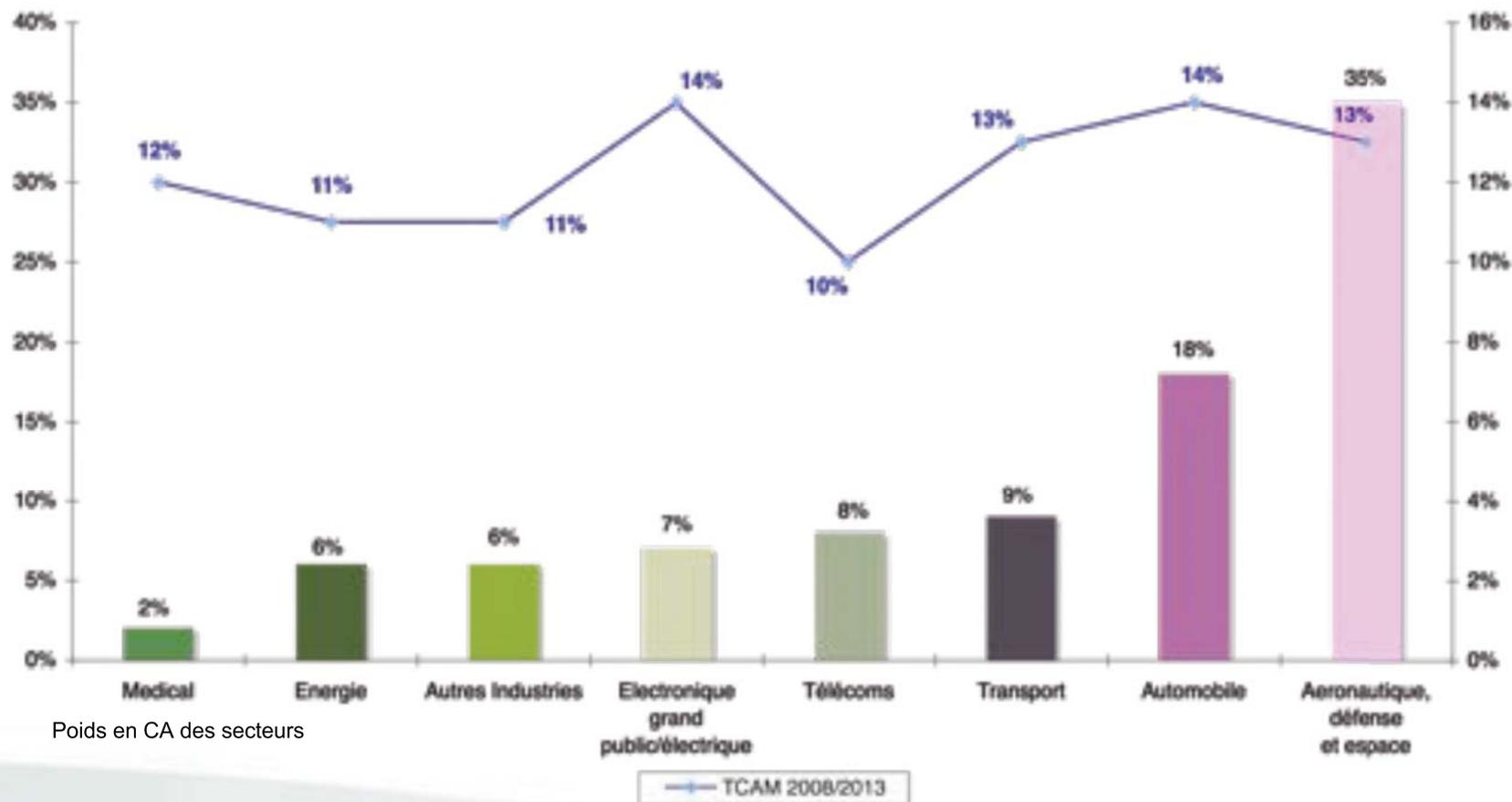
Implantation géographique des sociétés



- **26 000 personnes travaillent chez les prestataires autour de l'embarqué en France et 48 000 personnes chez les industriels**
- L'activité « embarqué » est souvent minoritaire chez les éditeurs et sociétés de services
- Souvent l'embarqué est une composante de l'offre auprès des industriels (comme le contrôle/commande, l'informatique scientifique, la CAO,...)

# Marché des logiciels et services logiciel embarqué en France en 2007

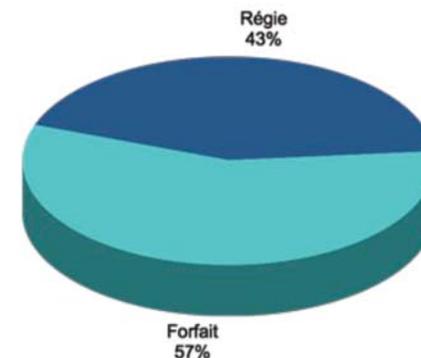
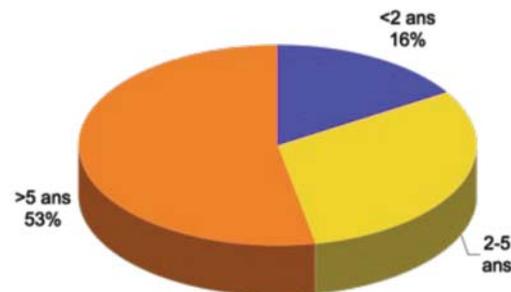
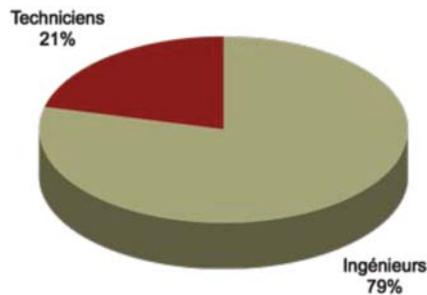
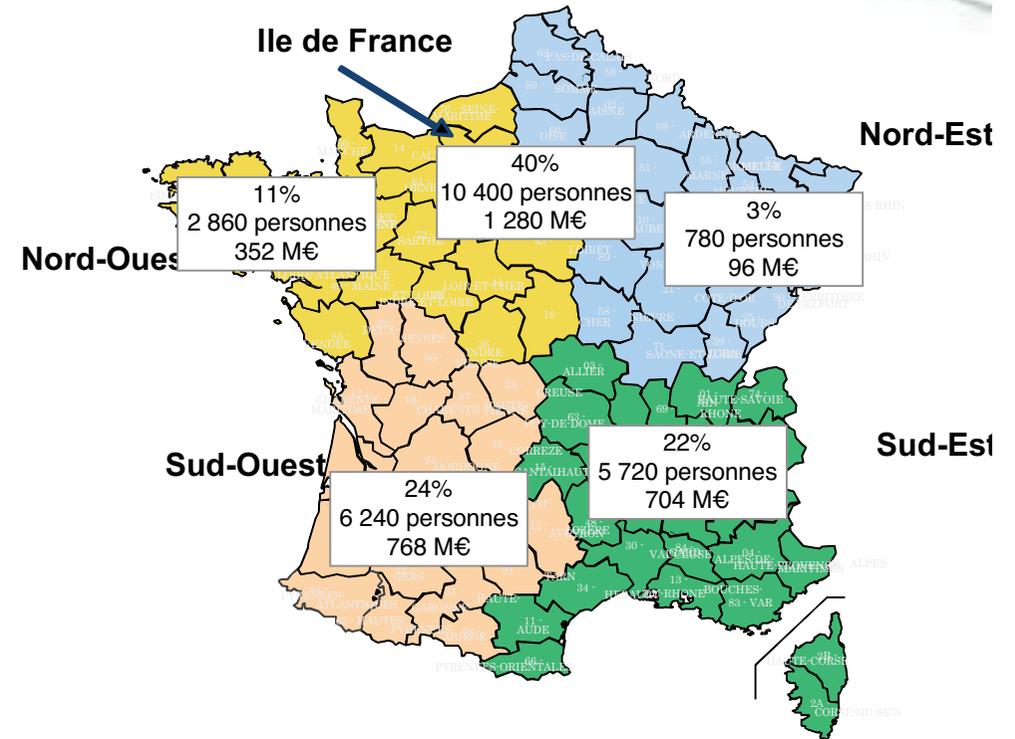
- Le CA cumulé dégagé par les sociétés de services et les éditeurs dans l'embarqué est de 3200 Meuros en France en 2007
  - 2600 Meuros pour les sociétés de services
  - 600 Meuros pour les éditeurs
- La croissance de ces acteurs en 2007 a été de 12%
- La croissance prévue pour 2008 est de 11% et devrait se maintenir à ce rythme sur les 5 prochaines années



Poids en CA des secteurs

# Marché des logiciels et services dans l'embarqué en France en 2007

- Répartition des effectifs chez les prestataires
- **21 500 emplois chez les prestataires de services**
- **4 500 emplois chez les éditeurs de logiciels embarqués**
- Une forte représentativité des régions dans les effectifs embarqués (60%), qui a augmenté ces dernières années
- Pratiquement 80% d'ingénieurs chez les prestataires de l'embarqué
- Une population majoritairement de plus de 5 ans d'expérience
- Le forfait est majoritaire et continue à croître sous la poussée de l'industrialisation



# Les 10 métiers clés du logiciel embarqué

- **Responsable de l'équipement ou Spécialiste Système**
- **Chef de projet**
- **Architecte plateforme embarquée**
- **Expert Technologies Embarquées / Responsable Support**
- **Architecte applications embarquées**
- **Spécialiste Développement Logiciel**
- **Spécialiste Qualification / Validation**
- **Spécialiste Test**
- **Responsable et Spécialiste Intégration**
- **Responsable et Spécialiste Process & Méthodes / Assurance Qualité / Certification**

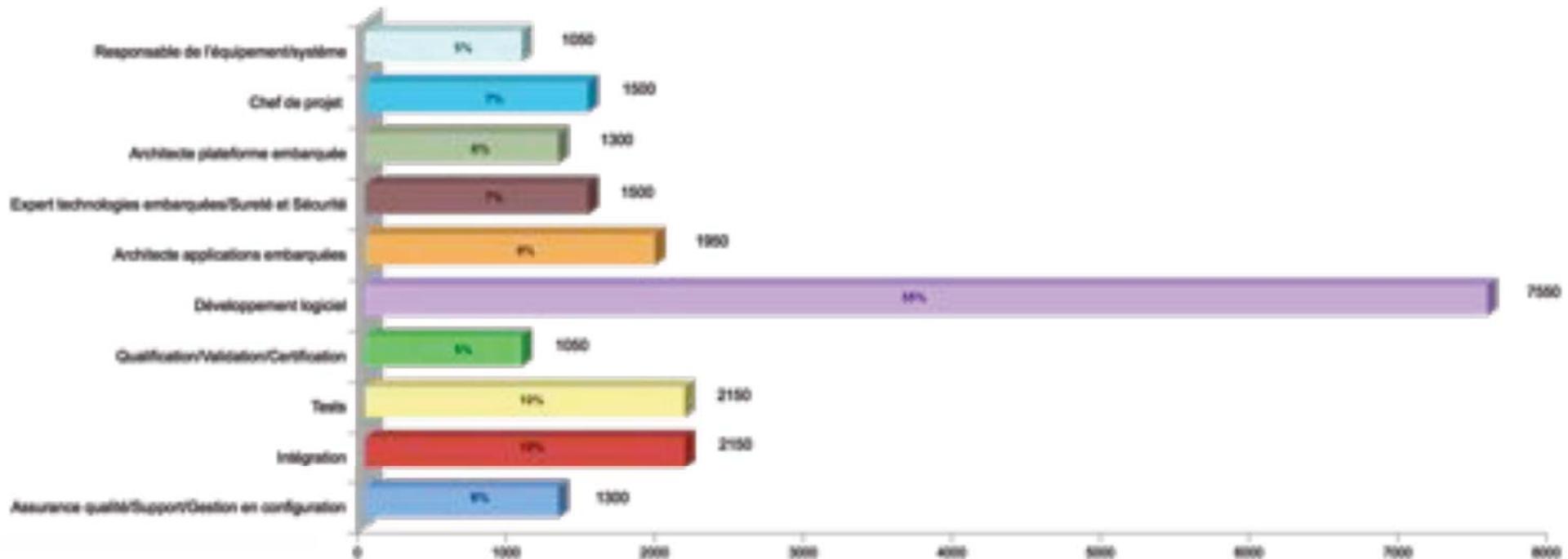
*Ingénieur : Formation > Bac +4/5 et multi-activités/expertises généralement, possibilité d'équivalence pour un technicien expérimenté*

*Technicien : Formation jusque Bac +3 et mono-activité/expertise généralement*

# Effectifs en logiciel embarqué dans les sociétés de services et de conseil en technologies en France en 2007

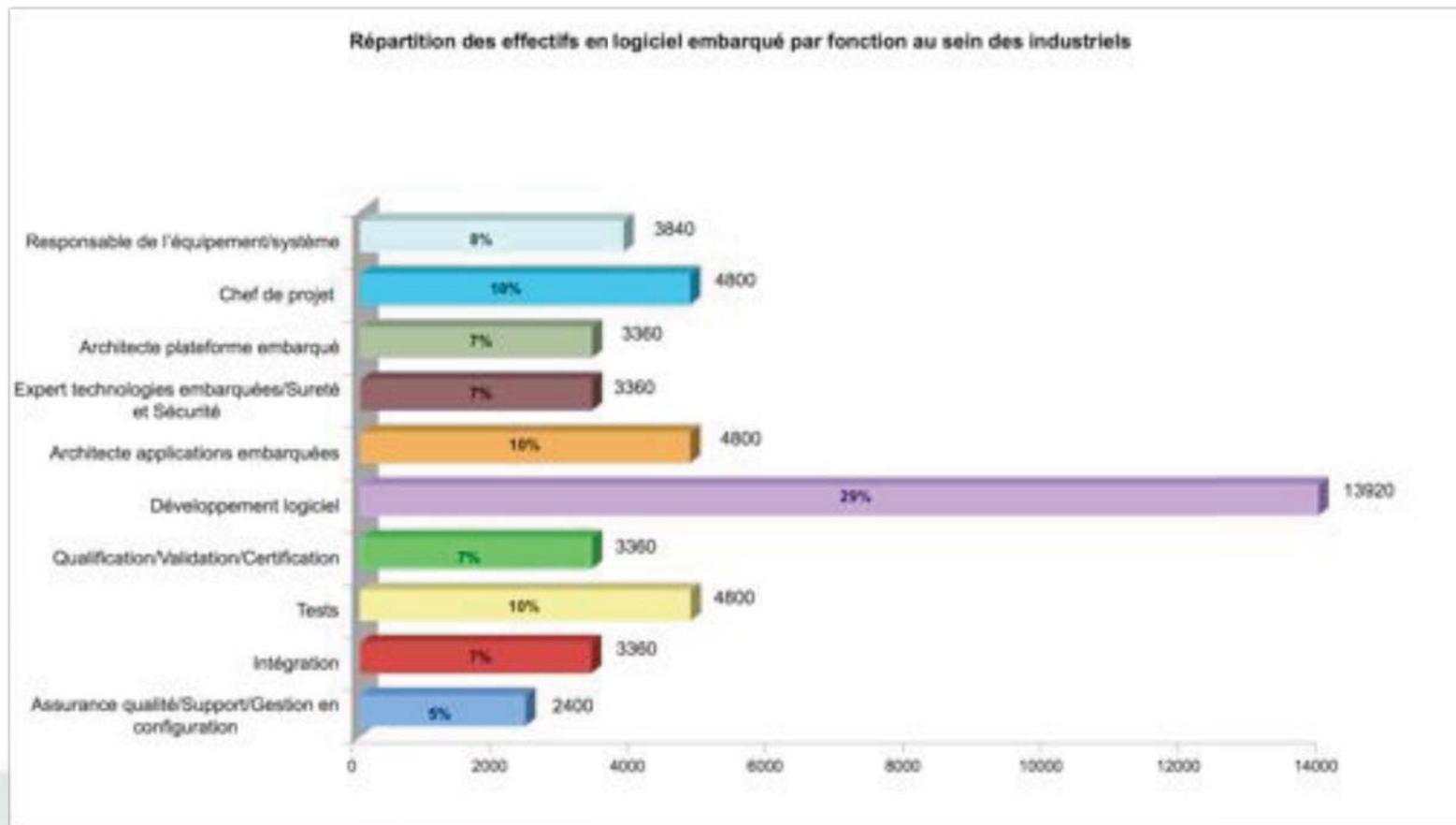
- 21 500 emplois logiciels embarqués chez les sociétés de services et de conseil en technologies
- Le développement logiciel représente plus du tiers des emplois dans les services
- L'intégration et le test représentent à eux deux 20% des effectifs
- Ensuite sont représentées les fonctions d'expertise et d'encadrement en forte croissance

Répartition des effectifs par fonction au sein des prestataires de services en logiciel embarqué



# Effectifs en logiciel embarqué chez les industriels en France en 2007

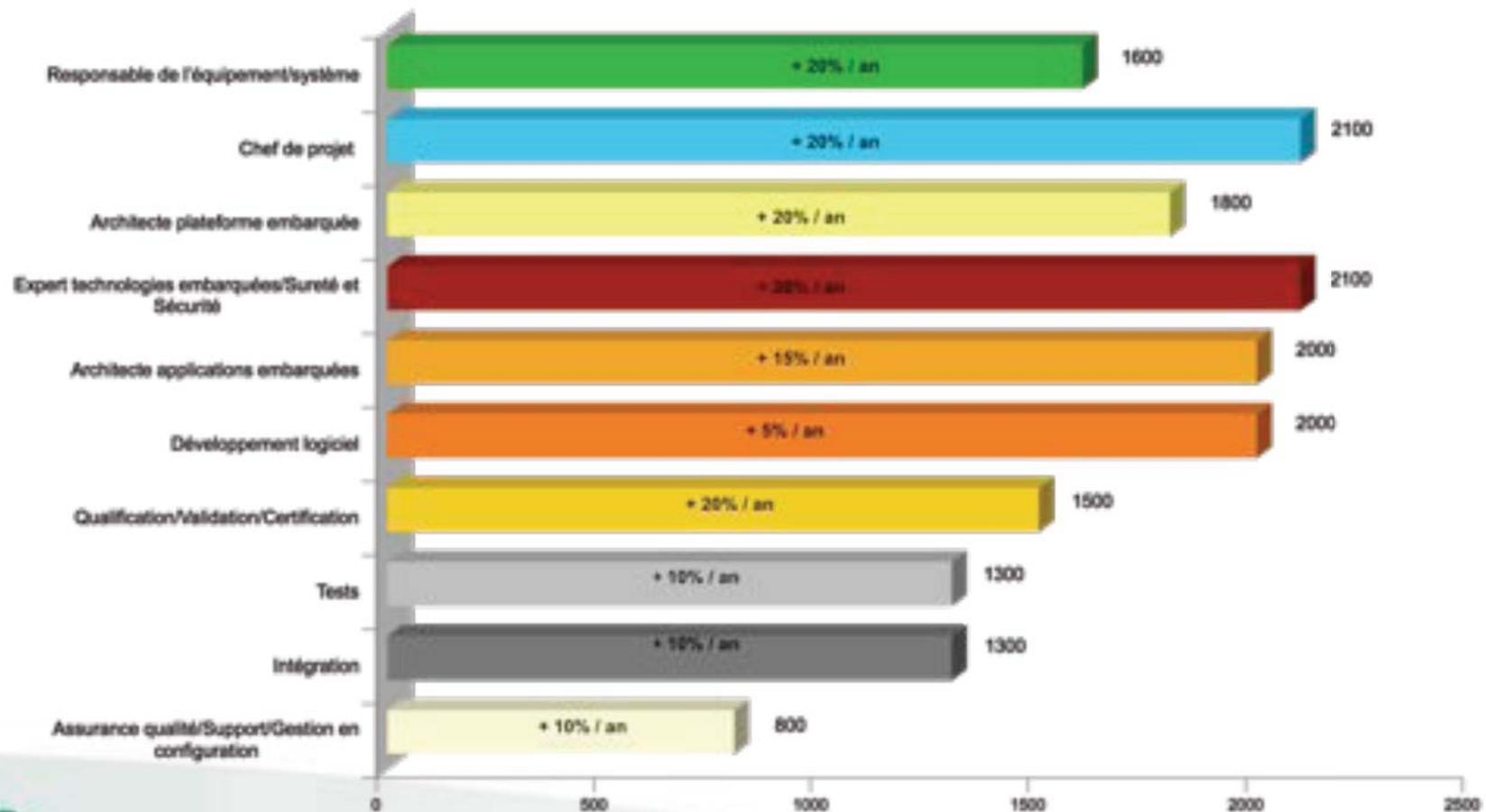
- 48 000 emplois logiciels embarqués chez les industriels
- Le développement logiciel représente moins de 30% des emplois chez les industriels
- L'intégration et le test représentent à eux deux 17% des effectifs
- Les fonctions d'expertise et d'encadrement sont les plus demandées



## Accroissement net en France des effectifs logiciels embarqués dans les sociétés de services et de conseil en technologies au cours des 5 prochaines années

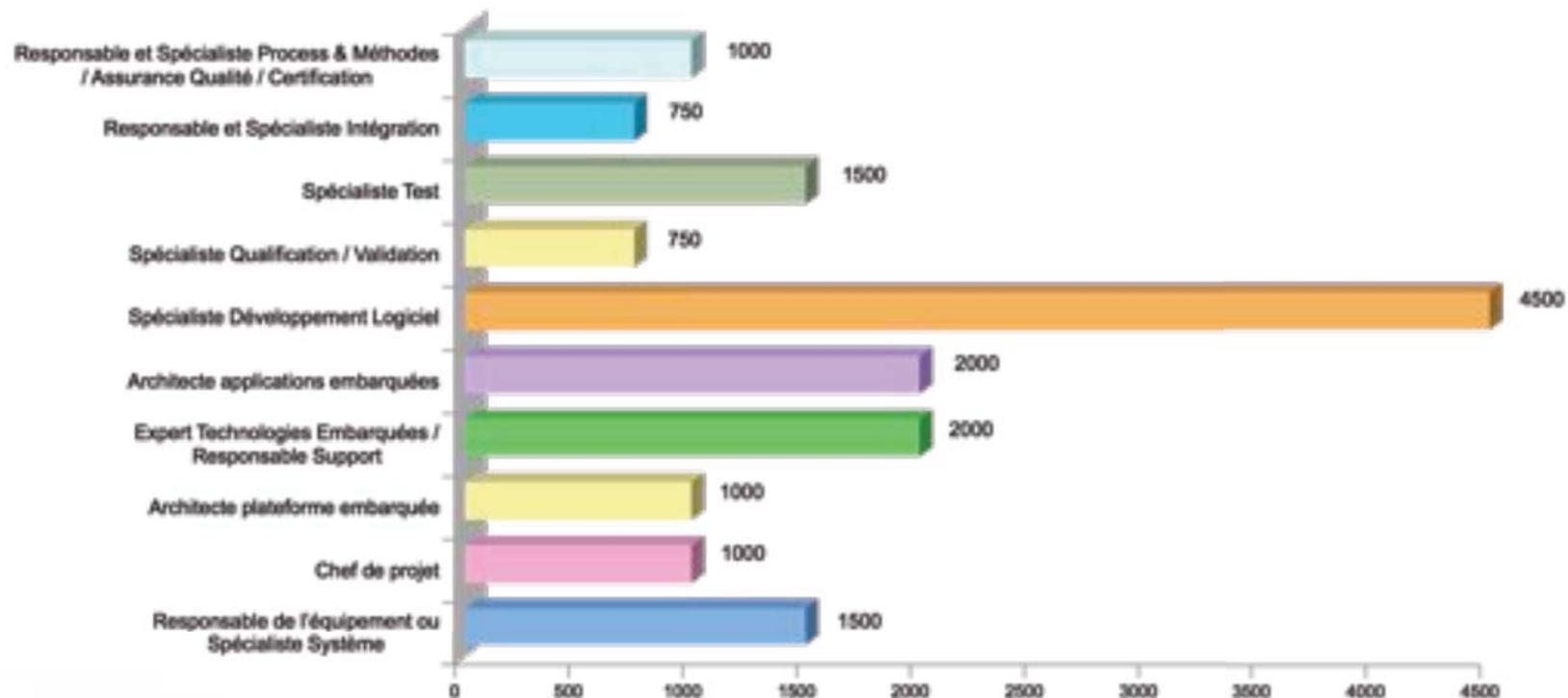
- 16 500 postes supplémentaires dans les logiciels embarqués nécessaires chez les sociétés de services et de conseil en technologies au cours des 5 prochaines années

Accroissement net des effectifs en logiciel embarqué dans les sociétés de services au cours des 5 prochaines années



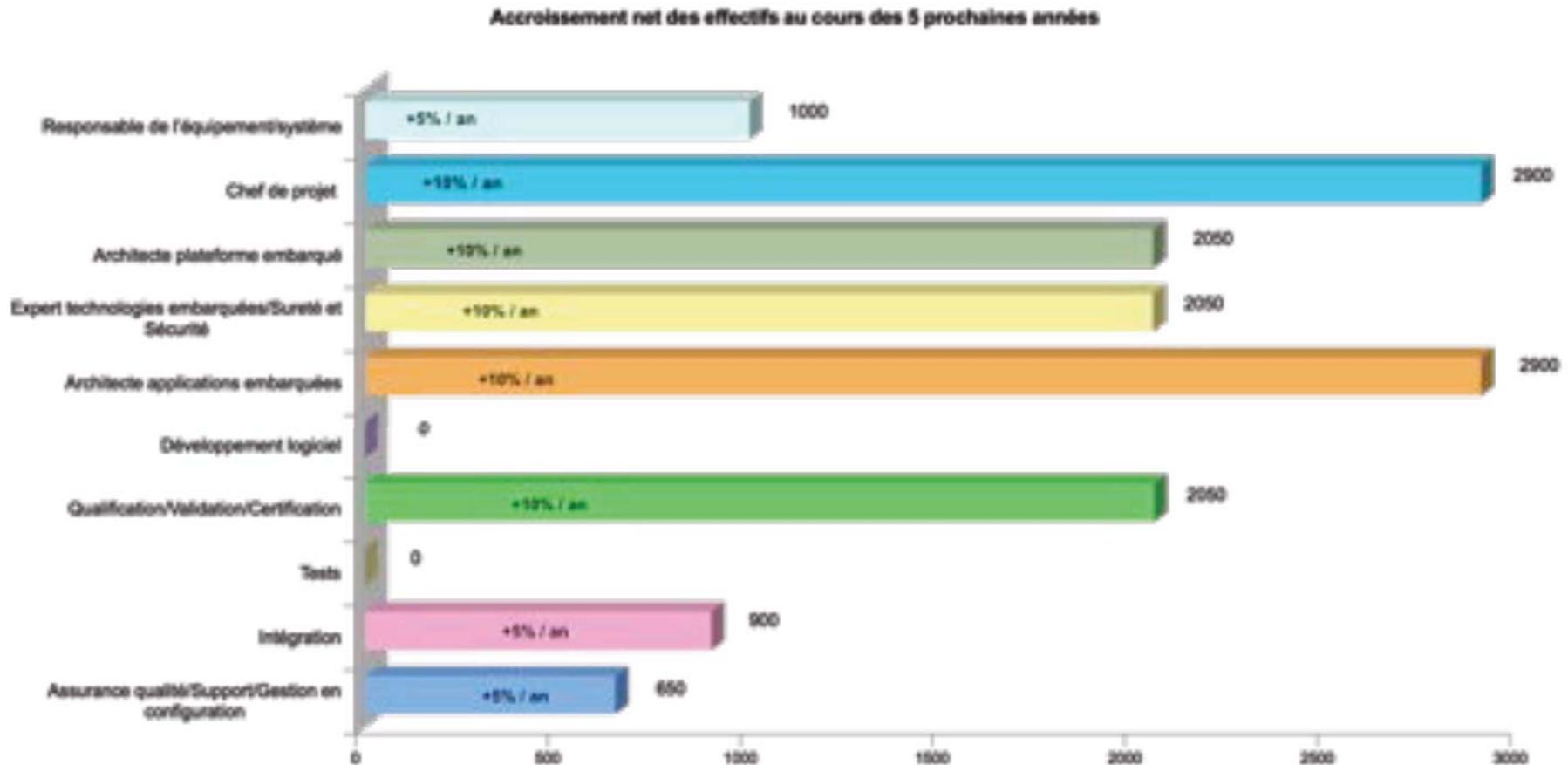
## Volumes de recrutement au cours des 5 prochaines années dans le logiciel embarqué en France chez les sociétés de services et de conseil en technologies\*

- **16 000 recrutements à effectuer en France au cours des 5 prochaines années dans le domaine du logiciel embarqué chez les sociétés de services et de conseil en technologies**
- **Montée de la composante offshore :**
  - Environ 1000 personnes travaillent actuellement en offshore pour le marché français du logiciel embarqué.
  - Sur les 5 prochaines années, on pourrait atteindre un effectif de 5500 salariés offshore



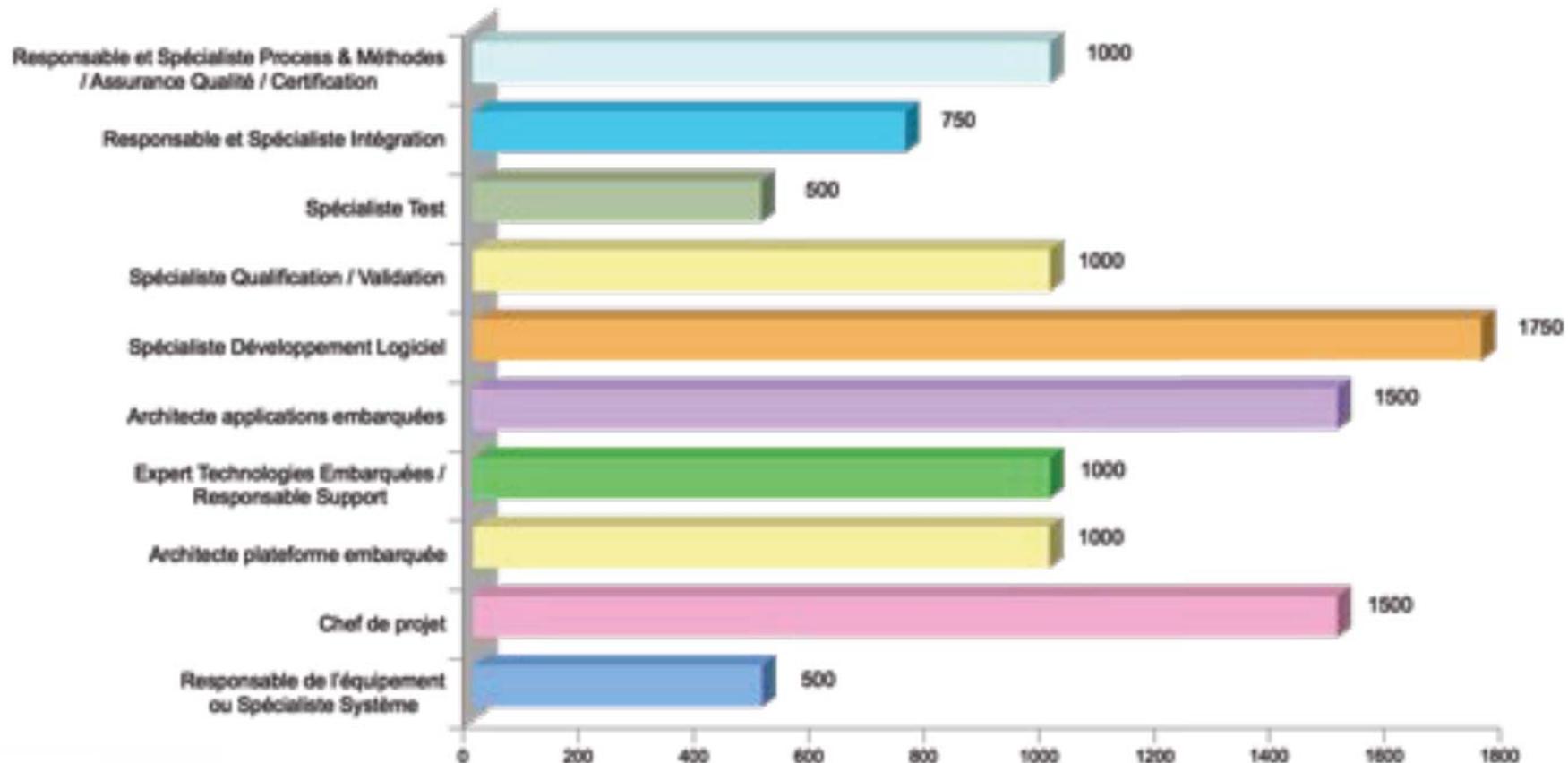
# Accroissement net en France des effectifs logiciels embarqués chez les industriels au cours des 5 prochaines années

- 14 500 postes supplémentaires dans les logiciels embarqués nécessaires chez les industriels au cours des 5 prochaines années



# Volumes de recrutement au cours des 5 prochaines années dans le logiciel embarqué en France chez les industriels\*

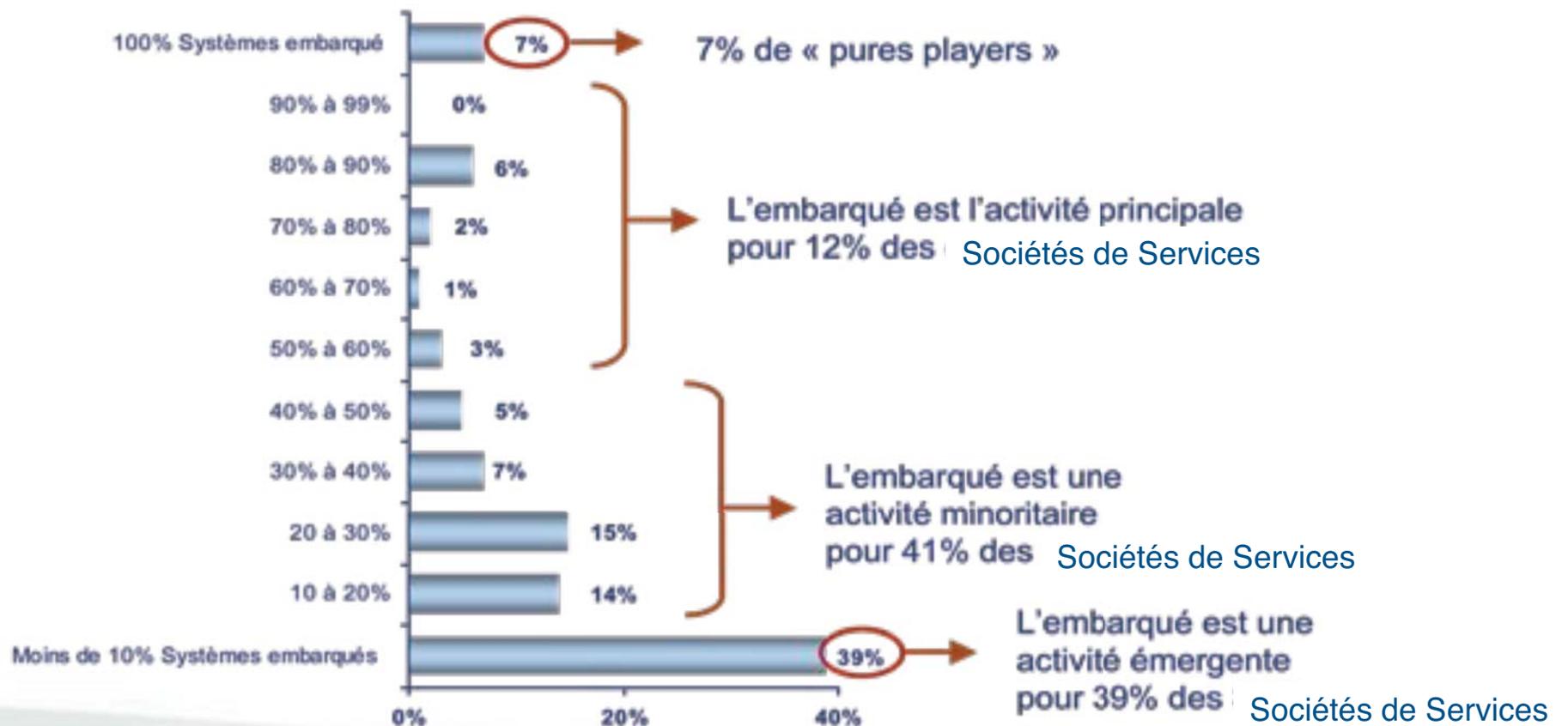
- 10 500 recrutements à effectuer en France au cours des 5 prochaines années dans le domaine du logiciel embarqué chez les industriels



# Marché des logiciels et services dans l'embarqué en France

## L'activité embarquée chez les sociétés de services et de conseil en technologies

- Le poids des logiciels embarqués dans l'activité des sociétés de services (revenus)



# Marché des logiciels et services dans l'embarqué en France

## L'activité embarquée chez les éditeurs

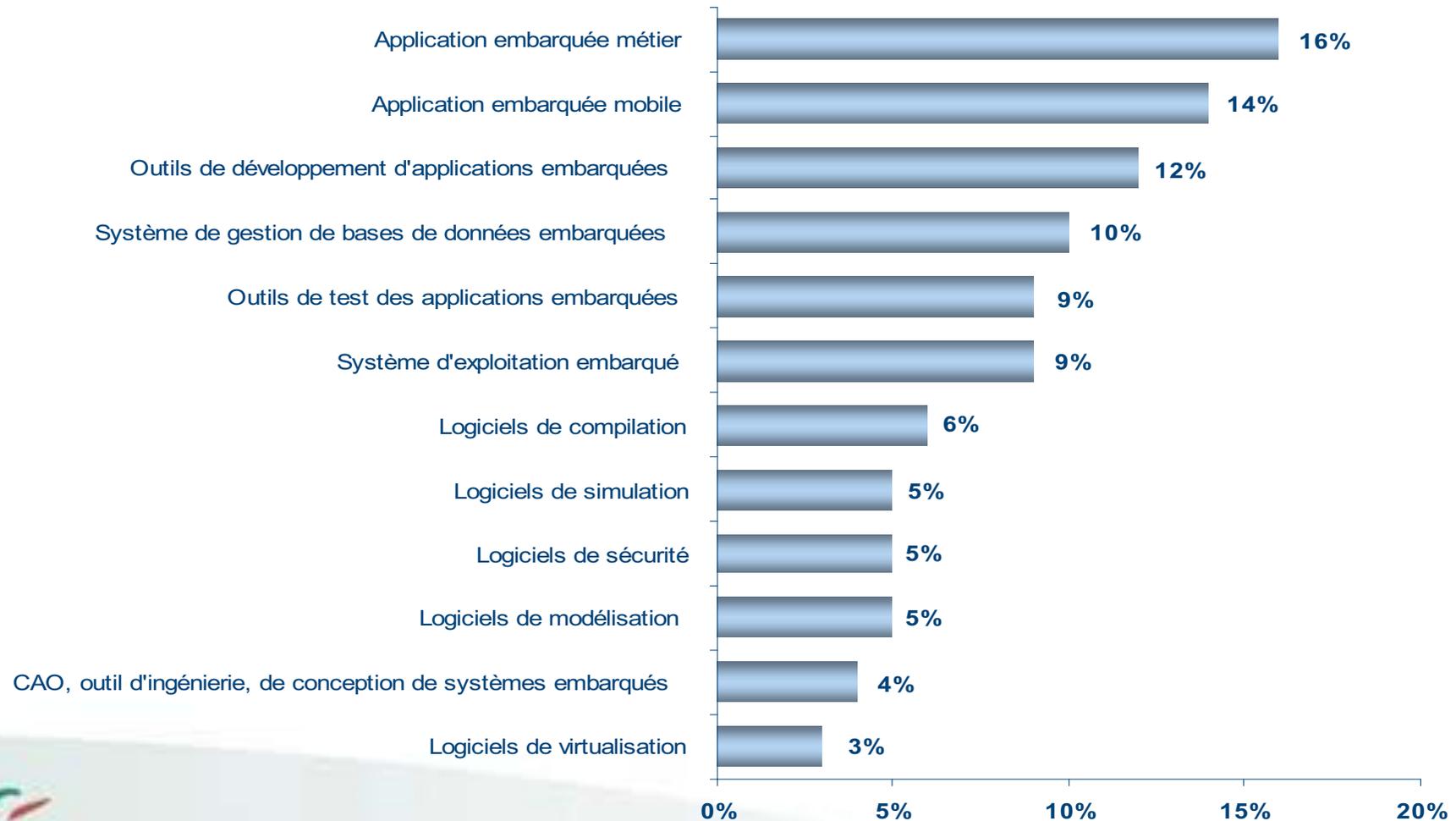
- Le poids des logiciels embarqués dans l'activité des éditeurs (revenus)



# Marché des logiciels et services dans l'embarqué en France

## *L'activité embarquée chez les éditeurs*

- Les éditeurs développent une grande variété de logiciels pour l'embarqué



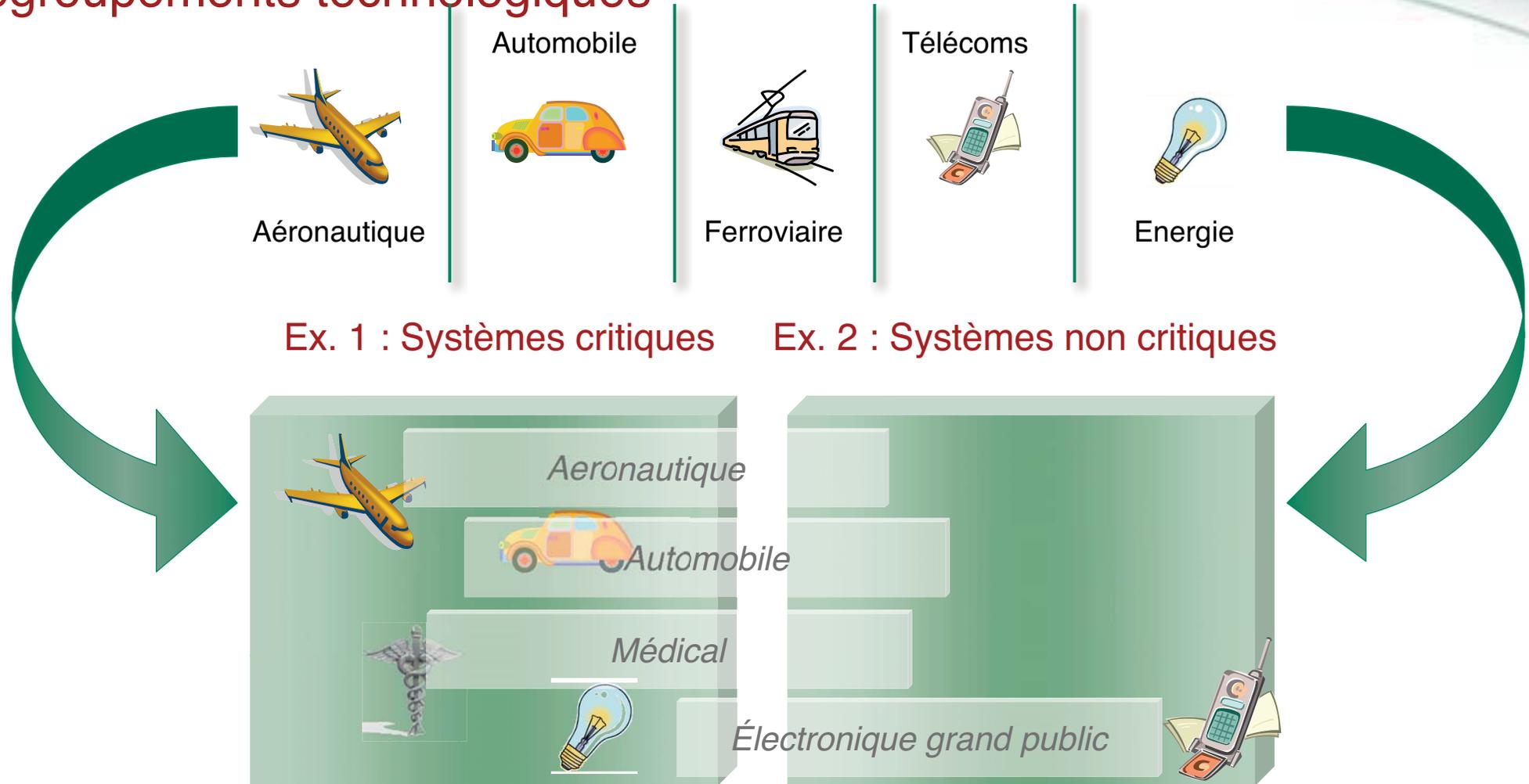
# Agenda

- Méthodologie et définitions
- Marché du logiciel embarqué en France
- **Principaux enjeux et compétences autour du logiciel embarqué**
- Principaux résultats des enquêtes terrain
- Annexes

# Le logiciel embarqué : principales évolutions

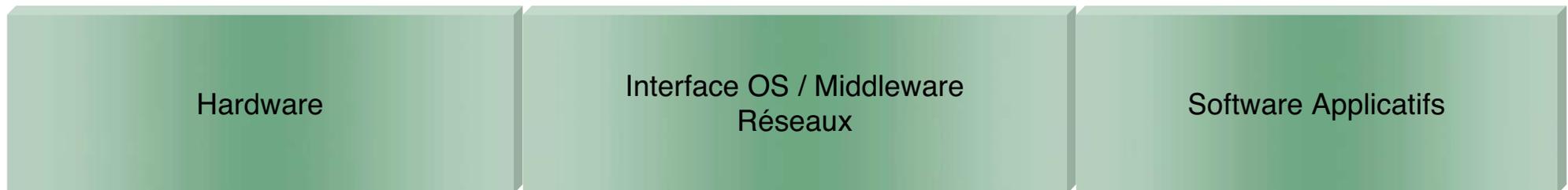
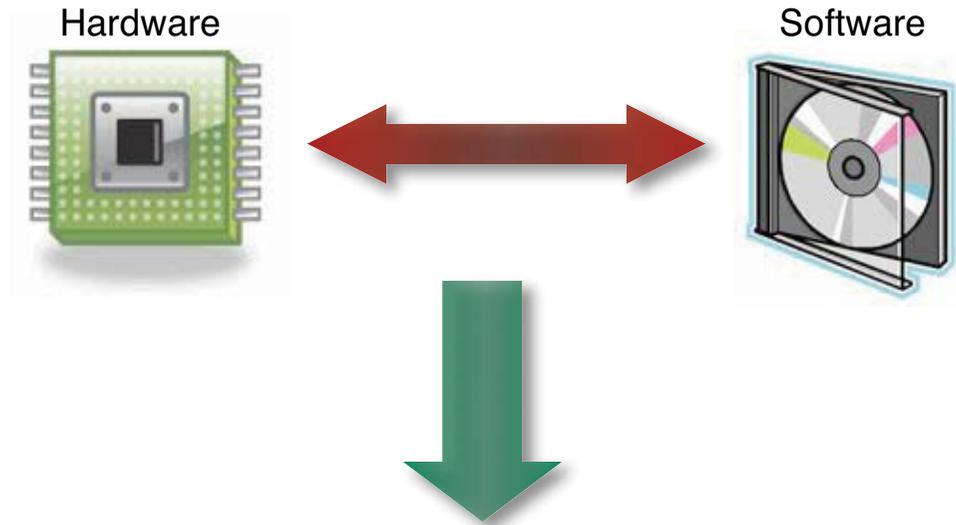
- **Industrialisation de l'embarqué**
  - Problématique de coûts, qualité, délais
  - Marché demande davantage de forfait : contrôle des coûts, suivi des projets, qualité, méthodologie, respect des normes
  - Mise en place de plateaux-projets : constructeur, équipementier rang 1, équipementier rang 2, etc....
  - L'apparition de méthodes formelles et de langages de modélisation contribue à accélérer cette industrialisation
  - Globalisation des projets et délocalisation du développement sur plusieurs sites : Paris / Province / Offshore\*
- **Phases de développement et de tests de plus en plus poussées**
  - Simulation des environnements afin de tester les interactions hardware-software
- **Le logiciel embarqué est considéré par les constructeurs comme une source de coûts mal maîtrisée => volonté de prendre en charge une partie du développement des logiciels développés**
  - Part de l'électronique/calculateurs dans un véhicule haut de gamme : 25%
- **Augmentation croissante de la complexité du soft embarqué et de la taille du code lié (codage automatique)**
- **Augmentation forte des phases amont de spécification**
- **Utilisation croissante de méthodes formelles afin de réduire les phases de tests unitaires**
- **Forte augmentation de la demande en traçabilité, portée par l'exigence des normes et réglementations, ainsi que par l'émergence de standards d'exigence.**

# Décloisonnement : de secteurs verticaux éclatés vers des regroupements technologiques



- Définir le niveau de criticité des logiciels embarqués
- Faciliter l'émergence de standards
- Renforcer l'utilisation d'outils « non compétitifs » communs

# Une approche hardware/software en évolution



- Complexité croissante
- Nombre de calculateurs double tous les 2-3 ans
- Architecture modulaire (hardware et software conçus de façon indépendante)
- Diminution des OS propriétaires au profit des OS commerciaux et open source
- Introduction de composants logiques programmables pour les grandes séries : FPGA (Field Programmable Gate Arrays) ou ASIC (Application Specific Integrated Circuit)
- Emergence des SoC (System on Chip : mix CPU, mémoire (soft), ASIC (hard programmable))
- Axe de compétitivité majeur
- Génération de code automatique

# Les effectifs et le recrutement

- **De façon générale, les difficultés de recrutement existent, surtout sur les qualifications « ingénieur »**
  - Les formations d'ingénieurs sont considérées comme plus pointues et sont largement majoritaires (80%)
  - Davantage de sociétés recrutent auprès des universités et notamment des IUP (Bac +4), car les ingénieurs s'intéressant à l'embarqué sont en pénurie
  - Les techniciens sont essentiellement représentés dans les fonctions développement, tests et une partie de l'intégration, mais prennent des responsabilités de type ingénieur après une dizaine d'années d'expérience
  - Intérêt des techniciens sur des compétences hardware + software, sur les parties Développement, Test et Intégration
  - Recherche de compétences mixtes : Electronique + Logiciel + Applicatif
    - Connaissance détaillée des calculateurs, de l'électronique digitale et du génie logiciel nécessaire et souvent acquise imparfaitement au gré de l'expérience
    - Connaissance de l'applicatif ne s'acquiert que sur le terrain et via des formations professionnelles souvent onéreuses
  - Forte demande sur les profils expérimentés (+ de 5 ans d'expérience)
  - Le recrutement s'accélère en Province, en raison des salaires plus faibles et d'une forte demande sur place (60% du marché)

# Les effectifs et le recrutement

- **Profils recherchés :**

- Responsable Système
  - Architecte plateforme et application embarquées
  - Expert Process/Méthodes
  - Expert Technologies embarquées
  - Expert Sureté/Sécurité
  - Expert Java (> 2 ans d'expérience)
  - Experts Validation/Certification
  - Chef de projet
- 
- Tension risque de se produire sur des profils Expert ADA et Développeurs en langage C, sont de moins en moins enseignés

# Les effectifs et le recrutement

## ▪ Passerelles entre les métiers

- La progression se fait grâce à plusieurs critères :
  - Qualités propres
  - Expérience (dans une filière)
  - Formation professionnelle
- Les évolutions naturelles :
  - Technique -> Expertise
  - Technique -> Management
  - Technique -> Qualité
  - Technique -> Intégration
  - Intégration -> Qualité
- Fortement dépendant de la politique RH de chaque société
- Besoins d'adaptation les plus importants lors de certaines transitions :
  - Evolution vers le management
  - Progression dans la qualité
  - Progression dans l'expertise
  - Migration vers des postes fonctionnels (ex : architecte application, responsable équipement)

# Mobilité interne fonctionnelle chez les prestataires

- **4 grands types de carrière dans les sociétés de services**
  - Manageriale
  - Commerciale
  - Projets
  - Technique
  
- **La mobilité est plus lente dans l'embarqué que dans d'autres domaines IT, du fait de la nécessité d'expertise dans ce domaine. La plupart des employés changent de poste au bout d'une période comprise entre 3 et 5 ans. Dans les sociétés de services, ce laps de temps peut être raccourci.**
  
- **La mobilité entre secteurs n'est pas favorisée par l'absence de technologies/standards transverses. Les langages de modélisation, et une certaine convergence de différentes normes tend à réduire cette différence.**

# La Recherche dans le domaine du logiciel embarqué

- **Comment faire en sorte que la recherche soit mieux alignée avec le potentiel de marché?**
- **Deux approches de la conception logiciel embarqué:**
  - Approche « produit » - chez les équipementiers télécoms - le développement logiciel se fait à la manière des éditeurs avec comme contrainte principale : le time-to-market. Focus sur le versioning, les tests de non-régression...
  - Approche « projet » - chez les équipementiers automobiles - le développement se fait en mode projet, la priorité étant donnée à la qualité du logiciel (fiabilité , sûreté...) et à la réusabilité.
  - Quelle pourra être l'évolution du modèle dans le domaine de l'automobile avec une accélération du lancement de nouveaux modèles sur le marché?
- **Comment valoriser les outils pour l'embarqué et les revendre ?**
  - Partenariat recherche - industriel pour le développement et la valorisation du logiciel embarqué
  - Diffusion des technologies nécessaire pour assurer leur pérennité
- **Rôle des Pôles de compétitivité**
  - Favoriser les échanges entre la Recherche et les Industriels
  - Promouvoir l'utilisation des technologies

# Technologies et langages

## ▪ OS

- Tous les grands industriels utilisent un mix d'OS propriétaires, commerciaux et généralement open source
- OS Propriétaires parfaitement adaptés aux besoins mais chers à maintenir
- OS Commerciaux ont un coût d'investissement initial plus faible mais risques de pérennité et moins spécifiques aux contraintes métiers
- OS Open Source ont un coût d'acquisition très faible
  - Pas d'OS Open Source dans l'embarqué « critique » (aéronautique), mais couramment utilisé pour le développement d'outils de tests et de simulation par exemple
  - Les pratiques évoluent en matière d'OS dans l'aéronautique. On qualifie et on s'approprie des OS Open Source jusqu'à en faire des OS quasi propriétaires
- Montée en puissance du Shared Source parallèlement à l'Open Source, visant à établir des standards au sein des différentes industries

## ▪ Langages de programmation

- C/C++ sont les langages les plus répandus (70% environ)
- Ada est surtout présent dans le transport ferroviaire, l'aéronautique et le spatial
- Java se développe mais est peu compatible avec des exigences de Safety

## ▪ Langages de modélisation / simulation

- Matlab/Simulink s'impose comme un standard dans la plupart des secteurs, mais est souvent couplé à d'autres langages de modélisation comme UML/SysML et SCADE
- Les méthodes formelles se trouvent notamment dans l'aéronautique et le transport : SCADE (suppression des tests unitaires), Méthode B, mais commencent à se développer dans d'autres secteurs comme l'énergie ou l'automobile
- La plupart des petites structures (< 10p. en embarqué) n'utilisent pas de langages de modélisation

# Technologies et langages

- **Normes et réglementations**

- Les différentes normes sont complémentaires
- La norme la plus répandue est la DO 178B dans l'aéronautique
  - Celle-ci évolue vers la DO 178C qui prend notamment en compte les méthodes formelles
  - La DO 254 démarre pour les systèmes électroniques
- L'automobile adopte une autre norme : ISO 26262
- Le ferroviaire fonctionne essentiellement avec l'EN 50128
- Le nucléaire adopte l'EN 60880
- L'électronique/électrique adoptent l'IEC 61508-3

- **Génie Logiciel**

- Le Génie Logiciel devient une plateforme verticale pour le développement de logiciels embarqués (ex :Autosar Builder)
- L'environnement Eclipse est la référence aujourd'hui, fortement poussé par IBM qui complète son offre Embedded (rachat de Telelogic)

# Le logiciel libre

- **Le logiciel libre est présent depuis de nombreuses années dans les solutions développées pour et par les entreprises fortement présentes dans les télécoms, la défense et de l'aérospatial, voire de plus en plus l'énergie et l'automobile**
- **C'est une utilisation du logiciel libre est poussée par:**
  - La baisse de la barrière à l'entrée du développement spécifique, une activité fortement répandue dans les systèmes embarqués
  - Les couches banalisées d'infrastructure systèmes: OS, bases de données, serveurs d'applications, IDE (Integrated Development Environment) Java, MDA (Model Driven Architecture)...
  - Le temps réel « mou », en particulier autour de Java, où l'on va fortement adapter des noyaux issus du libre pour les rendre capable d'opérer dans des environnement critiques, dégradés, mobiles et embarqués
- **Le logiciel libre a un impact visible sur l'écosystème du logiciel embarqué**
  - Impact sur les métiers et compétences
    - Demande plus importante en spécialistes technologiques et fonctions de support
    - Impact technologique : demande croissante autour d'Eclipse
  - Réallocation de la valeur ajoutée dans les projets logiciels
    - Ne pas avoir à redévelopper les socles technologiques et se concentrer sur la valeur ajoutée
    - Baisser le coût du logiciel banalisé, payer que ce dont on se sert (« good enough »)
    - Rétention et captation d'une partie de la valeur ajoutée
    - Concentration des efforts de R&D sur les parties les plus porteuses de valeur ajoutée, les briques banalisées étant passées en logiciel libre
    - Le logiciel libre permet aussi d'avoir rapidement une audience mondiale par l'effet « communautés »
  - Un modèle adapté pour les entreprises qui collaborent au moyen de logiciels spécifiques à leur métiers, le logiciel libre peut aussi être un terrain neutre qui permet à des concurrents de travailler ensemble
- **Le logiciel libre est un choix raisonnable s'il est raisonné:**
  - Il est plus consommateur en services, en temps et n'est pas forcément moins onéreux sur le long terme (voire le court terme)
  - Pas assez pointu pour une bonne partie des besoins en temps réel « dur », tant au niveau « safety » que « security »
  - Il peut gêner l'émergence de jeunes pousses logicielles, qui ont besoin de temps et de protection pour prouver leur modèle
  - Il déforme la compétition pour les éditeurs traditionnels, confrontés à des réactions parfois « idéologiques » chez certains donneurs d'ordres
  - Le principe de support et de développement par des communautés (ex : mises à jour rapprochées) peut être difficile à suivre pour une entreprise

# Les pratiques Offshore

- **Offshore : véritable démarrage constaté en 2007 dans de nombreux secteurs : automobile, transport, énergie, aéronautique..**
- **Population employée Off-shore chez les prestataires**
  - 4% d'offshore en 2007
  - + 40% par an
- **L'offshore se développe surtout sur les parties Développement et Tests**
- **Intérêt de l'offshore :**
  - Salaires
  - Nécessité de montée en charge rapide
  - Tension sur le recrutement en France (architectes, ingénieurs..)
  - Effet « Offset » (marché de compensation à l'export)
- **Diversification en cours des destinations offshore**
  - Inde : mix volume/compétences/coûts sur les gros volumes
  - Europe de l'Est/Maghreb : proximité/francophonie
  - Asie du Sud-Est : coûts
  - Moyen-Orient : nouvelles destinations
  - Brésil/Russie/Chine : en fort développement, avantages comparables à l'Inde, souvent moins chers pour les petits développements
  - Moyen-Orient/Afrique : nouvelles destinations ?
- **Beaucoup de sociétés cherchent à atteindre une taille critique en offshore (> 200p.) afin d'avoir une crédibilité sur ce sujet. Seules quelques grandes SSII et équipementiers peuvent se prévaloir aujourd'hui d'une telle taille.**
- **Palier perçu par les sociétés pour l'offshore -> généralement situé à 20-30% de la sous-traitance totale d'un projet, atteignable d'ici 5 ans d'après certaines sociétés interrogées.**
- **Les freins à l'offshore:**
  - Certaines compétences d'expertise, de gestion de projet, d'architecture doivent être sur site, problématique de la propriété intellectuelle
  - Méthodes formelles qui suppriment les tests unitaires, particulièrement propices à l'offshore
  - Formation et rétention des compétences
  - Hausse des salaires

# Initiatives prises par les entreprises pour dynamiser le logiciel embarqué

- **Au niveau des entreprises :**

- Partenariat entreprise-école : chaque prestataire cible en général entre 5 et 15 écoles
- Participation à des communautés dans l'embarqué : transversaliser les compétences
- Faire partie des bons réseaux, permet de tisser des liens utiles pour avoir accès aux bonnes compétences
- Initiatives Syntec autour du logiciel embarqué (Assises de l'Embraqué...)
- Plan stratégique de formation et journées de formation : inclure l'embarqué dans les formations proposées aux employés (formation sécurité, normes, CMMi,...)
- Participation aux congrès ERTS (Embedded Real-Time System) à Toulouse ou RTS à Paris dynamisent fortement ce domaine
- Programme d'embauche pour attirer de nouveaux talents, avec séjour de 2 ans à l'étranger
- Envoi gracieux d'environnement logiciel aux écoles et universités

# Recommandations (1)

- **Attirer les talents**
  - **Améliorer l'attractivité** de l'industrie Logiciels Embarqués ainsi que de la filière de formation initiale
  - **Revaloriser les métiers** des ingénieurs et des techniciens dans le domaine du logiciel embarqué
  - **Identifier / cartographier** (typologie, volumes, et localisation) **les cursus de formation** initiale existants au niveau des universités et des écoles en France. Par exemple: Mastère Systèmes complexes entre Polytechnique - Université Paris XI - CEA
  - Pousser davantage les **spécialisations de techniciens** à Bac+3 avec une composante embarquée
  - **Améliorer la visibilité des cursus** de formation existants auprès des étudiants (promotion/reconnaissance)
  
- **Faire converger l'offre et la demande de compétences - formation initiale**
  - Développer les **programmes d'enseignement communs** avec les universités et les écoles, visant d'une part à développer l'utilisation d'outils standards nécessaires au logiciel embarqué, et d'autre part à fidéliser le plus tôt possible les futurs ingénieurs en embarqué (Formation initiale)
  - S'assurer de l'adéquation entre les bassins de formation aux bassins d'emploi dans le domaine des logiciels embarqués (Paris, Toulouse, Grenoble, Nantes...)
  - Améliorer la visibilité des filières de formation initiale (universités et des écoles) auprès des entreprises (promotion/reconnaissance)
  - **Compléter les formations software par de l'électronique**, qui permet de faire du développement en tenant compte des contraintes physiques du calculateur, compléter également les formations « électronique » avec des modules de développement en logiciel embarqué (Formation initiale/module long)
  - Au delà de l'aspect technique, inclure dans les cursus:
    - des formations à la **traçabilité**, aux **méthodes Agiles** (Formation initiale/module court)
    - des formations à la **gestion de projet et à certaines méthodologies** nécessaires dans des référentiels de type CMMi (Formation initiale/module court)

## Recommandations (2)

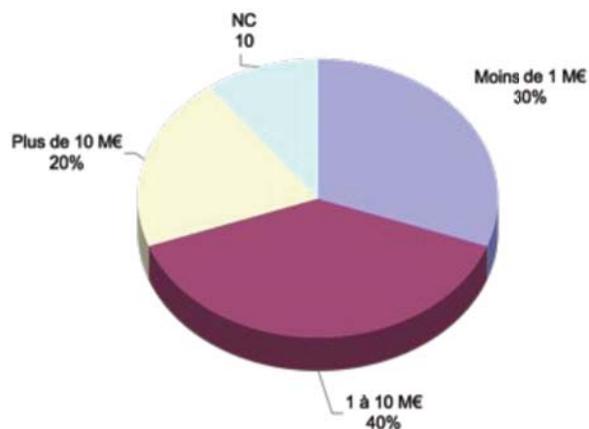
- **Faire converger l'offre et la demande de compétences - formation continue**
  - **Identifier / cartographier** les organismes de formation continue (typologie, volumes, et localisation)
  - **Améliorer la visibilité** des universités, des écoles et des organismes de formation continue auprès des entreprises (promotion/reconnaissance)
  - Développement, si nécessaire, de **cursus dédiés**, afin de compléter la formation initiale par exemple :
    - Mastères spécialisés systèmes embarqués
    - Spécialisations ingénierie et systèmes mécaniques
  - Création d'un socle commun de formation aux **certifications**
  - Reconversion (re-skilling) de profils techniciens « proches » de l'embarqué
    - Identification de pools de compétences « sous-utilisées » et proches du domaine embarqué (ex. technicien dans l'aéronautique)
    - Définition de programme de formation (reconversion) afin de pouvoir réaffecter cette population à des tâches en forte demande dans l'embarqué.
    - Évolution du technicien vers un poste de type « ingénieur » (plus de 50% des techniciens passent à des postes à responsabilité de type ingénieur)
  
- **Pour aller plus loin...**
  - Fédérer les énergies / coordonner les synergies entre les différents acteurs (formation initiale, continue, entreprises, pôles...)
  - Création d'un **institut des systèmes embarqués**, proposant des formations de type « expertise » et encadrement (chefs de projet, experts techniques, experts sécurité/qualité...)

# Agenda

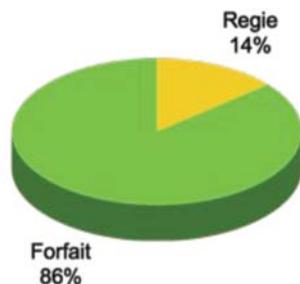
- Méthodologie et définitions
- Marché du logiciel embarqué en France
- Principaux enjeux et compétences autour du logiciel embarqué
- **Principaux résultats des enquêtes terrain**
- Annexes

# Enquête Prestataires

Répartition des sociétés interrogées par tranche de CA Total France  
N=86



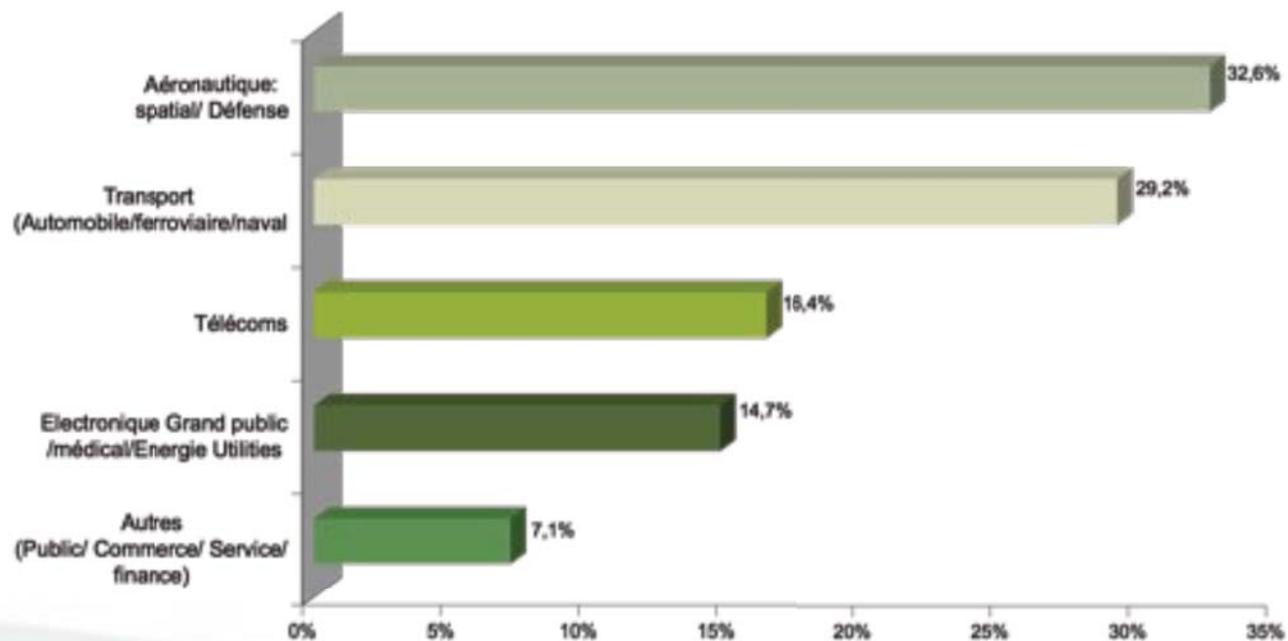
Part Régie et Forfait dans le CA embarqué France  
N=86



## Échantillon :

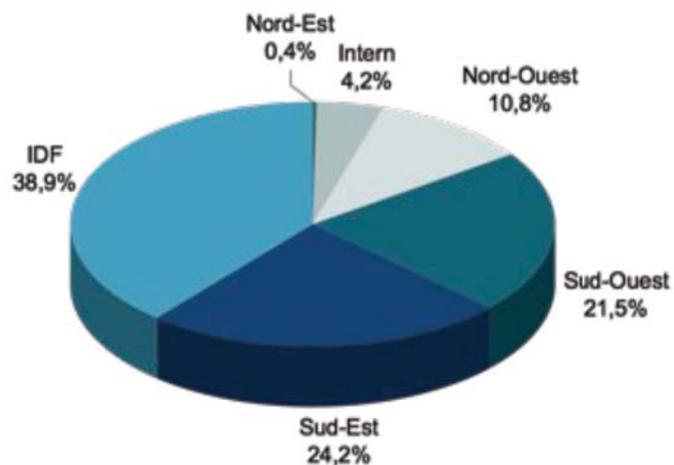
86 sociétés interrogées représentant un effectif de 60 000 personnes en France, dont 9 000 personnes en logiciel embarqué

Répartition CA embarqué France par secteurs  
N=86

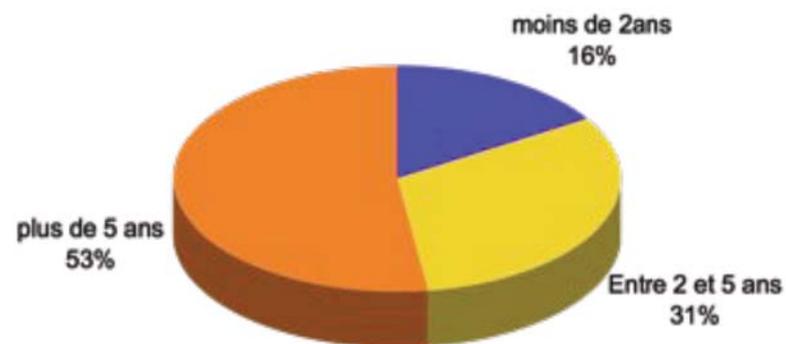


# Enquête Prestataires

Répartition régionale des effectifs en logiciel embarqué  
N=86



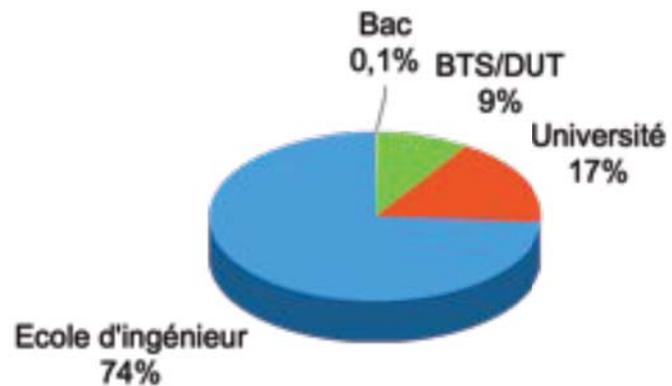
Expérience des effectifs en logiciel embarqué  
N=86



- Les 3 plus grandes régions en termes d'effectifs dans l'embarqué chez les sociétés interrogées : l'Île-de-France, le Sud-Est et le Sud-Ouest
- Les effectifs sont majoritairement dotés de plus de 5 ans d'expérience

# Enquête Prestataires

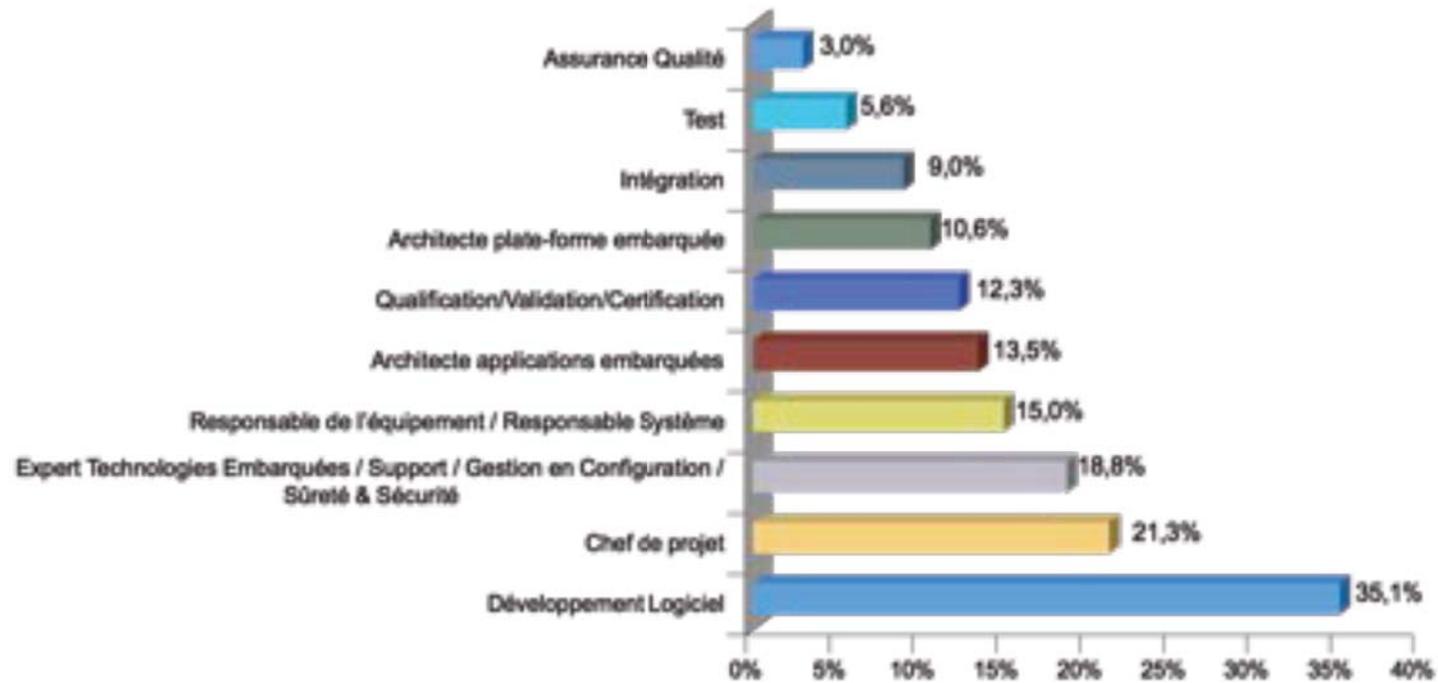
Formation initiale des effectifs en logiciel embarqué  
N=86



- Près de 75% des effectifs proviennent des écoles d'ingénieur d'après les déclarants

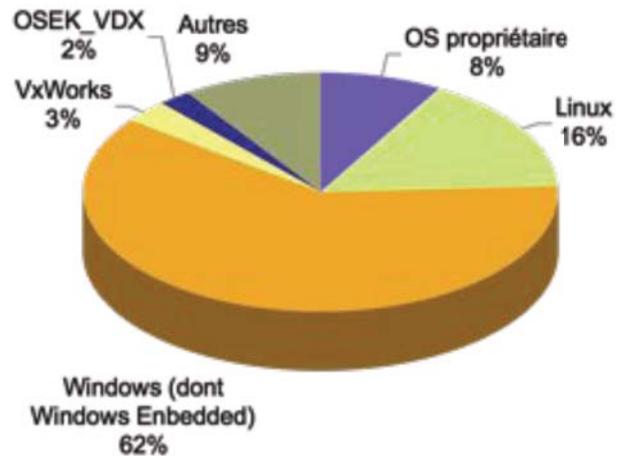
# Enquête Prestataires

Décomposition de l'effectif logiciel embarqué par fonction  
N=86

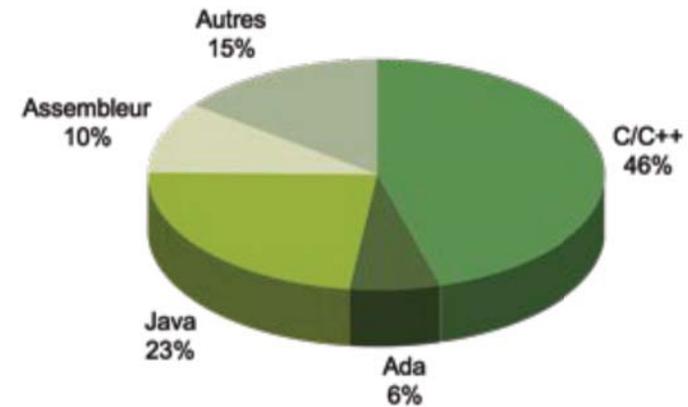


# Enquête Prestataires

OS utilisés dans l'embarqué  
N=86



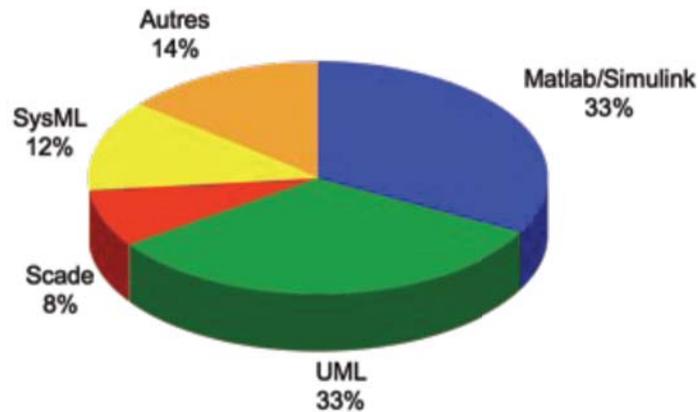
Langages de programmation utilisés dans l'embarqués  
N=86



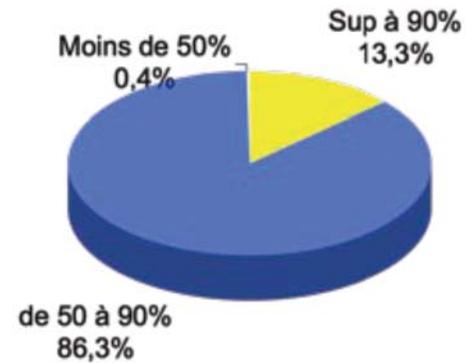
- Windows souvent cité, mais davantage comme OS générique de développement
- C/C++ reste le langage le plus utilisé, Java est en croissance

# Enquête Prestataires

Langages de modélisation/simulation utilisés dans l'embarqué  
N=86



Part des OS payants utilisés dans l'embarqué  
N=86



- **Matlab/Simulink, UML/SysML et SCADA les plus souvent cités**
- **La quasi-totalité des prestataires utilisent majoritairement des OS payants, à la demande des industriels**

# Enquête Industriels

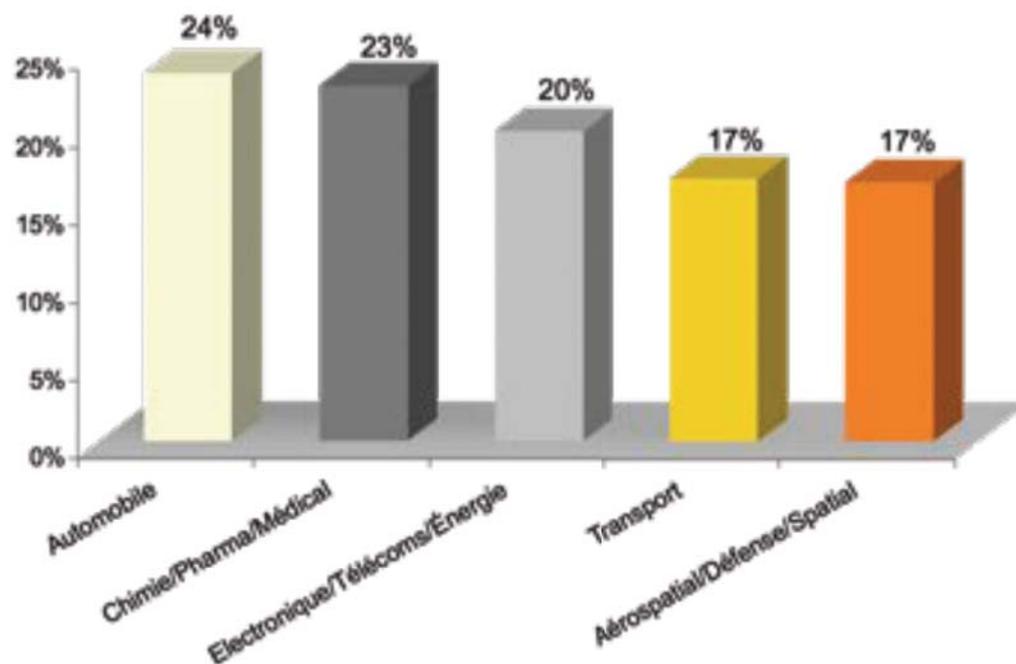
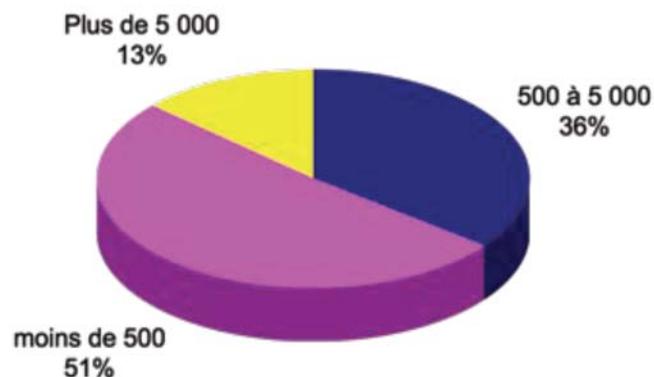
Répartition des sociétés interrogées suivant l'effectif total France par secteur d'activité  
N=45

## Échantillon :

45 sociétés interrogées

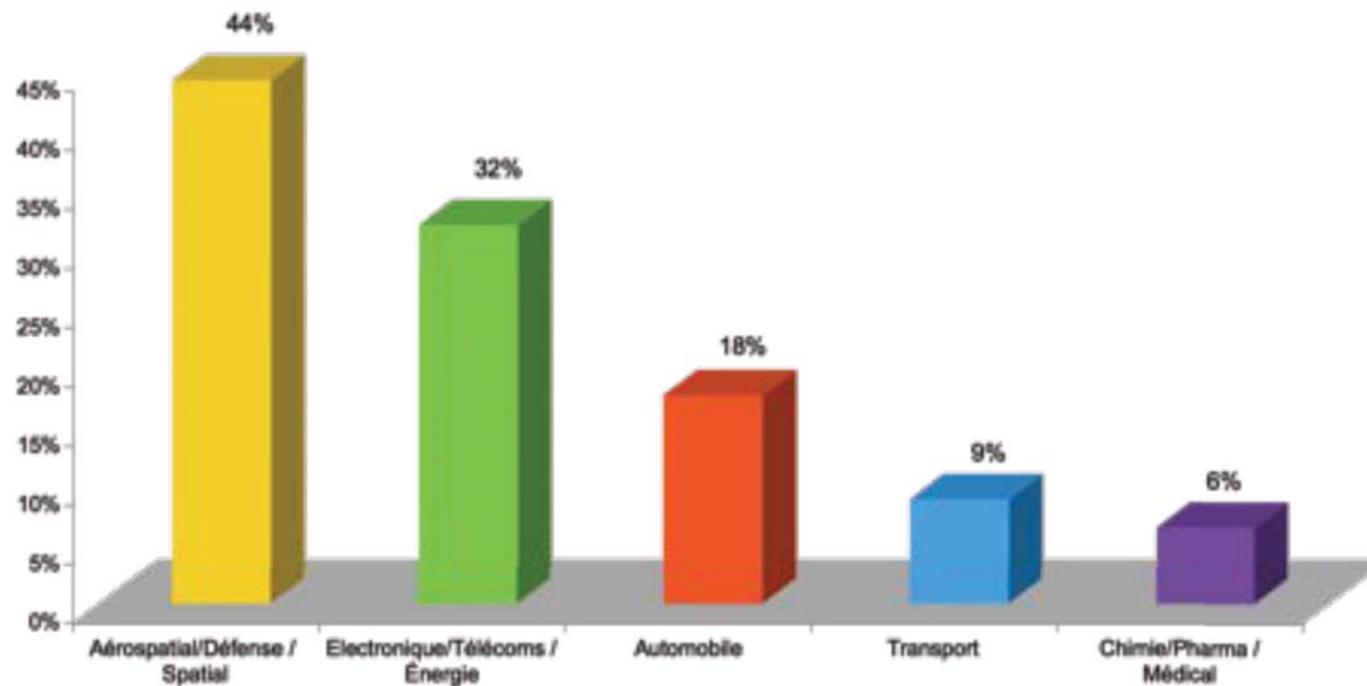
Représentant un effectif de 130 000 personnes en France

Dont 9 000 personnes en logiciel et systèmes embarqué



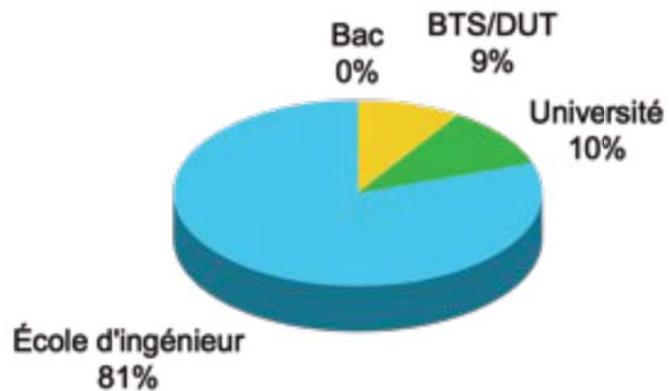
# Enquête Industriels

% d'effectifs dédiés au logiciel embarqué secteur (dans l'entité interrogée)  
N=45



# Enquête Industriels

Formation initiale des effectifs en logiciel embarqué  
N=45



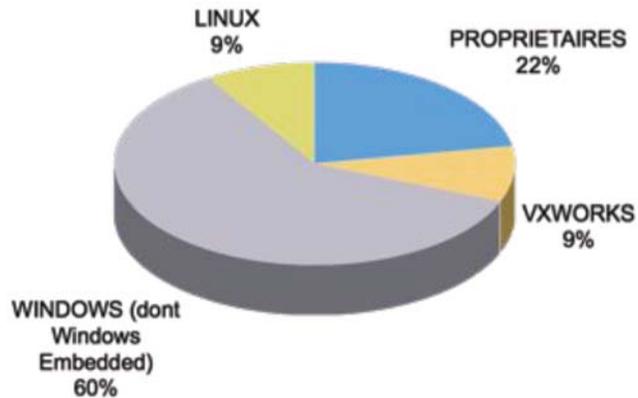
Niveau d'expérience des effectifs dédiés à l'embarqué  
N=45



- Une représentation très forte des formations supérieures et des écoles d'ingénieurs
- Majoritairement avec plus de 5 ans d'expérience

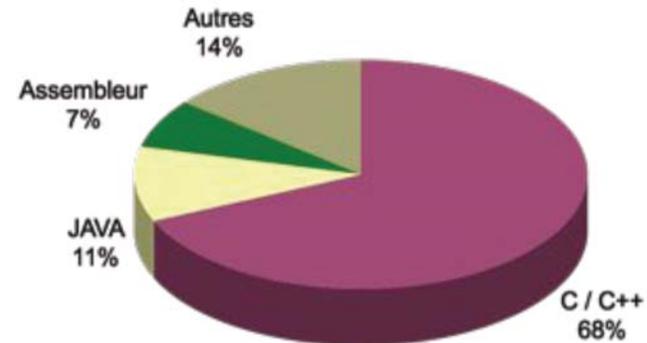
# Enquête Industriels

OS utilisés dans l'embarqué  
N=45

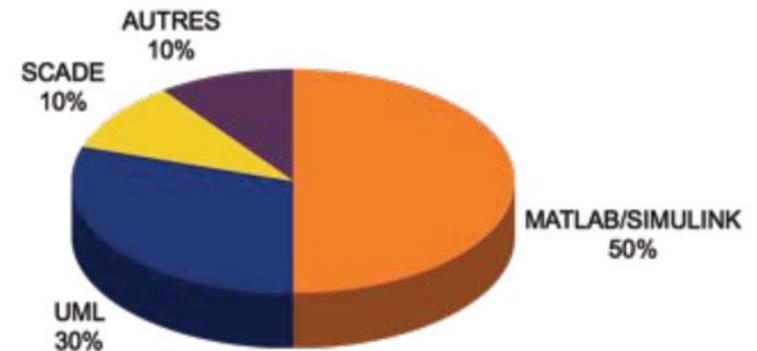


- **Windows souvent cité, mais davantage comme OS générique de développement**
- **C/C++ reste le langage le plus utilisé, mais Java est en croissance**
- **Matlab/Simulink est un quasi-standard en modélisation mais de nouveaux langages et méthodes formelles arrivent : UML, Scade...**

Langages de programmation utilisés dans l'embarqué  
N=45

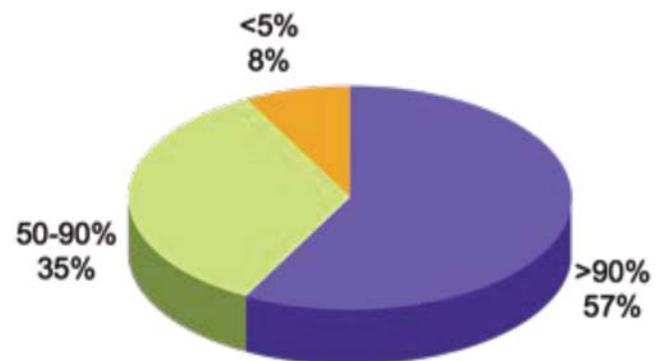


Langages de modélisation/simulation utilisés dans l'embarqué  
N=45



# Enquête Industriels

Part des OS payants dans l'embarqué  
N=45



- **Les industriels utilisent encore en grande majorité des OS payants dans l'embarqué**

# Agenda

- Méthodologie et définitions
- Marché du logiciel embarqué en France
- Principaux enjeux et compétences autour du logiciel embarqué
- Principaux résultats des enquêtes terrain
- **Annexes**

# Les 10 métiers clés du logiciel embarqué

- **Responsable de l'équipement ou Spécialiste Système**
  - Définit le produit ou le système, (fonctions d'automatisation, de communication, de supervision), effectue l'analyse système, décompose en produits et en fonctions, alloue les budgets tant économiques qu'en ce qui concerne les performances et les délais ; coordonne l'ensemble des activités et effectue les arbitrages techniques et financiers.
- **Chef de projet**
  - Responsable de la gestion du projet et donc de la livraison du matériel et du logiciel éventuellement prêt pour la certification, dans les contraintes de délai et de coût et de qualité fixés par le programme ou le client. Cela inclut le cas échéant la responsabilité de gestion des sous-traitants.
- **Architecte plateforme embarquée**
  - Responsable de la définition et de la réalisation de l'architecture du matériel et des couches basses des systèmes (du type des architectures IMA ou Autosar par exemple)
- **Expert Technologies Embarquées / Responsable Support**
  - Dispose d'une connaissance intime des différentes méthodes et technologies nécessaires à la production et à l'exploitation des logiciels. Par exemple bonne connaissance des bus, des calculateurs, des systèmes d'exploitation ; des caractéristiques des langages et de leurs compilateurs et... Connaît les exigences spécifiques au domaine en matière de performance et de qualité. En matière de sûreté de fonctionnement, connaissance des méthodes industrielles retenues pour spécifier, obtenir et contrôler le niveau de sûreté de fonctionnement tant en matière de matériel que de logiciel.
- **Architecte applications embarquées**
  - Responsable de la définition des logiciels de l'application réalisée par l'équipement. Prépare les spécifications de besoin, l'architecture logiciel, la conception préliminaire, la spécification du logiciel. Cela requiert la connaissance intime des caractéristiques des différentes technologies, nécessaire à la production et à l'exploitation des logiciels, connaissance de l'architecture matérielle, des bus, des calculateurs... Cela requiert également la connaissance technique d'un équipement similaire d'une génération précédente.
- **Spécialiste Développement Logiciel**
  - Réalise le développement des logiciels depuis les phases de conception préliminaire jusqu'à celles de validation. Nécessite une bonne connaissance des méthodologies, langages et technologies utilisées en logiciels embarqués.
- **Spécialiste Qualification / Validation**
  - Définit la stratégie de validation conformément à la réglementation et aux objectifs du programme ou du client. Réalise les plans de vérification et de validation. S'assure que les livraisons sont conformes aux exigences des certifications. Reçoit le logiciel et le matériel et fait réaliser ou réalise les tests de validation.
- **Spécialiste Test**
  - Réalise les essais du logiciel et du calculateur conformément aux plans définis. Nécessite une connaissance de la mise en oeuvre des bancs de test
- **Responsable et Spécialiste Intégration**
  - Réalise l'intégration du logiciel sur le calculateur.
- **Responsable et Spécialiste Process & Méthodes / Assurance Qualité / Certification**
  - (Connaissance des méthodes et normes nécessaires au support du processus de développement. Connaît les démarches d'assurance qualité ou de gestion en configuration. Concernant les postes de support, connaît la mise en oeuvre des outils de développement et de test ; est capable de les déployer, de faire une maintenance de premier niveau et de supporter les utilisateurs dans une utilisation optimale de ces moyens.

# Définitions

## Les référentiels

- Exemple de référentiel ETSS (Embedded Technology Skill Standard) utilisé l'IPA (Information technology Promotion Agency) au Japon

Fonction	Compétences	Planification	Analyse des besoins systèmes	Conception du process système	Analyse des besoins logiciels	Conception des processus logiciels	Conception détaillée des logiciels	Codage et tests	Intégration logicielle	Tests systèmes	Intégration logicielle	Maintenance
Chef de produit	Systèmes embarqués	Enquête sur les produits, analyse et planification de la stratégie systèmes	Besoins systèmes et spécifications	Evaluation et modification des spécifications requises								Definition du changement
Chef de projet	Développement de logiciels embarqués		Planification du projet	Management de projet								
Spécialiste embarqué	Technologies embarquées incluant ETSS Technology Elements, Produits, Standards, etc.		Spécifications requises	Conception du process système	Contrôle	Contrôle			Contrôle	Contrôle		Contrôle de la conception du changement
Architecte systèmes	Applications embarquées		Spécifications requises	Conception du process système	Analyse des besoins logiciels	Contrôle	Contrôle		Contrôle	Contrôle		Contrôle de la conception du changement
	Plateformes embarquées		Spécifications requises	Conception du process système	Analyse des besoins logiciels	Contrôle	Contrôle		Contrôle	Contrôle		Contrôle de la conception du changement
Ingénieur logiciel	Applications embarquées				Définition des besoins logiciels	Conception des process logiciels	Conception détaillée des logiciels	Codage/ Tests des modules	Tests intégrés	Tests systèmes		Implementation du test de module de changement
	Plateformes embarquées				Définition des besoins logiciels	Conception des process logiciels	Conception détaillée des logiciels	Codage/ Tests des modules	Tests intégrés	Tests systèmes		Implementation du test de module de changement
Ingénieur "Bridge"	Développement de systèmes embarqués			Planification de la communication	Gestion de la communication entre les sites de développement						Evaluation et support des livrables	Implementation du test de changement
				Planification de la gestion de projet à distance	Gestion des projets faisant appel à des sites de développement distants							
Ingénieur support	Développement d'environnements de systèmes embarqués			Planification de l'environnement de développement systèmes	Maintenance et exploitation de l'environnement des systèmes de développement							Maintenance de l'environnement de développement des systèmes
	Process de développement	Conception, personnalisation, et opérations de support du process de développement et suivi des projets										
Spécialiste assurance qualité	Développement de logiciels embarqués			Planification des programmes d'assurance qualité	Validation du contrôle qualité			Validation du code	Tests intégrés	Tests systèmes		
Ingénieur test	Développement de systèmes embarqués						Conception des systèmes de tests	Planification de tests intégrés	Tests intégrés	Tests systèmes	Tests de l'intégration logicielle	Test des fonctions modifiées

  principalement   inclus partiellement

# Liste des Industriels/Experts/Pôles interrogés en Phase 1

- 24 entretiens approfondis réalisés

Société	Nom	Fonction
Airbus	François RINJONNEAU	Responsable Politique Industrielle Département Software
Astrium	Alain ROSSIGNOL	Expert sénior systèmes et logiciel embarqué
Astrium	Christophe LEMERCIER	Responsable Traitement bord / Sûreté fonctionnement des satellites
Continental (Siemens VDO)	Louis-Claude VRIGNAUD	Chargé des Projets publics
Continental (Siemens VDO)	Claude PINAUD	Responsable Développement Logiciel
Continental (Siemens VDO)	Gilles HANNOYER	Chargé des synergies Continental/Aerospace Valley
Hispano-Suiza	Jérôme GUILBERT	Chef du département études
Intertechnique	Jérôme RAME	Directeur du département surveillance et gestion de systèmes
Matra BDA	Jean-Sébastien CRUZ	Senior Manager Architectures & Modellings - Methods & Tools
PSA	Frédéric BARRAND	Responsable Electronique embarquée
Renault	Christian BALLE	Adjoint au directeur /Direction de l'Electronique Avancée
Schneider Electric	Jean-François ROLLAND	Directeur R&D
ST Microelectronics	Bernard FONTAN	Directeur du site de Grenoble
Turbomeca	Bernard WENDLING	Chef du Service Composants et Logiciels
Valeo	Jacques BERCOT	Directeur du Centre d'Excellence Electronique

Société	Nom	Fonction
Aerospace Valley	Gérard LADIER	Senior Manager / Software Engineering
Aerospace Valley	Christian LABEZIN	Expert Logiciel Embarqué
CEA	Christophe LECLUSE	Responsable Département embarqué au sein du LIST
CEA	Jean-Luc DORMOY	Programme Strategy Manager DRT
INRIA	Daniel PILAUD	Expert
Minalogic	Laurent JULLIARD	Directeur Embedded System on Chip
System@tic	Dominique POTIER	Directeur Recherche & Technologie
System@tic	Armelle JAMAULT	Responsable Compétences
Verimag	Nicolas HALBWACHS	Directeur Laboratoire

# Liste des Sociétés de Services/Editeurs interrogés en Phase 1

- 18 entretiens approfondis réalisés

Société	Nom	Fonction
Alyotech	Jean-Claude ALAUX	Directeur Général
Anyware technologies	Ludovic Le MOAN	Directeur
Assystem	Stéphane AUBARBIER	DGA
Atos Origin	Nicolas BONNET	Responsable du Centre de Compétences "Logiciel Embarqué"
CS	Jean-Marie PILLOT	Directeur Marketing
Esterel Technologies	Eric BANTEGNIE	PDG
Eurogiciel	Philippe LASMAN	Directeur Technique
Geensys	Eliane FOURGEAU	Directrice Marketing et Commerciale
IBM Global Services	Olivier PAYRAUD	Partner Automotive
IBM Software	Michel SPERANSKI	Responsable Rational
Microsoft	Olivier BLOCH	Responsable Embedded
Open Wide	Patrick BENICHOU	PDG
Orange Business Services	Mohamed TRIA	Directeur des activités IT&Labs
Sogeti High Tech	Gilles GRUEL	Directeur de la Communication
Steria	Didier BOSQUE	Responsable Embarqué
TheMathworks/Polyspace		
Wavecom	Dominique CYNE	Group Vice President for Research and Development
Wavecom	Stéphane BAIXAS	Directeur du Développement Logiciel

# Organismes de formation mentionnés durant l'étude

- **Ecoles d'ingénieurs de catégorie A, B, C**
  - X
  - Centrale
  - Mines
  - Supélec
  - ENST
  - ENSAM
  - INSA
  - INP-ENSIMAG Grenoble
  - ENSEEIHT
  - ESIEE
  - ESIEA
  - ECE
  - CPE Lyon
  - EFREI...
  
- **Formations universitaires :**
  - Mastère Systèmes complexes entre Polytechnique-Université Paris XI-CEA
  - Mastères spécialisés systèmes embarqués
    - Ex : Master Informatique des Systèmes Embarqués Paris 8...

# Méthodologie d'estimation des volumes de recrutement

## ▪ **Modèle d'évolution et de mobilité des effectifs pour les sociétés de services**

- Pour les fonctions suivantes, 50% des effectifs proviennent de mobilité interne et 50% de recrutements externes : Chef de projet, Architecte plateforme embarquée, Spécialiste Qualification / Validation et Responsable, Spécialiste Intégration
- Pour les fonctions suivantes, 100% des effectifs proviennent de recrutements externes : Responsable de l'équipement ou Spécialiste Système, Expert Technologies Embarquées / Responsable Support, Architecte applications embarquées, Spécialiste Développement Logiciel, Spécialiste Test et Responsable et Spécialiste Process & Méthodes / Assurance Qualité / Certification
- Les effectifs venant de mobilité interne devront être « compensés » par des recrutements sur les fonctions suivantes : Développement Logiciel (en majorité), Test et Intégration, ainsi que sur des reconversions d'autres profils non embarqués (électronique, informatique de gestion...)

## ▪ **Modèle d'évolution et de mobilité des effectifs pour les industriels**

- Pour les fonctions suivantes, 50% des effectifs proviennent de mobilité interne et 50% de recrutements externes : Responsable de l'équipement ou Spécialiste Système, Expert Technologies Embarquées / Responsable Support, Chef de projet, Architecte plateforme embarquée, Architecte applications embarquées, Spécialiste Qualification / Validation et Responsable, Spécialiste Intégration
- Pour les fonctions suivantes, 100% des effectifs proviennent de recrutements externes : Spécialiste Développement Logiciel, Spécialiste Test et Responsable et Spécialiste Process & Méthodes / Assurance Qualité / Certification
- Les effectifs venant de mobilité interne devront être « compensés » par des recrutements sur les fonctions suivantes : Développement Logiciel (en majorité), Test et Intégration, ainsi que sur des reconversions d'autres profils non embarqués (électronique, informatique de gestion...)