

FROM RESEARCH TO INDUSTRY

cea

[www.cea.fr](http://www.cea.fr)

# APPROCHE PARAMÉTRIQUE D'ESTIMATION DES COÛTS

## APPLIQUÉE AU PROJET IFMIF

PH. GASTINEL / J FRANCK

*DIDACTIC SLIDES COURTESY OF PRICE SYSTEMS*

## Approche paramétrique d'estimation des coûts - Application au chiffrage des accélérateurs IFMIF

Date = 10 Avril 13

Durée = 1h30

### Résumé

L'approche paramétrique dans l'estimation des coûts n'est pas nouvelle puisque les premiers résultats basés sur ces modèles datent de la fin des années 60. Les solutions se sont depuis continuellement améliorées pour mieux répondre, notamment, aux besoins de précision des chiffrages dans les phases amont des projets.

La paramétrie dans les estimations est applicable pour l'acquisition de composants jusqu'aux projets d'ingénierie des systèmes complexes couvrant des disciplines aussi variées que la mécanique, l'électronique et les systèmes d'information et considérant l'effort des activités transverses (management et ingénierie) sur toutes les phases de leur cycle de vie.

La place des méthodes d'estimation des coûts et plus particulièrement l'approche paramétrique avec le modèle universel « True Planning » de Price Systems seront présentées. Cette solution a été déployée pour chiffrer le coût de construction des 2 accélérateurs d'IFMIF.

L'expérience acquise sur ces travaux sera présentée, et une démonstration du logiciel - sur le cas de l'injecteur IFMIF - sera exécutée.

En conclusion, les bénéfices potentiels de l'adoption d'une telle démarche pour l'organisation seront argumentés.

## Didactique

Estimation des coûts : les constats, les méthodes  
Introduction à l'approche paramétrique  
Un modèle universel : True Planning de Price Systems

## Applicative

La démarche appliquée au chiffrage des accélérateurs IFMIF  
Démonstration  
Retour d'expérience

## Prospective

Les apports pour l'organisation  
Est-ce rentable ?

# LES CONSTATS

## Sydney Opera House

1317 % growth



## Calcutta Metro

986 % growth



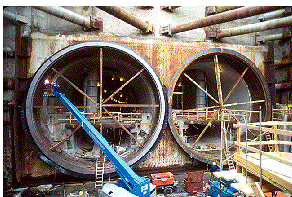
## Concorde

459 % growth



## Eurotunnel

143% growth



## Airbus A380 development

Original projection = 8.8 G€

Current estimate = 11 G€ (+25%)



## Bell ARH-70 Armed Reconnaissance Helicopter (ARH)

Preliminary estimates = 5 M\$ each

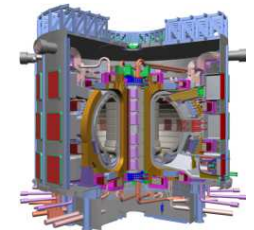
Cost assessment (late 2006) = 10 M\$ each (+100%)



## ITER Construction (en cours)

Contribution Eu = 2.7 G€

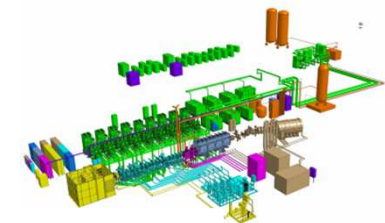
Contribution Eu = 7.2 G€ (+178 %)



## LIPAc Construction (en cours)

Budget allocation – part CEA = 30.3 M€ (2005)

Current estimate – part CEA =



# LES CONSTATS

## Sydney Opera House

1317 % growth

## Calcutta Metro

986 % growth

## Concorde

459 % growth

## Eurotunnel

143% growth

## Airbus A380 development

Original projection = 8.8 G€



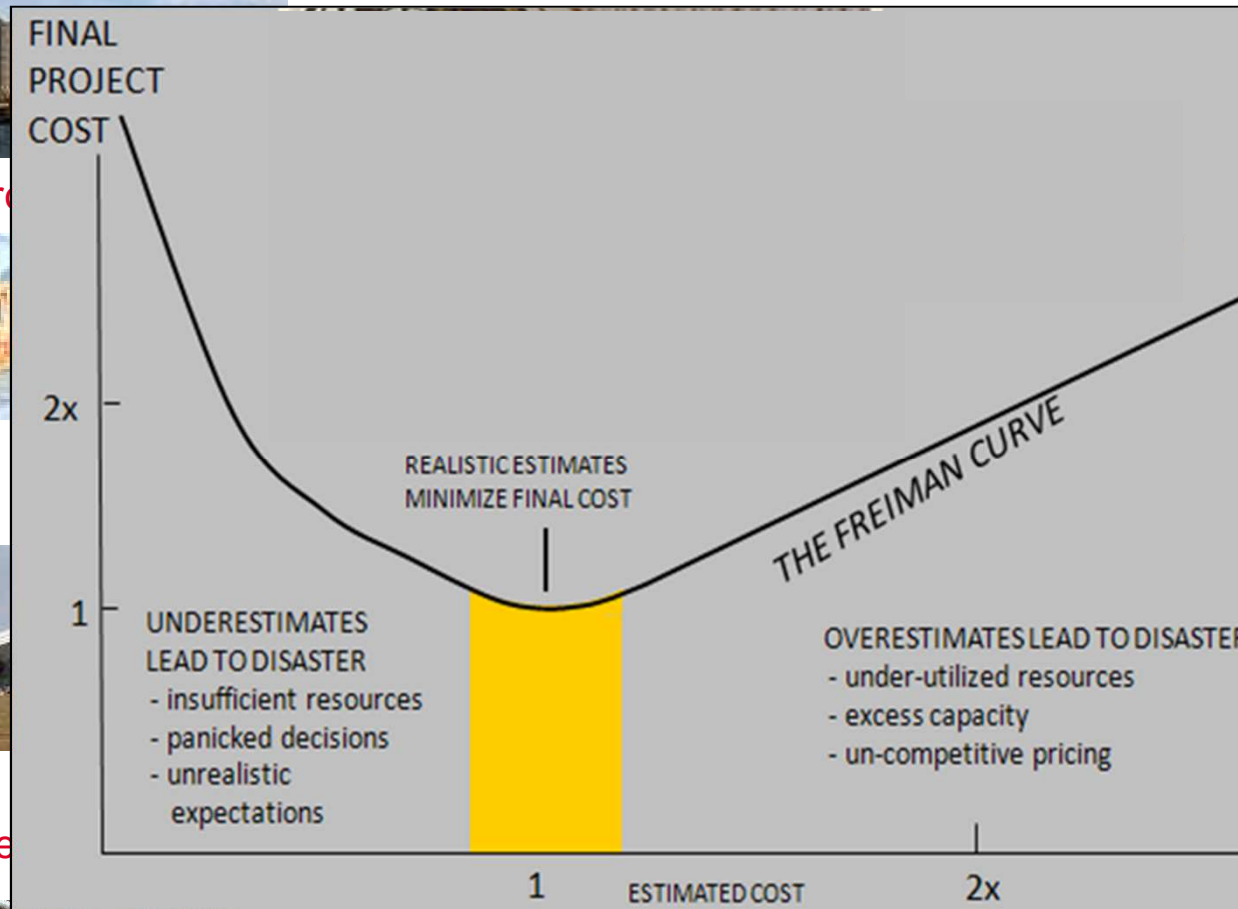
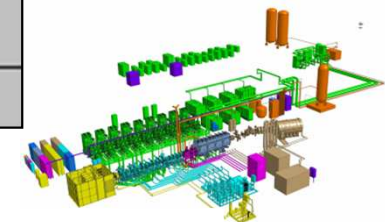
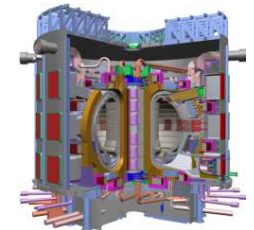
## Armed Helicopter (ARH)

(+100%)



## ...ion (en cours)

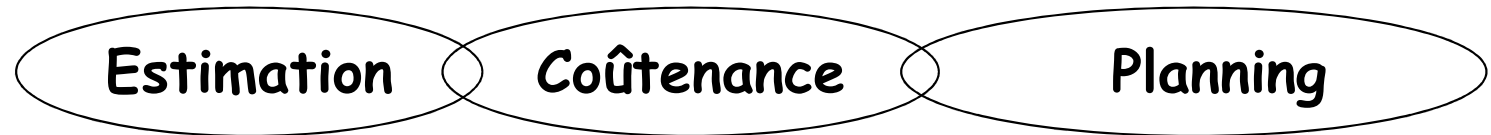
(+178 %)



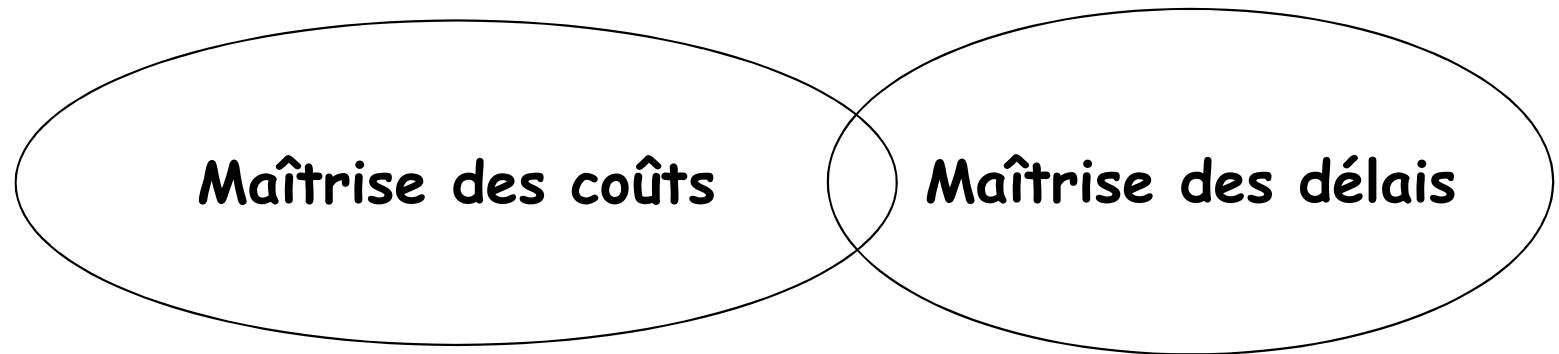
Budget allocation – part CEA = 30.3 M€ (2005)

Current estimate – part CEA =

**3 fonctions  
3 savoir-faires**



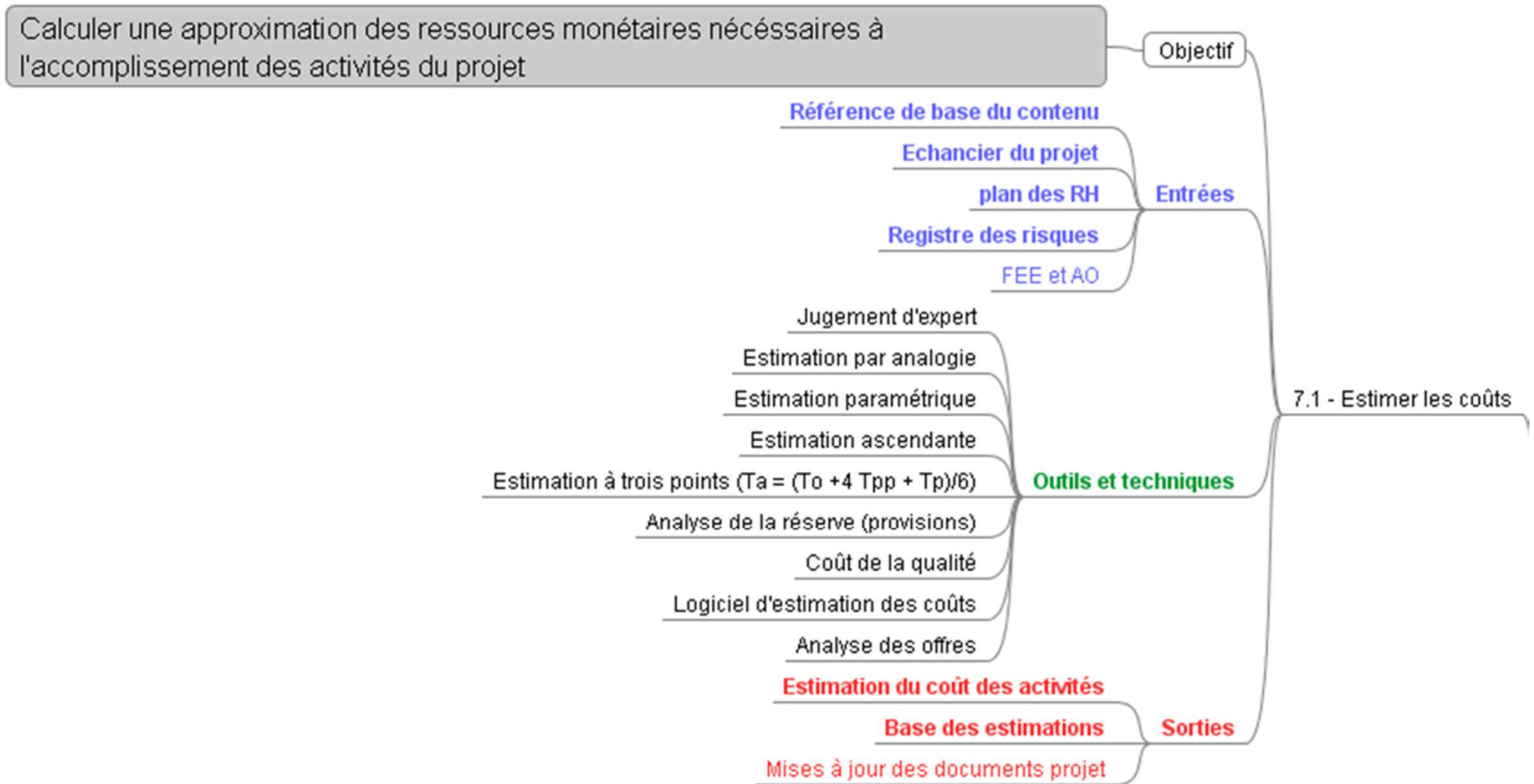
**2 disciplines**



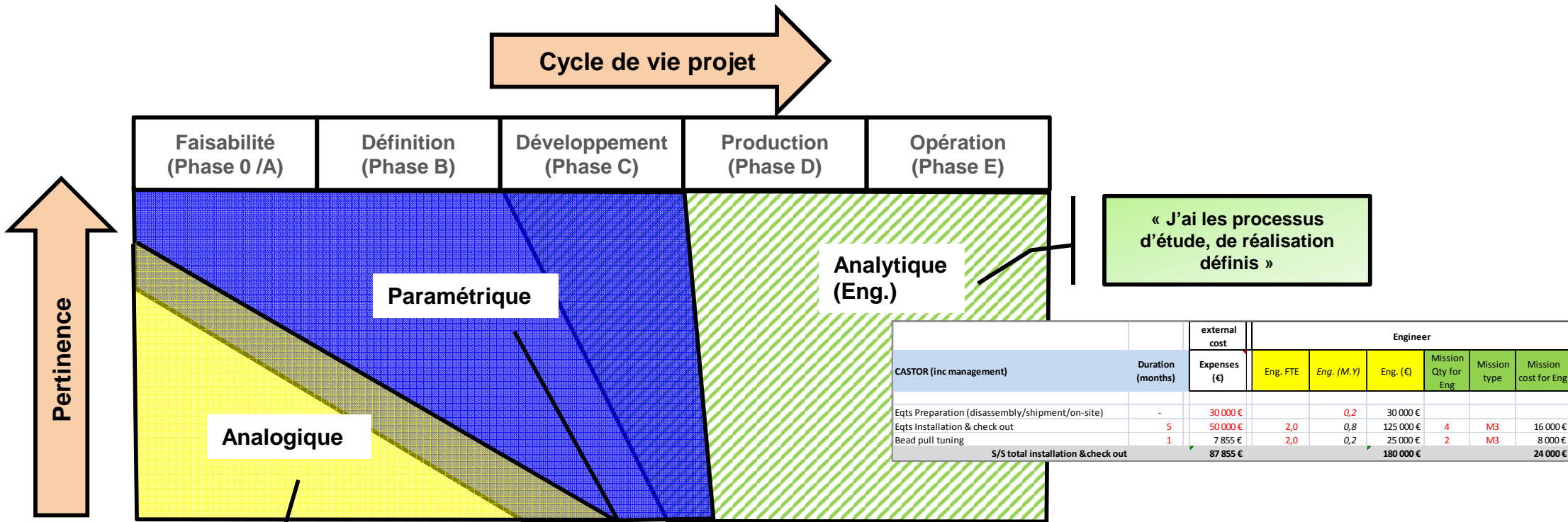
**2 objectifs**



# L'ESTIMATION DES COÛTS (PMBOK)



# LES MODÈLES D'ESTIMATION DES COÛTS ET LEUR APPLICATION – CARTOGRAPHIE



CASTOR (inc management)	Duration (months)	external cost Expenses (€)	Engineer					
			Eng. FTE	Eng. (M.Y)	Eng. (€)	Mission Qty for Eng	Mission type	Mission cost for Eng
Egts Preparation (disassembly/shipment/on-site)	-	30 000 €		0,2	30 000 €			
Egts Installation & check out	5	50 000 €	2,0	0,8	125 000 €	4	M3	16 000 €
Bead pull tuning	1	7 855 €	2,0	0,2	25 000 €	2	M3	8 000 €
<b>S/S total installation &amp; check out</b>		<b>87 855 €</b>			<b>180 000 €</b>			<b>24 000 €</b>

« J'ai un système comparable et chiffré »

« J'ai les caractéristiques (paramètres) du système à concevoir/fabriquer/tester »

RFQ IFMIF : Masse = 12.2 Tonnes / L = 18\*0.55m / Freq = 175MHz

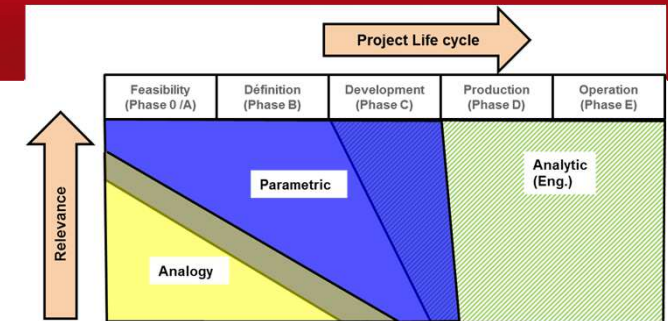
Produit similaire = RFQ IPHI  
Coût = 290 k€ l'unité produite (cout récurrent)  
Masse = 2.6 Tonnes / L = 6\*1m / Freq = 352 MHz

Ratio : fréquence moitié => double surfaces usinée/ double brasure par ML  
Cout tronçon RFQ IFMIF = 290 \*2 (surfaces usinées / 2 (longueur)= 290 k€ => 5..2 M€  
pour le RFQ complet

	Rough Manufacturing Process**	Hogout***	Precision****	Welded part*****
usiné, embouti	50%	r0.3/r0.05	usé	
usiné, embouti		r0.5	usé	
forge, usiné		r0.5	usé	
forge, usiné		r0.5	usé	
forge, usiné	20%	r0.3/r0.05	non	
forge, usiné	20%	r0.3/r0.05	non	
forge, usiné		r0.5	usé	
forge, usiné		r0.5	usé	
forge, usiné		r0.5	usé	
forge, usiné		r0.5	usé	

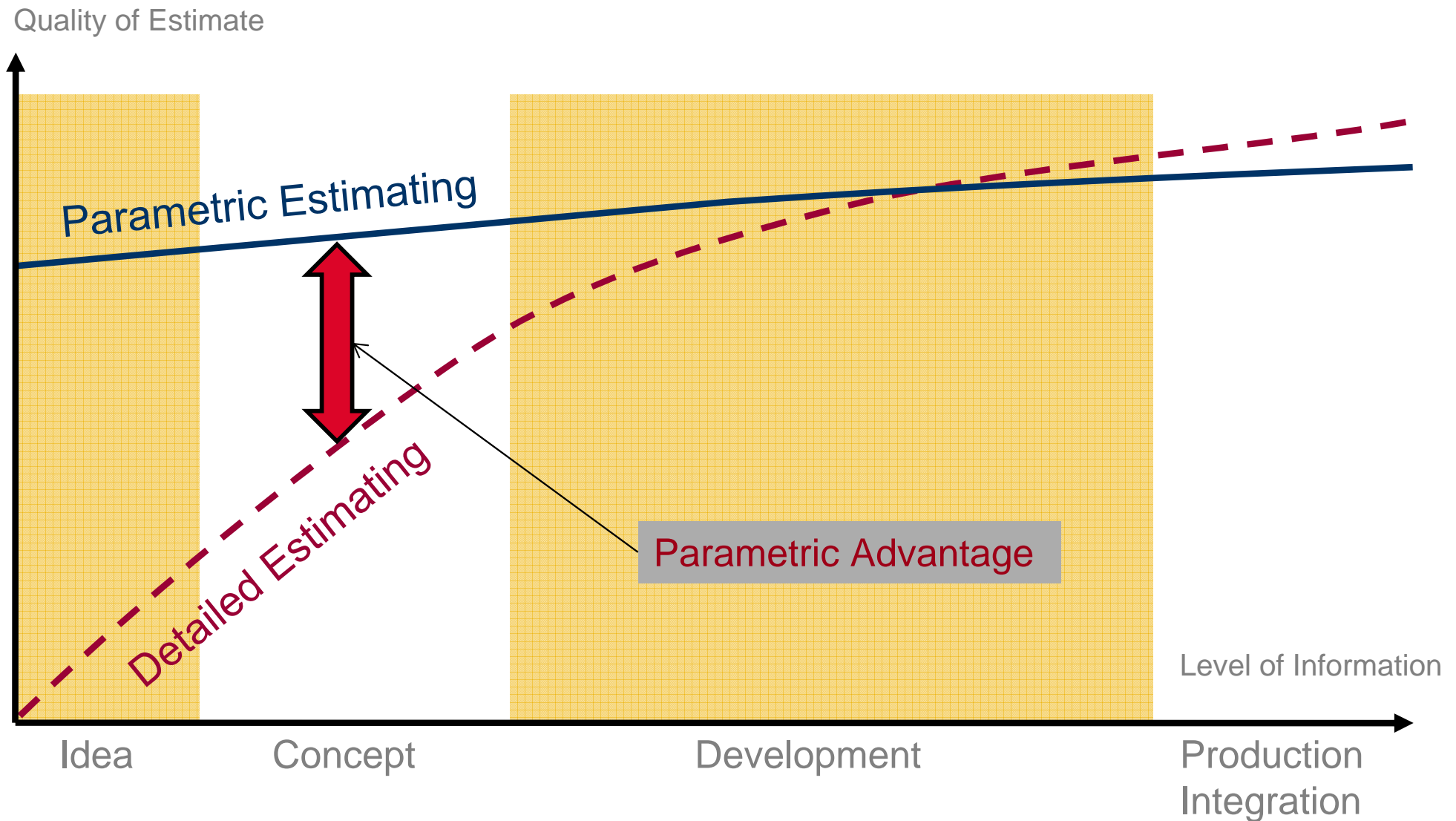


# COMPARAISON DES APPROCHES

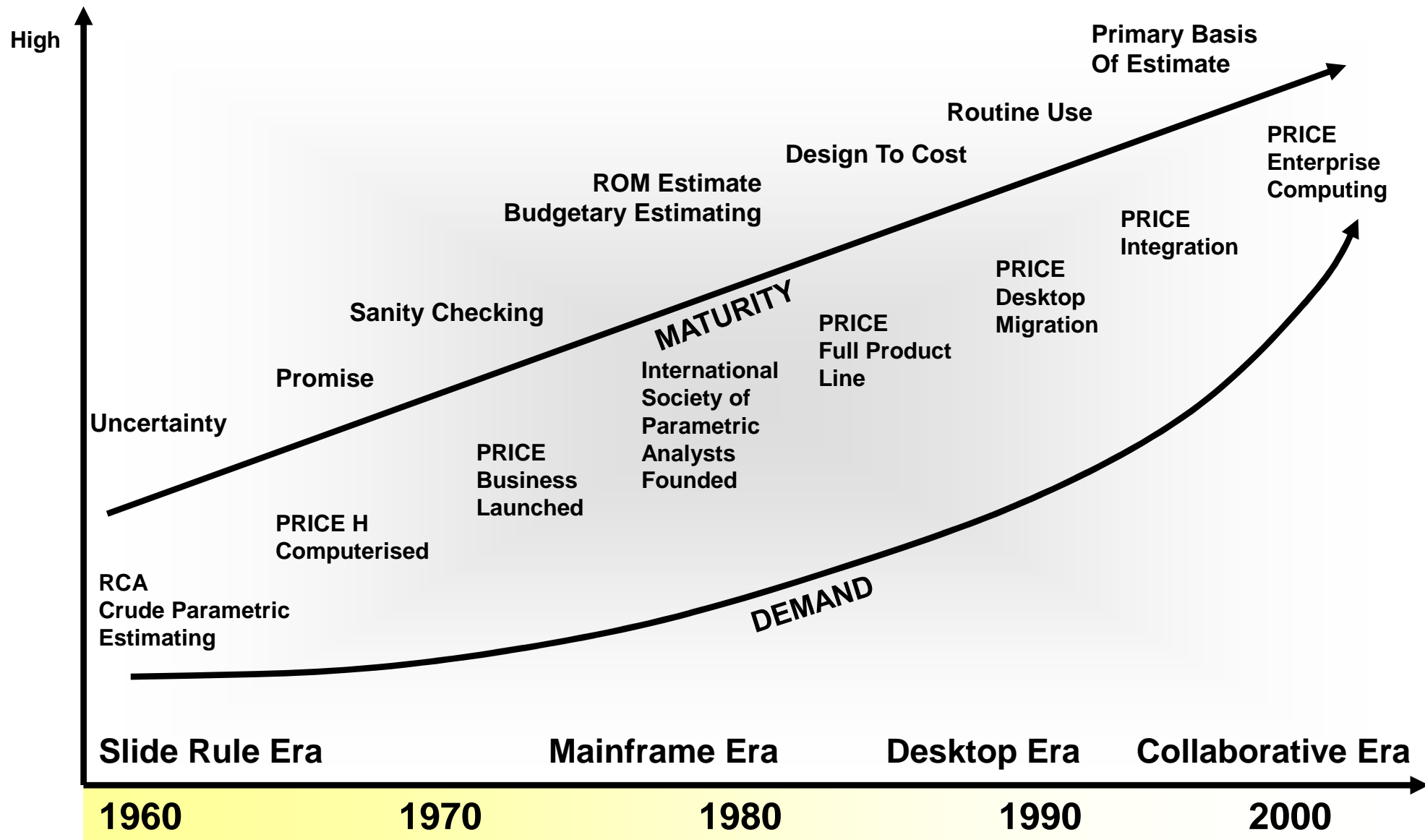


Méthode	Force	Faiblesse	Application
Analogique	<ul style="list-style-type: none"> <li>Réalisable à partir de peu d'information</li> <li>S'appuie sur des coûts constatés</li> <li>Rapide</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Imprécis (précision dépend de la similarité)</li> <li>Difficulté d'estimer l'impact d'un changement</li> <li>Ne permet pas d'analyser les résultats</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lorsqu'un système de référence est disponible</li> <li>Phases "très amont"</li> <li>Estimation "Ordre de grandeur"</li> <li>Vérification (cross check)</li> </ul>
Analytique	<ul style="list-style-type: none"> <li>A la portée de tous</li> <li>Facile à mettre en oeuvre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La conception doit être "stabilisée"</li> <li>Peut être lent et laborieux</li> <li>Difficile de reprendre les chiffres (si les hypothèses ne sont pas tracées)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estimation en Ingénierie, production, operation ...</li> <li>Utilisation traditionnelle et intuitive</li> </ul>
Paramétrique	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Exhaustif</b> (activités d'intégration, organisation, productivité ...)</li> <li><b>Auditable</b> (justification aisée)</li> <li><b>Facilement modifiable</b></li> <li><b>Raisonnement rapide</b></li> <li><b>Visibilité sur les drivers de coûts</b></li> <li><b>Sortie de coûts variées</b> (phases, activités, ressources, échéances, incertitudes ..)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La précision dépend de la précision des données d'entrée</li> <li>Investissement nécessaire dans un modèle (outil, compétences pour compréhension du comportement du modèle)</li> <li>Barrière culturelle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Du simple produit au système complexes (Phase A-&gt; Phase C)</li> <li>Lancement d'appel d'offres</li> <li>Conception à coût objectif (lien entre paramètres de conception et coûts)</li> <li>Vérification (cross check)</li> <li>Estimation d'un référentiel de coûts</li> <li>Echéancier budgétaire</li> </ul>

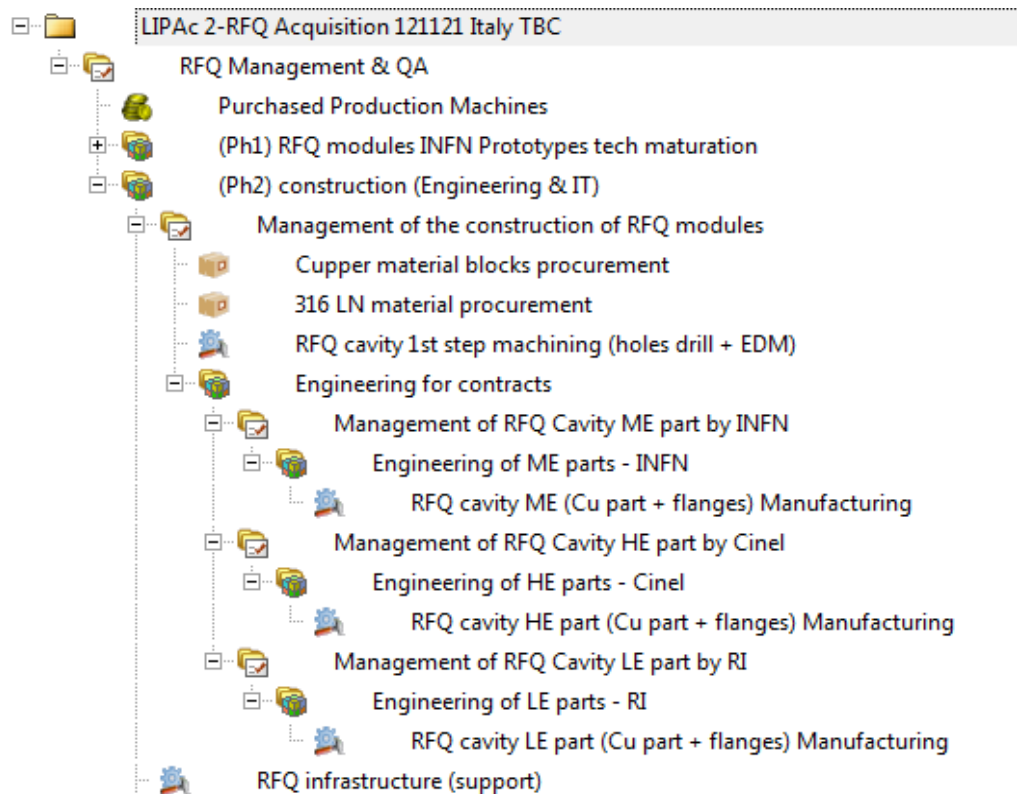
# PARAMETRIC ADVANTAGE AS FUNCTION OF PROJECT PHASE



# LA PARAMETRIE DANS L'ESTIMATION DES COÛTS UNE LONGUE HISTOIRE



Un **modèle** de coûts « universel » calibré au spécificité du **projet**



Un **modèle** de coûts « universel » calibré au spécificité du **projet**

Des **paramètres dimensionnant du coût** d'un système (**Drivers**) :  
spécifications, masse, complexité mécanique, complexité électronique, ...

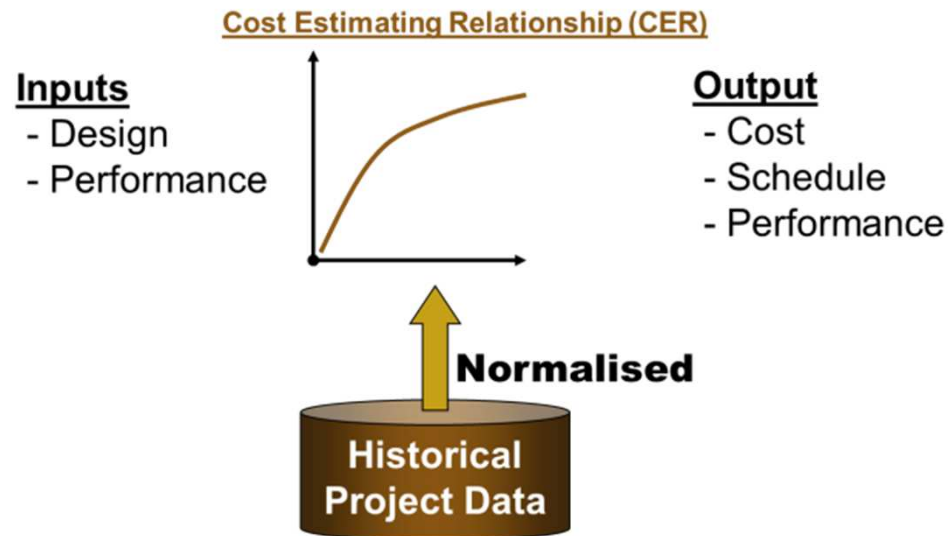
6	<b>Cost Sharing Units</b>				
7	Total Number of Production Units Produced	0			
8	Total Number of Prototypes Produced	0.00			
9	<b>Technical Description</b>				
10	Equipment Type	None			
11	Operating Specification	0.90			
12	Weight of Structure	500.000	kg		
13	Weight of Electronics	0.000	kg		
14	Volume	500.000	l		
15	Manufacturing Complexity for Structure	6.015			
16	Percent of New Structure	10%	%		
17	Percent of Design Repeat for Structure	10%	%		
18	Manufacturing Complexity for Electronics	0.000			
19	Percent of New Electronics	0%	%		
20	Percent of Design Repeat for Electronics	0%	%		
21	Engineering Complexity	0.300			
22	Labor Learning Curve	0.00%	%		
23	Material Learning Curve	0.00%	%		

# LES CONCEPTS DE L'APPROCHE PARAMÉTRIQUE

Un **modèle** de coûts « universel » calibré au spécificité du **projet**

Des **paramètres dimensionnant du coût** d'un système (**Drivers**) :  
spécifications, masse, complexité mécanique, complexité électronique, ...

Des **relations entre les entrées/sorties**. Ces relations sont portées par des équations mathématiques qui ont été calibrées par un effort et de recherche et de développement conséquent basé sur la capitalisation de projets passés.



$$\text{Cost} = F(\text{masse, environnement, complexités})$$

# LES CONCEPTS DE L'APPROCHE PARAMÉTRIQUE

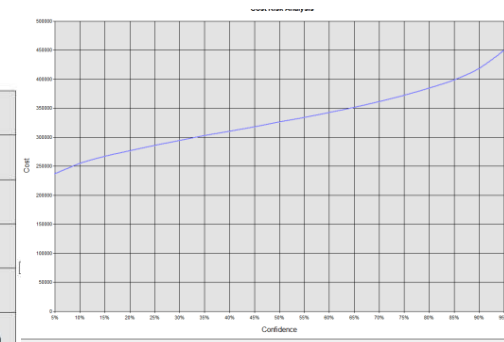
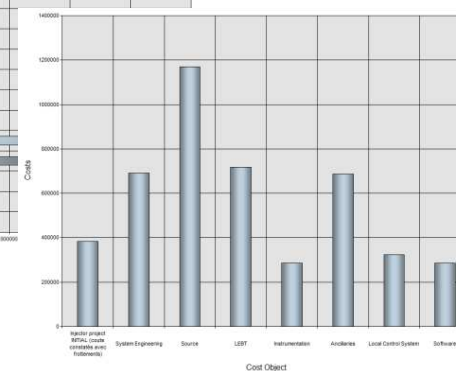
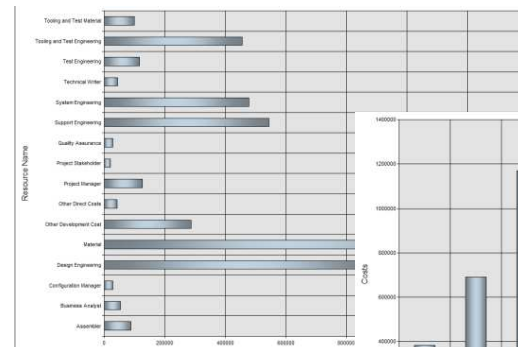
Un **modèle** de coûts « universel » calibré au spécificité du **projet**

Des **paramètres dimensionnant du coût d'un système (Drivers)** :  
spécifications, masse, complexité mécanique, complexité électronique, ...

Des **relations entre les entrées/sorties**. Ces relations sont portées par des équations mathématiques qui ont été calibrées par un effort et de recherche et de développement conséquent basé sur la capitalisation de projets passés.

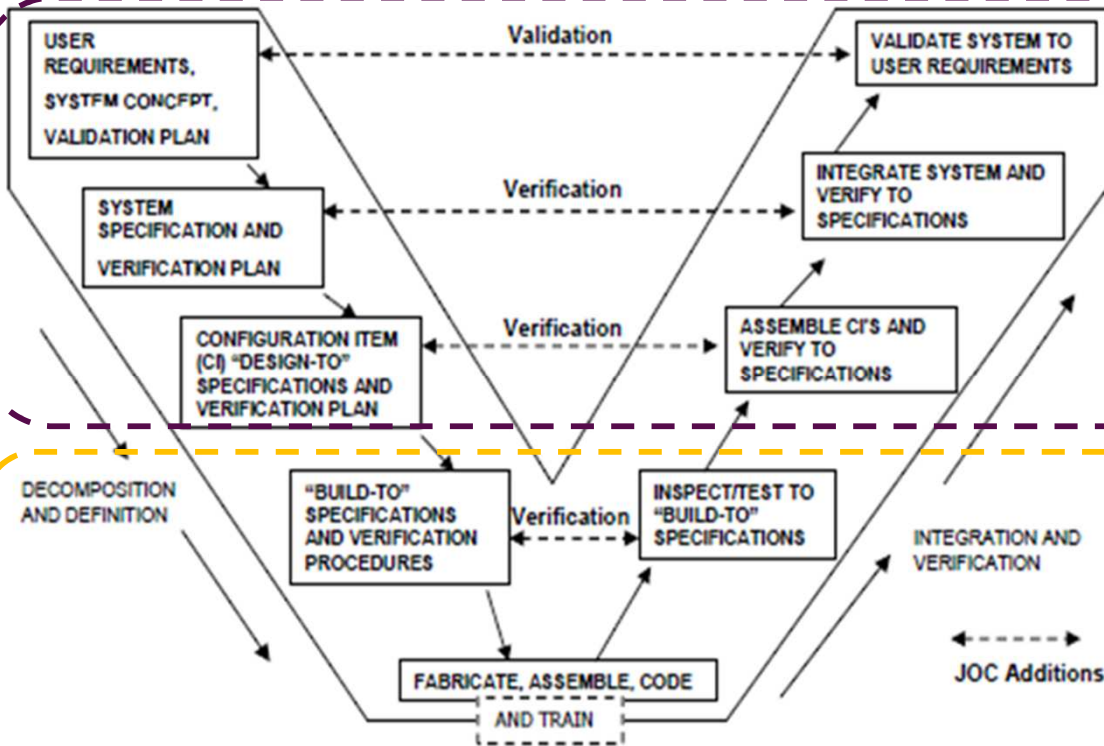
## Des sorties de coûts multiples et variées

Cost:	1 049 699 €	7.73%	Labor Requirement:	13 555.38				
Project Cost:	13 586 871 €		Project Labor Requirement:	115 380.57				
Costs : Engineering of ME parts - INFN - Currency in EUR (€) (in janvier 2011)	<b>Total</b>	Requirements Definition and Analysis	System Design	Development Engineering	Production Engineering	Production Manufacturing	Production Tooling and Test	Operational Test and Evaluation
1 Engineering of ME parts - INFN	341 926	2 349	1 283	138 981	23 414	169 352	5 514	1 033
2 RFQ cavity ME (Cu part + flanges) Ma...	707 773			23 367	53 797	600 272	30 337	
3 <b>Total</b>	<b>1 049 699</b>	<b>2 349</b>	<b>1 283</b>	<b>162 348</b>	<b>77 211</b>	<b>769 624</b>	<b>35 851</b>	<b>1 033</b>



# CYCLE EN V – COMPLÉTUDE DES ACTIVITÉS

## Project Management



- Management
  - Project Initiation and Planning for Development
  - Project Management and Control for Development
  - Quality Assurance Management for Development
  - Configuration Management for Development
  - Vendor Management for Development
  - Documentation for Development
  - Project Initiation and Planning for Production
- System Engineering
  - Requirements Definition and Analysis
  - System Design
  - Development Engineering
  - Development Manufacturing
  - Development Tooling and Test
  - Production Engineering
  - Production Manufacturing
- Livable
  - Development Engineering
  - Development First Article Milestone
  - Development Manufacturing
  - Development Tooling and Test
  - Production First Article Milestone
  - Production Engineering
  - Production Manufacturing
  - Production Tooling and Test
  - Support Equipment Procurement
  - Support Equipment Maintenance
  - Initial Spares Procurement
  - Replenishment Spares Procurement
  - Contractor Support
  - Shipping
  - Operation
  - Unit Level Maintenance
  - Intermediate Maintenance
  - Depot Maintenance
  - Organizational Maintenance
  - Initial Supply Administration
  - Support Supply Administration



# LES ENTRÉES SONT CONVERTIES EN PARAMETRES (DRIVERS DE COUT)

1 IFMIF Injector Acquisition 120611  
 2 Management  
 3 IFMIF Engineering  
 4 Injector project Castor  
 5 System Engineering  
 6 Source  
 7 LEBT  
 8 Ancillaries  
 9 Local Control System  
 10 Software  
 11 Injector project Pollux  
 12 System Engineering  
 13 Source  
 14 LEBT  
 15 Ancillaries  
 16 Local Control System  
 17 RFQ Project  
 18 System Engineering  
 19 RFQ cavity (inc. cavity, inf...  
 20 Ancillaries  
 21 Cooling system  
 22 Local Control System  
 23 Logistic and support elem..  
 24 MEBT Project  
 25 System Engineering  
 26 Bunchers (inc. cavity, infr...  
 27 Magnets (inc. PS)  
 28 Beam Line (inc scrapers, i...  
 29 Ancillaries  
 30 Local Control System  
 31 Logistic and support elem..  
 32 SRF LINAc project (Low B)  
 33 System Engineering  
 34 Low B HWRs  
 35 RF couplers  
 36 Solenoid packages  
 37 Cryostat, incl. supports, t...

Source Detailed Estimate

Cost: 848 380 € 0.48% Labor Requirement: 3,412.20 hours  
 Project Cost: 176 059 358 € Project Labor Requirement: 1,247,652.95 hours  
 Worksheet Set: <Inherited>

	Value	Units	Spread
1 Start Date	01/01/2020		
2 Quantity Per Next Higher Level	1.00		
3 Additional Units			
4 Number of Additional Production Units	0.00		
5 Number of Additional Prototypes	0.00		
6 Cost Sharing Units			
7 Total Number of Production Units	0		
8 Total Number of Prototypes Produced	0.00		
9 Technical Description			
10 Equipment Type	None		
11 Operating Specification	1.10		
12 Weight of Structure	5,675.000	kg	
13 Weight of Electronics	0.000	kg	
14 Volume	5,675.000	l	
15 Manufacturing Complexity for Structure	4.310		
16 Percent of New Structure	10%	%	
17 Percent of Design Repeat for Structure	30%	%	
18 Manufacturing Complexity for Electronics	7.000		
19 Percent of New Electronics	0%	%	
20 Percent of Design Repeat for Electronics	0%	%	
21 Engineering Complexity	0.300		
22 Labor Learning Curve	0.00%		
23 Material Learning Curve	0.00%		
24 Manufacturing Process Index	0.000		
25 Technology Improvement Control	1.0		
26 Technology Obsolescence Control	0.0		
27 Year of Technology			
28 External Integration Complexity for Structure	5.00		
29 External Integration Complexity for Electronics	5.00		

Estimates Breakdown Structure (EBS)

Extrapolation to IFMIF means revising some parameters

Each cost outcomes can be justified by their drivers (comprehensive reasons)

2. Structural Manufacturing Complexity

Name	Precision	Maturity	Operating Specification	Percent of Total	Machinability Index	Number of Parts	Calculated Manufacturing Complexity for Structure
HV Platform	3	5	0.8	62	55	17	3,156
PE wall	3	5	0.8	13	200	3	2,855
HVPS	1	3	0.9	11	40	10	4,016
Coils	2	3	0.9	6	250	5	3,534
Acc. column	0.02	2	0.9	2	60	20	6,668
Source mechanics	2	2	0.9	6	150	5	3,793

## Les 5 étapes du processus d'estimation

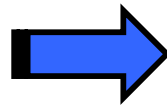
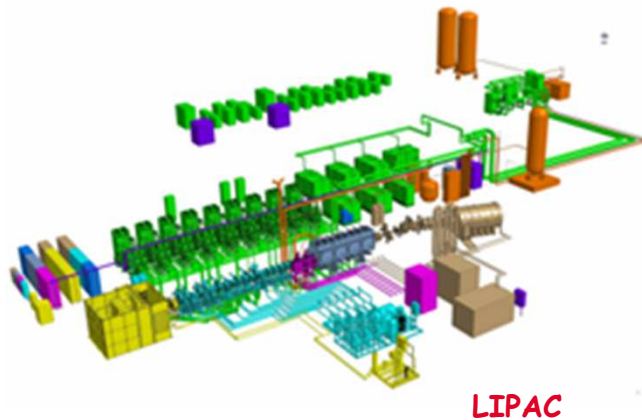
1. Définition et planification des actions d'estimation
2. Recherche, collection de données
3. Construction du modèle et paramétrage
4. Revue des coûts
5. Documentation

**APPLICATION AU PROJET IFMIF (REX)**

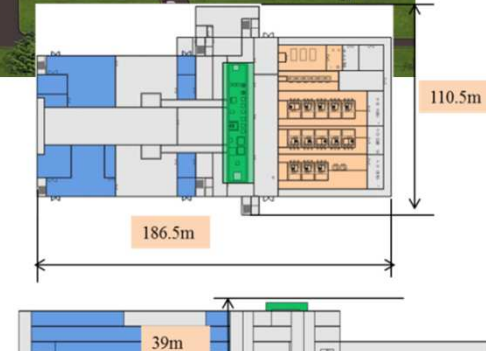
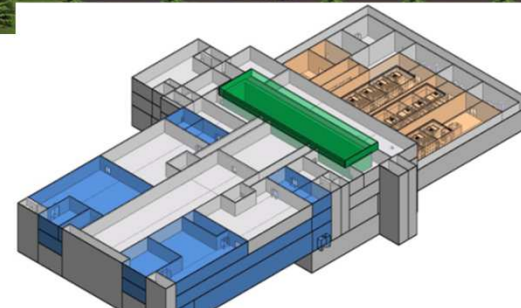
# LE CONTEXTE DU PROJET IFMIF/EVEDA

Le périmètre du projet IFMIF EVEDA consiste à :

- Étudier et réaliser un accélérateur prototype (2007 – 2017) : LIPAc
- Réaliser un dossier d'ingénierie (intermédiaire) de l'installation IFMIF (~2012-2013)



**IFMIF**



Le CEA est notamment chargé du chiffrage (coûts/ délais) des 2 accélérateurs pour les phases de Construction – Opération - Démantèlement ... avec quelques particularités par rapport à EVEDA

- Des spécifications complémentaires :
  - Durée de vie  $\geq 30$  ans
  - Disponibilité opérationnelle des 2 accélérateurs  $\geq 88$  % ...
- Des modifications probables sur la définition des systèmes et plus particulièrement
  - Cryomodules 2 puis 3 et 4
  - HEBT, Beam Dump
  - RF Power System (SSPA, TL)
  - Cryoplant ...

... et voire de l'organisation du projet

# LE CONTEXTE DU PROJET IFMIF/EVEDA

Le périmètre du projet IFMIF EVEDA consiste à :

- Étudier et réaliser un accélérateur prototype (2007 – 2017) : LIPAc
- Réaliser un dossier d'ingénierie (intermédiaire) de l'installation IFMIF (~2012-2013)

La question est la suivante :

Ce que je connais :

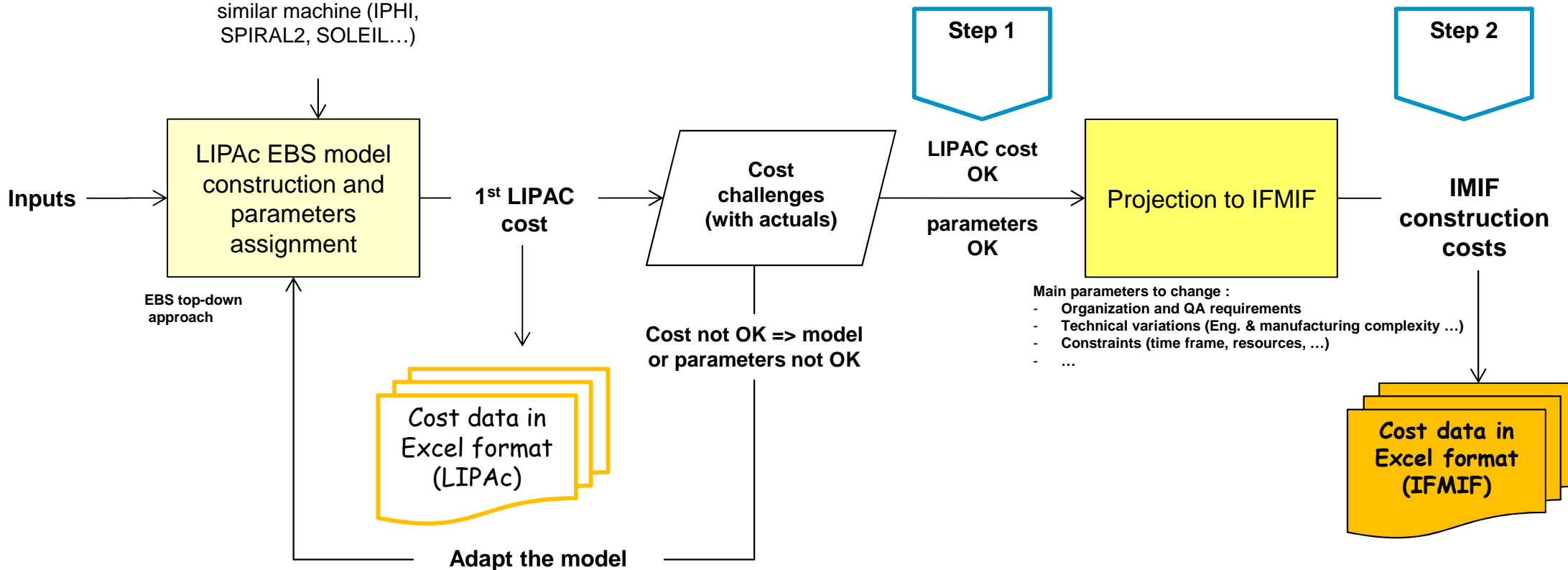
J'ai un Injecteur prototype (LIPAc) qui a coûté 4.586 M€ en coût complet aux CE glissantes, avec une équipe partiellement dédiée dans une démarche prototypage.

Ce que je cherche :

- Combien coûtera la finalisation de la conception pour tenir compte des exigences spécifiques à IFMIF = système industriel ?
- Combien coûteront 2 injecteurs (sur cette nouvelle base de la définition) en 2020 ? Et le premier (CASTOR) ? et le second (POLLUX en 2023) ? Et quelle part de la sous-traitance industrielle ? Et si j'introduis quelques modifications de périmètre, de conception (reprises partielle des dossiers)
- Quel est le coût de l'intégration de la LEBT ?
- Quel est l'échéancier de ces dépenses ?
- Quel est le niveau de précision de ces estimations ?

... Et si j'étudiais des variantes : faire appel à un MOE ensemblier ? ...

Calibration of cost parameters from LIPAc (and other similar machine (IPH1, SPIRAL2, SOLEIL...))



- Estimate ph 1 : AF cost estimate preparation (organization/ramp up)
- Estimate ph 2 : AF IFMIF construction cost /operation (with current LIPAc design)
- Estimate ph3 : AF CODA cost (with improved design if any) + refinement +reports

# LES RESULTATS ... POUR IFMIF

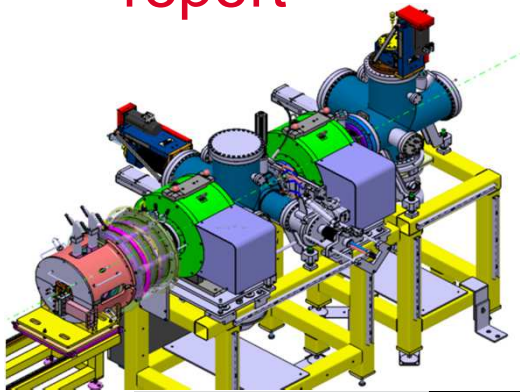
		Construction phase													
Systems x Phase	Design completion	Construction Off-site activities					Construction On-site activities					AF Construction			
	Instit'al	Industry		Instit'al											
	PoE	Mat'l/Lab	Engin'g	Engin'g	PoE	AFI-1.1	S-total (inc. AFI)	Installation & check out	Commissioning	PoE	AFI-1.2	S-total (inc. AFI)	S/Total (PoE)	AFI-1	Phase total (inc. AFI)

**Paramétrique**

**Analytique**

# APPLICATION À L'ESTIMATION DES COÛTS DES INJECTEURS IFMIF

De la fourniture de données d'entrée ... à l'élaboration d'un « cost report »



UPAC - Technical parameters							
PBS Item	Qty	Qty proto additional	Mass of structure (Kg)	%	Mass of electronics (Kg)	%	Comments / assumptions
Accelerator Facility							green - given by PGR
Injector 1			13591		70		
Source	1		5679	100%	0		
RF Chain	1		26	0%	0		
Coils set	1		330	6%	0		
Source Mechanics	1		330	6%	0		
Coils Injector	1		4	0%	0		
Accelerator Column	1		130	2%	0		PE wall included
HV Platform and Cage	1		4210	75%	0		
HV Power Supplies	1		655	11%	0		
LEBT	1		2851	100%	0		
Mechanics	1		866	30%	0		
Magnets Elements	2		190	25%	0		
Power Supplies	1		1285	45%	0		
Acclerators	1		4955	100%	30		
Quadrupole system	1		2705	34%			
Vacuum system							

2. Structural Manufacturing Complexity Table

Name	Precision	Maturity	Operating Specification	Percent of Total	Machinability Index	Number of Parts	Calculated Manufacturing Complexity for Structure	C
Mechanics	3	2.8	0.9	16	55	20	3.794	0
Magnet element 1	3	2.5	0.9	18.5	250	24	3.751	0
PS	3	3	0.9	47	40	10	3.674	0
Magnet element 2	3	2.5	0.9	18.5	250	24	3.751	0

Total (%) Assigned: 100  
Total (%) Remaining: 0  
Combined Manufacturing Complexity for Structure: 4.109

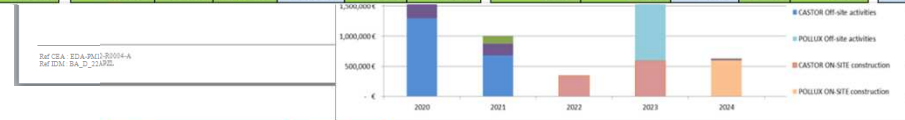
Injector CODA IIEDR Estimation Report

Injector System  
CODA IIEDR Estimation Report  
preliminary version

Table of contents

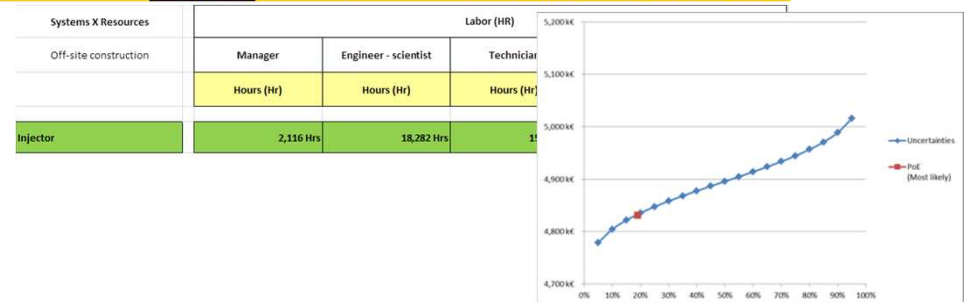
- Introduction
  - Presentation of the report
  - Reference documents
  - Attached documents
- Basis of estimates for the Injector
  - Scope description
  - Estimate process
  - Estimate assumptions
- Cost Estimates overview
  - Injector CODA cost summary
  - Injector Construction cost summary
  - Injector Operation annual cost summary
- Cost analysis
  - Constructive cost uncertainty
  - Off-site construction engineering work
  - Construction scheduled cost
  - Comparison with past estimates
  - Comparison with similar facilities
  - Simulation on procurement organizational change: Prime contractor
- Injector Schedule
  - General schedule
  - Constructive master schedule
  - Phase cost schedule

Design completion	Construction Off-site activities						Construction On-site activities					AF Construction Phase			
	Inst't'l	Industry		Inst't'l		PoE	AFI-1	S-total Inc. continen.	Installation & check out	Commissioning	PoE	AFI-2	S-total Inc. continen.	Total (PoE)	Phase total (Inc. contingencies)
PoE		Mat'Lab	Eng'n'g	Eng'n'g											
830 k€		2,194 k€	542 k€	1,290 k€	4,831 k€	483 k€	5,314 k€	460 k€	270 k€	386 k€	77 k€	464 k€	5,217 k€	5,778 k€	



OFF-SITE construction	Total	2020	2021	2022	2023	2024
Total	4,831,080 €	2,111,273 €	1,002,263 €	- €	1,683,050 €	34,494 €

ON-SITE construction	Total	2020	2021	2022	2023	2024
Total	1,544,961 €	- €	- €	346,769 €	594,929 €	603,263 €





## Modélisation de l'injecteur LIPAc (15 mn)

- EBS simple
- Données d'entrée principales (masse, caractérisation de l'environnement : System, assy, ..)
- Calibration des MCPLX-S
  - par les couts constatés
  - par le calculateur de complexité pour la structure, pour l'électronique

## Autres modélisations (5 mn)

- RFQ avec les niveaux de contractualisation
- SRF LINAc avec les operations spécifiques
- Etude de cas : Précision et capture des coûts d'ingénierie sur LEBT injecteur et résultat
- Etude de cas : Externalisation de la MOE Injecteur

## Extrapolation à l'injecteur IFMIF (10 mn)

- Les evolutions entre les 2 projets (OS, new development, ...)
- Les sorties de couts (phases, activités, heures, ...)
- Options pour conclure
  - Le calcul des incertitudes
  - Le mapping pour "challenger les couts"

## Précision

- Approche globale et « descendante » : dès le départ rien n'est oublié ... et un raffinement est toujours possible (si on veut atteindre un élément de coût particulier) ...
- On s'est appuyé sur l'existant : la description technique ou les coûts constatés pour calibrer la « complexité » et extrapoler en modifiant les paramètres juste nécessaires et suffisants
- Résultats des estimations exécutées en « aveugle » se sont avérés justes
- Plage de variation du « coût probable » est fonction des incertitudes sur les hypothèses

**=> Les estimations sont précises**

## Exhaustivité et cohérence

- Toutes les facteurs influant un chiffrage sont représentés (CE, pays, inflation, date de début, ...)
- Toutes les activités « standards » sont (nativement) intégrées ... en particulier les activités transverses (management et Ingénierie système)
- Certaines activités n'ont pas été paramétrées (conditionning, commissioning, ...)
- Par la vérification croisée (et mise à jour multiple), toutes les hypothèses (qui doivent l'être) sont cohérentes à travers tout le modèle de coût

**=> Les estimations sont complètes**

## Rapidité mais expertise nécessaire

- Un chiffrage peut être obtenu très facilement et très rapidement ... mais la simplicité n'est qu'apparente
- Notre disponibilité ne nous permettait pas de partir dans un chiffrage « laborieux » ... à la limite de l'estimation « amont »
- L'appropriation de l'outil est plutôt longue. Un ticket d'entrée est à payer :
  - Connaissance du « système » à chiffrer
  - Processus d'acquisition connu
  - Techniques de modélisation maîtrisée

**=> Chiffrage rapide, une fois les « capacités » acquises**

## Lisibilité

- Les sorties de coûts sont compréhensibles car globales puis détaillées et variées
- Le « découpage » des coûts peut être « challengé »
- Les hypothèses et des justifications sont tracées : Paramètres explicites ou note associée
- Langage d'estimation est plutôt technique que purement financier
- Identification des drivers de coûts (ce qui peut/doit être amélioré dans la conception pour optimiser le coût)

**=> Les estimations sont compréhensibles**

## Réutilisable

- Les modifications sont aisées ...
- ... à court ou moyen terme, car existence d'un modèle explicite et paramètres « singuliers » documentés

**=> Etre référent dans les estimations de coûts à venir**

**Une objectif sous-jacent : Vérifier l'aptitude de la démarche (processus / outil) à être utile aux projets de l'organisation**

**... AU DELÀ DE L'ESTIMATION IFMIF**

## Réalisation des estimations en phase-amont

- L'application à IFMIF s'est basée sur « peu de données » et « peu de temps »
- Les phases de « maturation technologique » sont modélisables

**=> Chiffrage global, rapide**

## Amélioration des chiffrages pour les « projets »

- Moyen de prendre en compte le retour d'expérience des projets pour améliorer l'efficacité des pratiques de chiffrage
- Être en mesure de chiffrer rapidement (ou de manière plus détaillée) les contributions à venir puisque un certain nombre de projets ont été déjà « calibrés »
  - Injecteur, RFQ (dont IPHI), MEBT, Diagnostics, RF power system, Beam Dump,
  - Cryomodule (dont SPIRAL 2), Cryoplant (dont SPIRAL 2 / SOLEIL / ISEULT)
- Capacité à simuler les variantes « what if ? »
- L'outil du chef de projet !!
- Cette approche aide à la détermination d'un engagement

**=> Capitaliser sur l'existant (démarche qualité)**

**=> Etablir ou confirmer la référence des coûts (baseline)**

**=> Aider à la décision de se lancer dans un nouveau projet (affordability)**

## Aide à la contractualisation et au pilotage

- Structuration des appels d'offres pour comparer les offres financières des fournisseurs
- Etre en position de discuter « coûts » avec les fournisseurs
- Analyser l'impact d'une évolution contractuelle (préparation d'un avenant de marché)
- Préparer un budget et son échéancier

**=> Acheter au juste prix (should cost)**  
**=> Echéancier les dépenses prévues**

## Amélioration des activités de conception

- Possibilité de modéliser les baisses potentielles du “cout probable” en lien avec les changements de scope ou de technologies
- Comparer les « complexités » de solutions techniques similaires et se donner les moyens d'optimiser la conception pour tenir compte d'un cout « objectif »

**=> Lier conception et chiffrage**  
**=> Concevoir pour un « coût objectif»**

# MAIS ... EST-CE RENTABLE ?

## Sachant que le cout d'utilisation comprend ...

- Licence : Tarif public = 48 k€ / an => 230 € / jrs
- Eventuellement des journées d'assistance : si licence acquise = 1k€/ jrs

## ... est ce rentable ?

### Oui, si on considère que :

- Une juste estimation peut faire gagner (ou éviter de perdre) beaucoup lorsque que l'on est engagé sur les bases d'un référentiel « olé-olé » => prix de la confiance ...
- Ce coût de fonctionnement, de cette activité, peut être mutualisé sur plusieurs projets
- L'investissement humain pour parvenir à ce même niveau de résultat avec une démarche « classique »
- Rapidité inégalable pour chiffrer différents scénarii techniques => libère la créativité des Chefs de Project => devient un outil de décision et plus seulement de « costing » ...

### Non, si on considère que :

- Le cout de fonctionnement est trop important
- Il n'existe pas (peu) d'application possible ou sans intérêt pour la détermination du coût
  - Système : Bâtiment, Produit sur catalogue ...
  - Process : Opération trop spécifique ou indépendante de la complexité du produit : par ex : conditionnement des cavités, mise en service de systèmes



La paramétrie dans l'estimation des coûts : une approche ... précise, exhaustive, rapide, lisible, pérenne ... et adaptée à nos projets

Une expertise nouvelle acquise (ou en cours) ...



...qui peut intéresser de nombreux acteurs du processus « projet » : hiérarchie, ingénierie, pilotage projet, achats, financier , ...

Un axe supplémentaire dans les pratiques de « maîtrise des projets » et ... pour se préparer aux contraintes budgétaires à venir

Merci pour votre attention ...

# ANNEXES

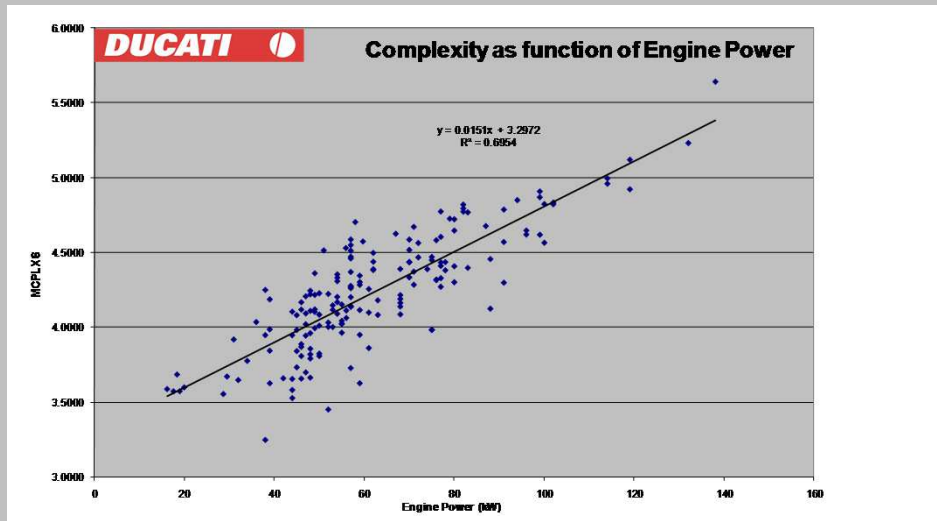
# TRUE PLANNING DE PRICE SYSTEM LE "MOTEUR" D'ESTIMATION

- Activity Based Costing (ABC) methodology leads to universal validity of project

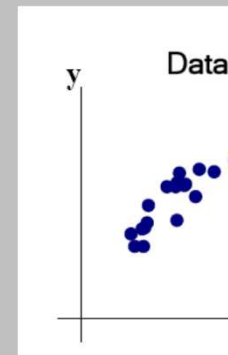


- Identification of Cost Drivers for each Cost Object

## EXAMPLE



- Mathematical model calibrated on thousands of data points



2	Hardware Component
3	Development Engineering
7	Development First Article Milestone
9	Development Manufacturing
10	System Engineering
11	Test Engineering
12	Assembler
13	Support Engineering
14	Material
15	Development Tooling and Test
18	Production First Article Milestone
20	Production Engineering
21	Design Engineering
22	Manufacturing Engineering
23	Support Engineering
24	Production Manufacturing
25	Test Engineering
26	Fabricator
27	Assembler
28	Support Engineering
29	Material
30	Production Tooling and Test
33	Support Equipment Procurement
35	Support Equipment Maintenance
37	Initial Spares Procurement
39	Replenishment Spares Procurement
41	Contractor Support
43	Shipping
45	Operation
47	Unit Level Maintenance
49	Intermediate Maintenance
51	Depot Maintenance
53	Organizational Maintenance
55	Initial Supply Administration
57	Support Supply Administration
59	Hardware Component(2)

## Pourquoi peut-on avoir confiance dans les sorties de coûts ?

parce que...

- Les hypothèses sont tracées et documentées
- Le résultat peut être analysé globalement ou beaucoup plus spécifiquement
  - Pour le projet
  - Par phases
  - Par objet de coûts
  - Pour les activités
  - par échéance
  - Par type de ressources
- L'expérience permet d'affiner les estimations
- La pratique permet d'acquérir précision et confiance dans les estimations

## Comment se mesurent les « imprécisions » d'estimation ?

- L'outil intègre un « moteur » Formal Risk Assessment of System Cost Estimates (FRISK) :  
Les objets de coûts sont modélisés avec un distribution triangulaire. La somme de ces distributions au niveau système est une distribution Lognormale qui considère la corrélation entre les objets

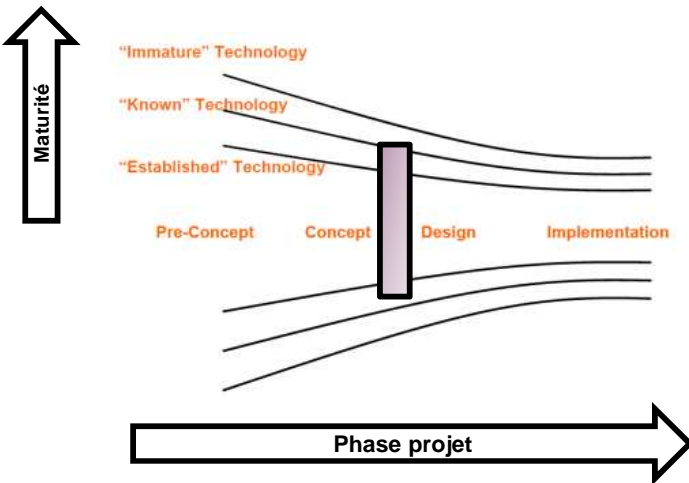
### Démarche

#### 1- Description du contexte

#### 2- Choix du niveau de corrélation

#### 3- Choix des paramètres

### Résultats



Multi-Mode Receiver Hardware Component				Risk		
Cost	\$4,286,682	3.81% Labor Requirement		32,797.79	Hours	
Project Cost	\$112,584,843	Project Labor Requirement:		790,211.63	Hours	
Worksheet Set: <Inherited>						
	Apply Risk	Auto Calculate	Value	Pessimistic	Optimistic	Notes
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.00	1.60	0.70	
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.00			
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.00			
5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0			
7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.00			
8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
9	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.80	2.88	1.26	
10	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	10,000	16,000	7,000	
11	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	5,000	8,000	3,500	
12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.313			
13	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	5,556	8,890	3,889	

Cost Risk Analysis: Embedded GPS Receiver		
Embedded GPS Receiver Cost = \$7,341,658 View: Cost Risk Analysis		
5% Risk Report: Embedded GPS Receiver - [Hardware Component] Currency in USD (\$) (in April, 2008)		
	Confidence	Cost
1	5%	5,551,451
2	10%	6,530,056
3	15%	7,286,023
4	20%	7,948,768
5	25%	8,565,189
6	30%	9,159,397
7	35%	9,747,144
8	40%	10,338,870
9	45%	10,946,002
10	50%	11,578,279
11	55%	12,247,078
12	60%	12,966,267
13	65%	13,753,418
14	70%	14,635,958
15	75%	15,651,324
16	80%	16,865,072
17	85%	18,399,140
18	90%	20,529,159
19	95%	24,148,020
20	<b>Total Cost Standard Deviation</b>	<b>6,015,321</b>
21	<b>Total Cost Mode</b>	<b>9,482,213</b>
22	<b>Total Cost Mean</b>	<b>12,794,142</b>

## Modèle Injecteur simplifié

1	Folder	LIPAc 1-Injector Acquisition 130118 DEMO
2	Folder	Injector project INITIAL (coûts constatés avec frottements)
3	Folder	System Engineering
4	Folder	Source
5	Folder	LEBT
6	Folder	Instrumentation
7	Folder	Ancillaries
8	Folder	Local Control System
9	Folder	Software

### Résultat (3hrs)

LEBT				
Cost:	717,132 €	15.78% Labor Requirement:		
Project Cost:	4,543,697 €	Project Labor Requirement:		
Costs : LEBT - [Hardware Compone	<b>Total</b>	Development Engineering	Development Manufacturing	Development Tooling and Test
Currency in EUR (€) (in janvier 20...				
1 LEBT	717,132	345,835	304,743	66,554
2 Total	717,132	345,835	304,743	66,554

Valeur globale rapidement accessible  
(717 k€ pour le package LEBT)

## Modèle Injecteur raffiné

1	Folder	LIPAc 1-Injector Acquisition 130118 DEMO LEBT assy
2	Folder	Injector project INITIAL (coûts constatés avec frottemen
3	Folder	System Engineering
4	Folder	Source
5	Folder	LEBT assy
6	Folder	Mechanics
7	Folder	Magnets
8	Folder	PS
9	Folder	LEBT
10	Folder	Instrumentation
11	Folder	Ancillaries
12	Folder	Local Control System
13	Folder	Software

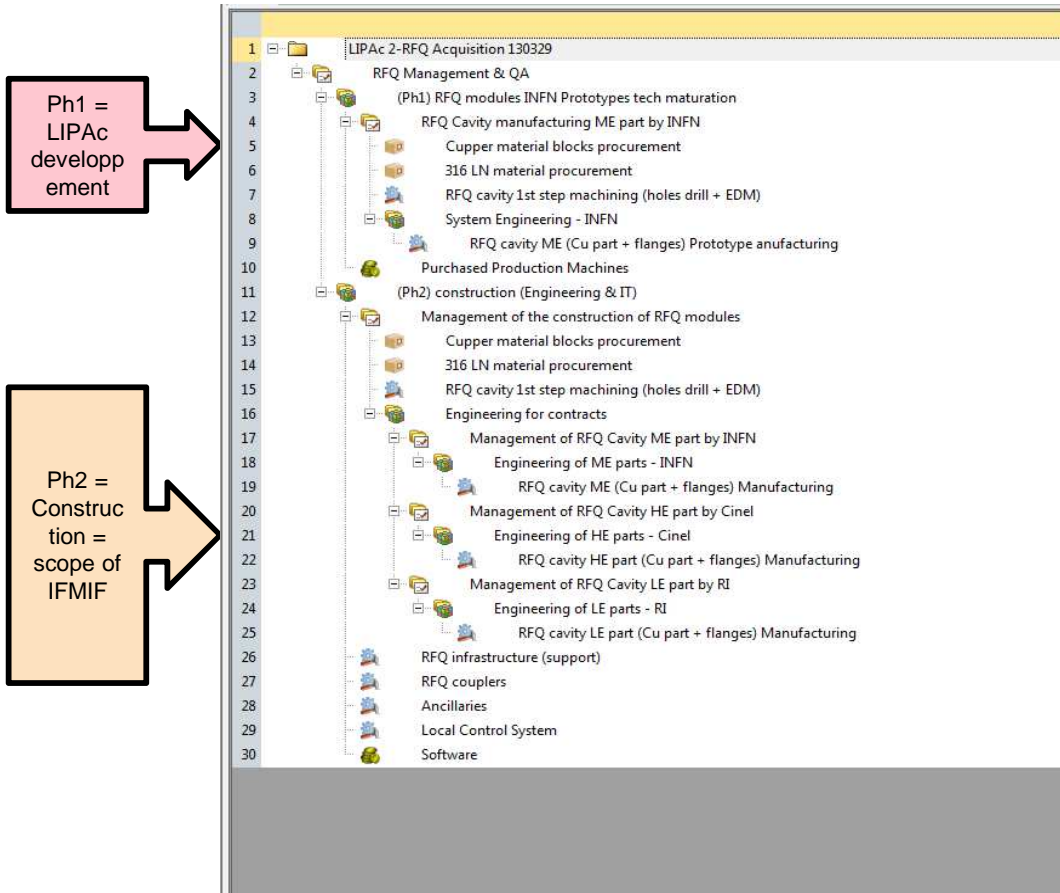
### Résultat (3 hrs+ 1hr)

LEBT assy							
Cost:	713,836 €	13.27% Labor Requirement:					4,962.56 ho
Project Cost:	5,380,897 €	Project Labor Requirement:					36,049.35 ho
Costs : LEBT assy - [Assembly]	<b>Total</b>	Requirements Definition and Analysis	System Design	Development Engineering	Development Manufacturing	Development Tooling and Test	Operational Test and Evaluation
Currency in EUR (€) (in janvier 20...							
1 LEBT assy	82,605	30,018	16,391	5,029	9,085	8,885	13,198
2 Mechanics	139,920			70,941	55,633	13,346	
3 Magnets	200,270			69,278	108,424	22,567	
4 PS	291,042			136,773	121,046	33,223	
5 Total	713,836	30,018	16,391	282,022	294,187	78,020	13,198

Valeur globale précisée (713 k€)  
 Détail des coûts par "Cost Object" =>  
 - Intégration = 18 k€  
 - Mechanics = 139 k€ , ...

## Phase de maturation (TRL)

La complexité d'ingénierie « engineering complexity » change change entre la phase 1 et la phase 2.  
L'étalement de ces phases dans le temps est pris en compte



LIPAc 2-RFQ Acquisition 130329			
Cost:	16 344 678 €	100.00%	Labor Requirement:
Project Cost:	16 344 678 €		Project Labor Requirement:
Costs : LIPAc 2-RFQ Acquisition 130329 - [System Fc Currency in EUR (€) (in janvier 2011)	Total	Development	Production
1 RFQ Management & QA	672 114	448 580	223 534
2 (Ph1) RFQ modules INFN Prototypes tech maturation	769 682	769 682	0
3 RFQ Cavity manufacturing ME part by INFN	504 560	504 560	0
4 RFQ cavity 1st step machining (holes drill + EDM)	25 244	25 244	0
5 System Engineering - INFN	683 017	683 017	0
6 RFQ cavity ME (Cu part + flanges) Prototype anufa...	3 173 739	3 173 739	0
7 Purchased Production Machines	1 945 153	1 945 153	0
8 (Ph2) construction (Engineering & IT)	1 025 391	537 325	488 066
9 Management of the construction of RFQ modules	373 587	74 332	299 255
10 Copper material blocks procurement	853 168	0	853 168
11 316 LN material procurement	30 791	0	30 791
12 RFQ cavity 1st step machining (holes drill + EDM)	183 698	582	183 116
13 Engineering for contracts	1 187 945	457 059	730 886
14 Management of RFQ Cavity ME part by INFN	138 236	26 558	111 678
15 Engineering of ME parts - INFN	341 926	143 646	198 280
16 RFQ cavity ME (Cu part + flanges) Manufacturing	707 773	23 367	684 406
17 Management of RFQ Cavity HE part by Cinel	118 853	7 609	111 244
18 Engineering of HE parts - Cinel	222 886	24 606	198 280
19 RFQ cavity HE part (Cu part + flanges) Manufacturi...	704 356	23 290	681 066
20 Management of RFQ Cavity LE part by RI	150 744	10 186	140 559
21 Engineering of LE parts - RI	270 003	29 807	240 196
22 RFQ cavity LE part (Cu part + flanges) Manufacturing	704 356	23 290	681 066
23 RFQ infrastructure (support)	197 003	175 261	21 742
24 RFQ couplers	275 980	173 078	102 903
25 Ancillaries	436 976	221 623	215 353
26 Local Control System	355 915	186 393	169 523
27 Software	291 582	291 582	0
28 <b>Total</b>	<b>16 344 678</b>	<b>9 979 566</b>	<b>6 365 113</b>



# LISIBILITE : MAPPING

Données issues de l'estimation directe  
True Planning (activités standard ABC)

Données compilées conforme à  
la structure d'affichage souhaitée

	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB
Costs : Injector construction 130107 ok - [System] Currency in EUR (I) (in septembre 2012)	Configuration Management for Production	Documentation for Production	Requirements Definition and Analysis	System Design	Development Engineering	Production Engineering	Production Manufacturing	Production Tooling and Test	Operational Test and Evaluation	Software (other development)		institute - Design completion (inc. Management)	Industry (Mat/Lab)	Industry (Eng)	Institute - Other (Manuf + I&T inc management)	
Injector construction 130107 ok	12,978	36,387										73,061			168,531	
System Engineering			14,474	7,903	225,670	-	-	-	11,641			248,047			11,641	
S/S total		168,531			248,047					11,641		321,108	-	-	180,172	
Injector - Castor	9,301	27,648										66,431			126,702	
System Engineering			19,888	10,859	45,423	125,332	145,250	2,712	13,329			76,170			286,624	
Source					42,455	93,507	505,017	6,608				42,455	511,625	93,507	-	
LEBT					18,866	33,178	226,021	2,686				18,866	228,707	33,178	-	
Injector Ancillaries					56,287	109,172	143,030	86,119				56,287	229,149	109,172	-	
Injector LCS					191,094	35,046	89,067	38,632				191,094	127,699	35,046	-	
Software										300,916		49,483	-	-	251,433	
S/S total		126,702			384,872					1,955,621		500,786	1,097,180	270,902	664,759	
						84%										
Injector - Polluz	9,255	27,512										-			126,081	
System Engineering			-	-	-	125,332	145,250	2,712	-			-			273,294	
Source					-	92,895	501,714	6,564				-	508,278	92,895	-	
LEBT					-	32,972	224,621	2,669				-	227,290	32,972	-	
Ancillaries					-	108,528	142,205	85,604				-	227,809	108,528	-	
Local Control System					-	34,843	88,491	38,414				-	126,905	34,843	-	
S/S total		126,081			-					1,632,815		-	1,090,283	269,238	399,376	
Total	38,705	111,998	40,212	21,957	666,822	790,804	2,210,666	272,721	29,676	300,916		821,894	2,187,462	540,140	1,244	
					728,991					3,600,077						
Total	31,534	91,548	34,362	18,763	579,795	790,804	2,210,666	272,721	24,971	300,916					3,971,909	

Les données "brutes" sont mises en forme

## Les paramètres sont explicites

The screenshot shows a software interface for estimating costs. On the left, a form titled 'Engineering Complexity' allows users to select options for 'Scope of Design Effort' and 'Experience of Personnel'. The 'Engineering Complexity' value is set to 0.4. In the center, a graph titled 'Manufacturing Complexity for Structure' plots 'Cost' (Y-axis, 0 to 1,700,000) against 'Manufacturing Complexity for Structure' (X-axis, 4 to 8). The graph shows several curves representing different stages: Development Engineering, Development Manufacturing, Development, Test and Test, Production Engineering, Production Manufacturing, and Production Tooling and Test. A red arrow points from the graph to the table on the right. The table on the right is titled '01/01/2020' and contains various numerical values and units. Two rows in the table are highlighted with red boxes: one with '5.121' and another with '0.400'.

Ou sinon, documentés dans le modèle

Name	Precision	Maturity	Operating Specification	Percent of Total	Machinability Index	Number of Parts	Calculated Manufacturing Complexity for Structure	Calibration Factor	Calibrated Manufacturing Complexity for Structure	Composite or Slug Weight	Distance	Percent Hogout	Surface Finish	Percent Finished
Main frame	2	2.8	0.9	90	50	11	5.144	0	0	0	0	0	0.8	100
C Shapes	2	3	0.9	10	50	32	3.957	0	0	0	0	0	0	0

# PROVEN SUCCESS: SOME OF OUR CUSTOMERS...

- Civilian agencies (NASA, Federal Aviation Administration, US Internal Revenue Service, European Space Agency, CNES)
- Defense agencies (US Army, US Navy, US Air Force, UK MoD, DGA, DIRISI)
- Aerospace and defense contractors (Lockheed Martin, Boeing, EADS, BAE, SAAB, Eurocopter, Thalès, Alenia)
- Systems integrators and management consultancies (Accenture, Altarum, CSC, Booz Allen Hamilton)
- Commercial companies (AT&T, Fidelity Investments, Fuji Heavy Industries)

More than 12,000 project professionals have been trained in PRICE's cost estimating and analysis methodologies.

