



# **1/4 de siècle de collaboration avec le CEA dont 15 ans pour le développement de CASTEM 2000**

P. Pegon

(merci à J.-P. Halleux)



## Plan de l'exposé

- **Prémices**
- **La collaboration**
- **Le travail**
- **Bilan**



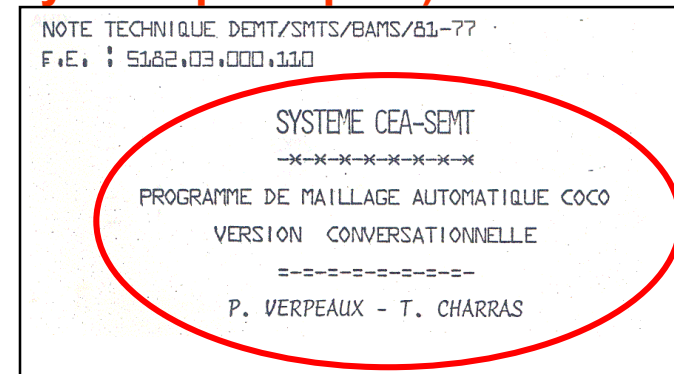
## Plan de l'exposé

- **Prémices**
- La collaboration
- Le travail
- Bilan

## Prémices

La collaboration “à caractère scientifique et technique dans le domaine de la mécanique des structures”

- Avant 1981 pas de contact particulier avec Saclay
- Contrat signé en 1982 (A. Hoffmann/J.P. Halleux)
  - Intérêt générique (pas d'orientation spécifique vers la dynamique rapide)
  - On parlait du “système CEA-SEMT” (COCO, INCA)
- Étendu fin 1983...
  - ALICE, BILBO...
- Et encore en 1987 (A. Combescure/ J.P. Halleux)
  - CASTEM 2000 (assistance pour installation, formation, ...)





## Prémices

### CASTEM 2000 au secteur Mécanique Structurale de la division Mécanique Appliquée

**1re mention en Juillet 1983 (rapport de mission au CEA  
de J.P. Halleux et J. Donéa, dans le cadre de la collaboration)**

#### 1) Présentation de GIBI

GIBI est un nouveau logiciel du système CASTEM. Il sert à la génération et à la visualisation de modèles d'éléments finis. Il a été conçu selon les lignes très modernes dans le but de faciliter au maximum la tâche de l'utilisateur. En particulier les notions de topologie sont généralisées ce qui évite par exemple les manipulations fastidieuses liées à la numérotation de noeuds. On cherche à travailler exclusivement au niveau d'objets formés implicitement à l'aide d'éléments finis et jamais plus au niveau des éléments finis eux-mêmes.

GIBI est amené à remplacer COCO dans un proche futur.

## CASTEM 2000 à SMS/AMD

### Intérêt très vite déclaré (compte rendu de la réunion de collaboration de Mars 1985, rédigé par A. Combescure...)

- . ISPRA est intéressé par le meilleur GIBI qui remplacerait COCO en tant que meilleur. Une version compatible GIBI d'INCA, BILBO et ALICE lui sera fournie.
- . Le C.E.A. fait une démonstration de CASTEM 2000, et aussi de GIBI.

ISPRA se dit intéressé par l'acquisition de CASTEM 2000. Les deux parties conviennent qu'il s'agissait là d'un nouveau contrat dont les termes sont à renégocier.

### (.... et rapport de mission F. Casadei, J.P. Halleux)

2. Programmes de nouvelle génération du CEA (GIBI-CASTEM 2000)
  - 2.1 Description et démonstration
  - 2.2. Discussion
  - 2.3 Le CEA s'est d'ores et déjà montré disposé à fournir au CCR l'ensemble de ce très performant système dans le cadre général du contrat de collaboration.



## Prémices

### CASTEM 2000 à SMS/AMD

**Début de la “CASTEM 2000 mania”... (rapport de mission au CEA de V. Renda, Novembre 1986)**

AMD decided to start now with CASTEM 2000 to have the possibility to follow all the developments of the code, to collaborate better with DMT on a growing argument and finally to have a very good knowledge of the code when it will reach all its potentiality. The impression looking to same application, is that CASTEM 2000 is a very revolutionary concept for a physical mathematical language.



# Prémices

## CASTEM 2000 à SMS/AMD

1ère apparition (hors contexte...) de PP en 1987

### **GIBI (CASTEM 2000)**

**Interface élémentaire pour l'utilisation de GIBI  
comme pré-processeur de maillage de programmes  
quelconques**

*P. Pégon (grant holder)*





# Prémices

## CASTEM 2000 à SMS/AMD

Connaissance plus approfondie du code dans le cadre du second avenant du contrat de collaboration... (Janvier 1988)

SORIA RAMIREZ Antonio - LAVAL Huguette

Applied Mechanics

Name

Division/Sector

Object of the mission

Knowledge and use of the CASTEM 2000 and TRIO Systems which are the Solid and Fluid Mechanics CEA Codes

Quelques Informations

sur

CASTEM 2000

H. LAVAL

Janvier 1988

AJOUTER UN NOUVEAU OPERATEUR

1. Modifier PILOT

- augmenter le dem. du nb d'opérateurs  
(Parameter = ...)
- ajouter le nom dans la liste des opérateurs
- ajouter le numéro de l'opérateur
- ajouter un numéro d'instruction GOTO(---), m°
- ajouter 3 instructions

999 CONTINUE  
CALL nom nouvel opér.  
GOTO1



# Prémices

## CASTEM 2000 à SMS/AMD

... et l'aide de quelques documents de base...

REFERENCE DU DOCUMENT	O B J E T	OBSERVATIONS
RAPPORT DEMT 88/179	<p><b>De l'existence à l'essence ... de CASTEM à            CASTEM 2000. Quelques considérations sur le            développement de grands codes de calcul</b></p> <p><i>par P. VERPEAUX et A. MILLARD</i></p>	

NOTE TECHNIQUE DEMT/SMTS/LAMS/88-002

**QUELQUES EXEMPLES SIMPLES**

**PERMETTANT DE MIEUX COMPRENDRE**

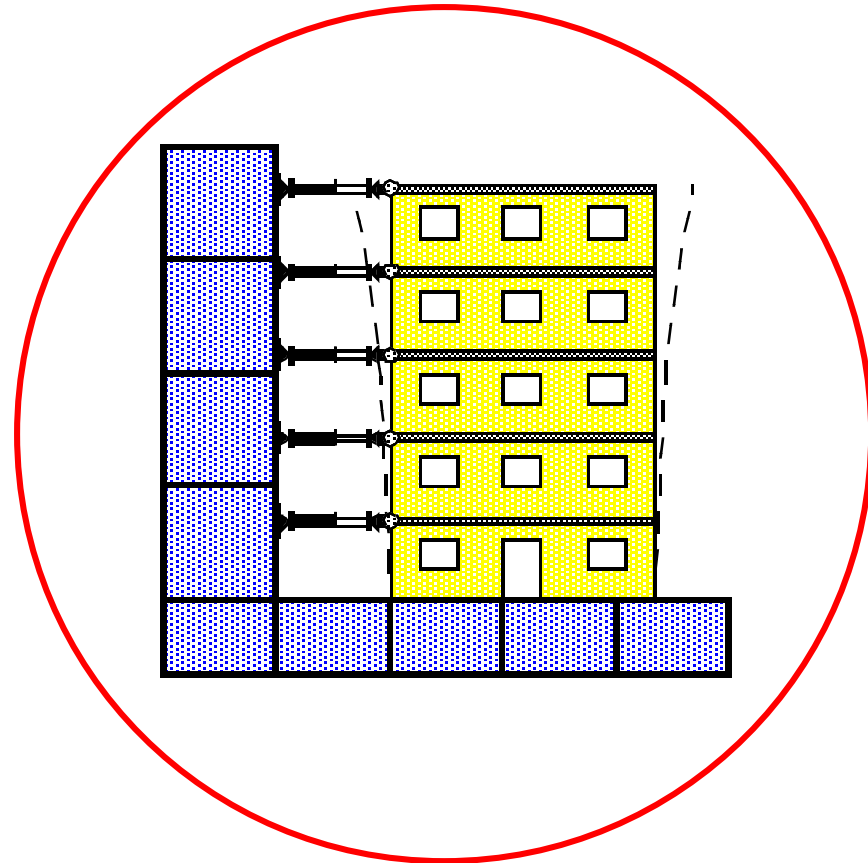
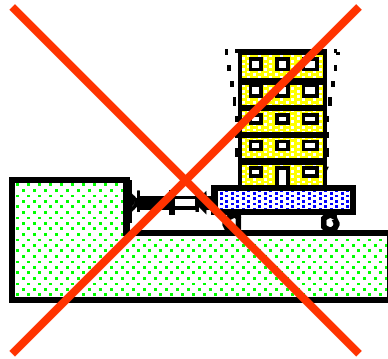
**L'UTILISATION D'ESOPE DANS CASTEM 2000**

---

Travail réalisé dans le cadre de la F.A5161-02

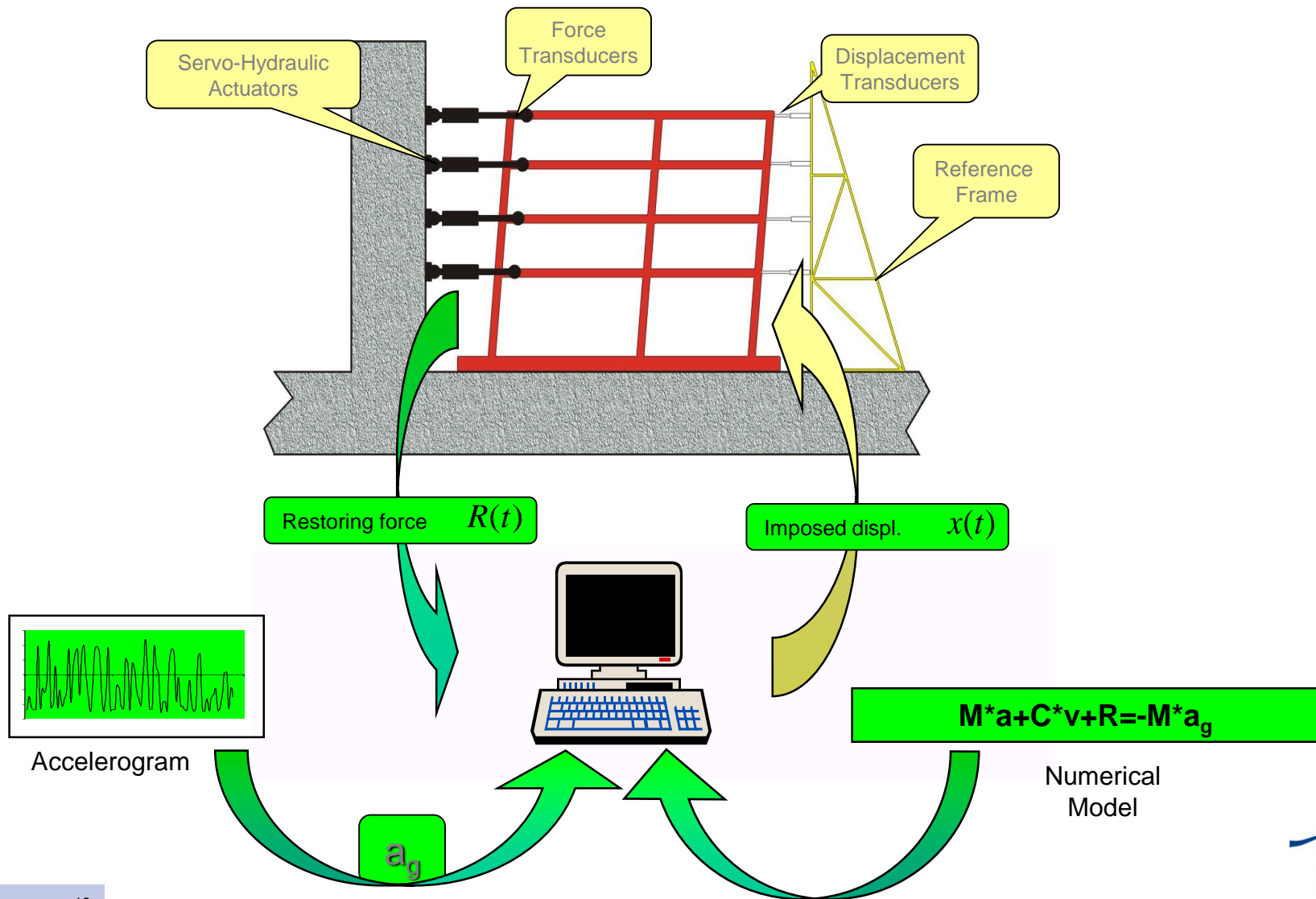
# Prémices

Pendant ce temps, ELSA (Laboratoire Européen de Vérification Structurale) était en gestation...



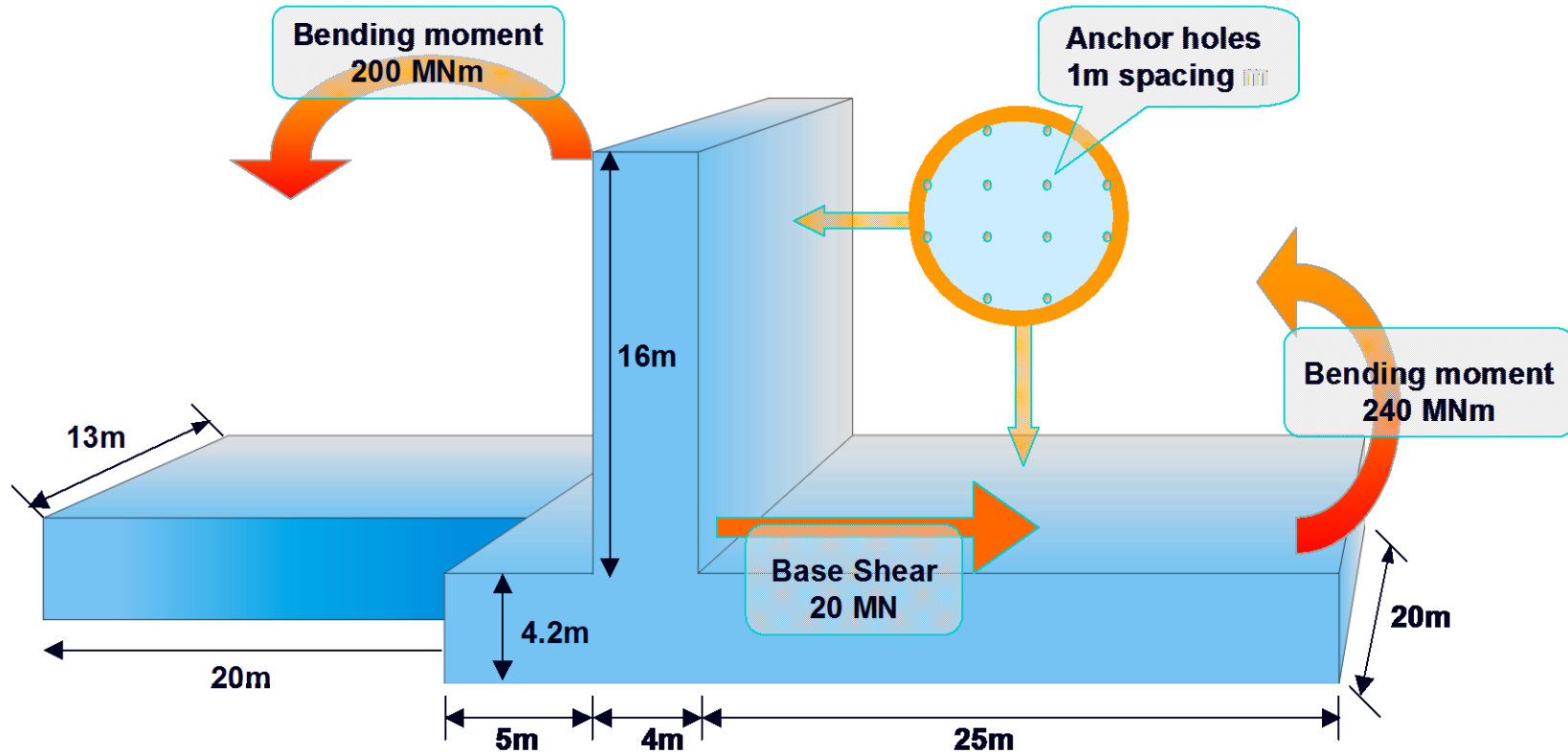
# Prémices

... la méthode pseudo dynamique...



# Prémices

... le mur de réaction (inauguré en 1992)...



Servo hydraulic dynamic actuators

8x	1.0 MN	1.0m
12x	0.5 MN	1.0 / 0.5m
4x	0.2 MN	0.2 m

Servo hydraulic static actuators

4x	3.0 MN	0.5m
8x	0.8 MN	0.5m



## Prémices

... des besoins de modélisation très variés

- Réalisation de projets d'expérience de grande taille
- Étude de faisabilité de la méthode PsD
  - Représentativité "physique" (ddl) et "numérique" (schémas, pas de temps)
  - faisabilité en terme de force et déplacement, propagation d'erreur
- Calcul en temps réel
  - Sous-structuration
- Identification/Calibration/Développement de modèles
- Études paramétriques
  - Vérification sismique
  - Analyse de vulnérabilité
  - Solution de réhabilitation



# Prémices

.. et enfin:

- Peu de personnel à dédier aux développements
- Recherche d'une intégration naturelle du travail des visiteurs
- Une tradition de calcul plutôt orientée vers la dynamique rapide



## Plan de l'exposé

- Prémices
- **La collaboration**
- Le travail
- Bilan





## La collaboration

Décision d'utiliser CASTEM 2000 comme logiciel de référence pour ELSA (1989-2???)

- Un environnement UNIQUE pour effectuer TOUS les calculs
- Possibilités "infinies" de développement
- Implantation de modèles quelconque
- Accès faciles aux algorithmes (procédures en GIBIANE)
- Des rapports de collaboration et de confiance déjà établis



## La collaboration

### Contrat spécifique signé en 1990 (A. Millard/P. Pegon)

#### CONSIDERANT

- que les deux Parties trouvent intérêt et avantage à bénéficier de leurs connaissances réciproques et ont décidé en conséquence de renforcer leur collaboration à caractère scientifique et technique (réf. contrat général no. 1913-82-07 avenant no. 2) dans le domaine de la mécanique structurelle et plus particulièrement vers le génie para-sismique;

SONT CONVENUS DE CE QUI SUIT:

#### ARTICLE 1 - Objet

L'objet du présent contrat est de permettre le développement en commun (CEA/CEN-Saclay/DEMT/SMTS - CCE/CCR-Ispra/ITS/DMA) d'un outil de calcul servant à l'analyse de structures du génie civil et soumises à des sollicitations dynamiques en particulier sismiques et basé sur les concepts et l'architecture de CASTEM 2000.



## La collaboration

### Connaissances et Droits d'usage: dans l'esprit "ouvert" de la diffusion de CASTEM 2000

#### Article 5 - Connaissances et Droits d'usage

##### 5.1 Connaissances

Les connaissances antérieures à la collaboration ne pourront être utilisées par la Commission pour d'autres objets que ceux de la collaboration, sans accord préalable écrit du CEA.

Les connaissances issues de la collaboration sont à la libre disposition de chacun des contractants quel qu'en soit l'auteur. La Commission pourra en disposer comme d'une connaissance communautaire et le CEA pourra les intégrer dans ses systèmes de programme de la même manière que les dits programmes. Tout usage de ces connaissances impliquera néanmoins l'obligation de citer les auteurs.

##### 5.2 Droit d'usage du logiciel objet de la collaboration

Chaque partie pourra utiliser comme elle l'entend le logiciel objet de la collaboration. Le logiciel comprend, fourni par le CEA, l'ensemble des outils de base nécessaires à l'installation et au bon fonctionnement de CASTEM 2000.

##### 5.3 Cession du droit d'usage du logiciel

La Commission pourra céder librement le droit d'usage du logiciel défini au point ci-dessus, sous les conditions suivantes:

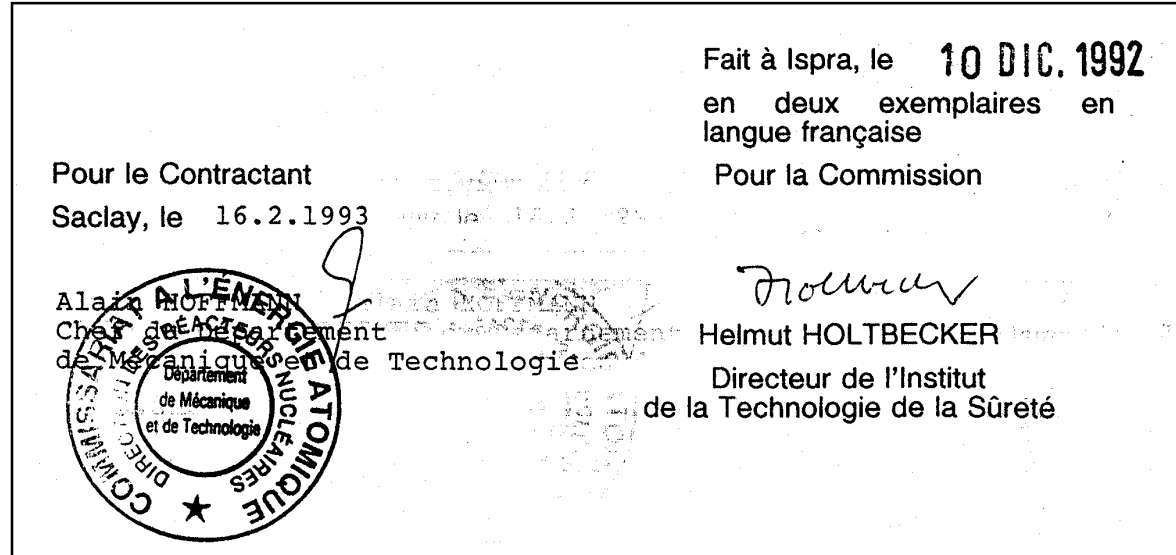
- l'origine du fournisseur CEA/DMT devra être mentionnée à chaque cession,
- la version de référence du logiciel doit être fournie complète sans ajout ni amputation, sauf accord préalable écrit du CEA,
- le CEA doit être informé des bénéficiaires du droit d'usage du logiciel,
- le droit de cession n'est pas transmissible, sauf accord préalable du CEA,

la Commission ne fera payer que les frais de distribution du logiciel.



## La collaboration

- Pour des raisons bureaucratiques, ce contrat n'a pas été renouvelé au bout de 2 ans...
- Nouveau contrat de collaboration signé en 1992 (A. Millard/P. Pegon)



- Renouvellement par avenant tous les 2 ans (programme de travail)...
- ... nous en sommes maintenant à l'avenant no. 6 (2005-2006)



## Plan de l'exposé

- Prémices
- La collaboration
- **Le travail**
- Bilan



# Le travail

## Installation et génération d'une nouvelle version

7) .. /esope [A-Z] \* . e

8) nshup nia -18 } 77 -K -w -g -c [A-L%] . f > fortlog AL% 27&1. g  
[O-Z] OZ

- Gestion de la taille du code (en pratique mais aussi dans la tête!)
- Rigueur et flexibilité (savoir quoi faire, ne pas chercher à tout avoir tout de suite)
- Information des utilisateurs

From P. Pegon

19/9/91

To CASTEM 2000 users

A new version (1991) of CASTEM 2000 was implemented at JRC in late June. This version has been tested and used (also for development) during the summer period. It is to become the default version on Wednesday 25/9/91.





# Le travail

## Support aux utilisateurs

→ Formations pour les nouveaux arrivants

→ Premiers pas avec GIBIANES... (interprétation des messages d'erreur...)

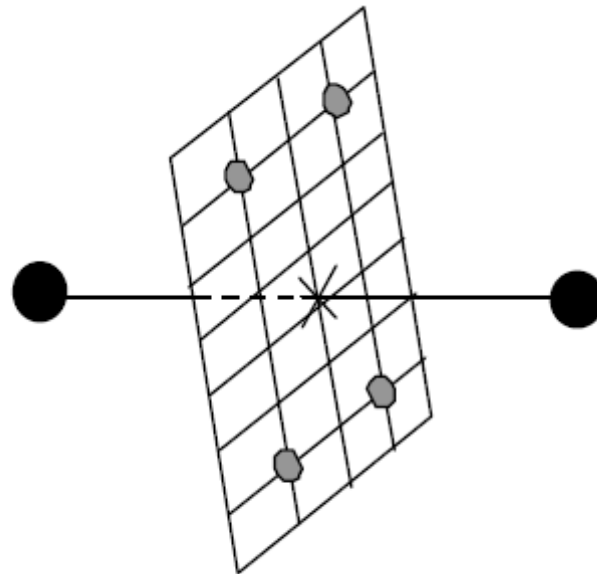
```
$ extr=1;  
* extr=1;  
$ a=prog 1 1;  
* a=prog 1 1;  
$ b=extr a 1;  
* b=extr a 1;  
***** ERREUR 37 ***** dans l'opérateur =  
Troisième coordonnée ?
```

→ Augmentation du confort (interfaces MIF, VisualCast3m, OpenGL...)

# Le travail

## Développements

- Pas d'a priori (ambitions "illimitées")
- ...Mais priorité à la réutilisation (bonne connaissance de ce qui existe...)



Elément de poutre :  $(u, \theta) \Rightarrow (\varepsilon_0, \phi, \gamma)$

$(M, N, T)$

Niveau de la fibre :

$(\varepsilon, \gamma) \Rightarrow$

$(\sigma_{xx}, \tau_{xy}, \tau_{xz})$



# Le travail

## Documentation

- Manuels des nouveaux opérateurs/modèles...
- ... mais aussi publications (notes techniques, articles, etc...)
- ... et aussi présentations (internes, Club Castem 2000, congrès, etc...)

Operateur GENJ

-----  
GEO2 = GENJ GEO1 FLOT1;

Objet :  
-----

L'operateur GENJ genere le maillage GEO2 (type MAILLAGE) d'elements de joint susceptible de lier les contours interieurs du maillage GEO1 (type MAILLAGE). FLOT1 (type FLOTTANT) indique la tolerance utilisee pou determiner la proximite de deux points.

Remarque :  
-----

En 2D, GENJ genere des elements de type JOI2 a partir de maillage de TRI3 et/ou QUA4. En 3D, les elements de joints sont des JOI3 et/ou JOI4 generes a partir d'elements de type CUB8, PRI6, PYR5 et/ou TET4



European Laboratory for Structural Assessment

Special Publication No. I.96.70

A Plasticity-Based Masonry Model  
Reproducing the Compressive Strength  
Degradation under Cyclic Loading\*

D. Combescur, P. Pegon





## Le travail

### Le rapatriement dans la version de référence

- Discussions avec A. Millard (à l'occasion du Club Castem 2000)
- Envoie des fichiers sources (.eso) et du matériel associé juste avant les dernières évolutions pour la version "client"

```
From: Pierre Pegon [pierre.pegon@jrc.it]
To: A Millard
Cc: pegon@ulla.sti.jrc.it; pierre.pegon@jrc.it
Subject: CAST97

Alain,

Comme promis je t'ai envoye les affaires:

- ca ce trouve sous ../am2/PEGON/CAST97

- il y a 4 repertoires: ESOPE2000, Pb_castem, join3D, super

Bon travail...

Bon Noel et BONNE ANNEE!

Pierre
```

- implantation dans la version "client" (A. Millard)

... Que l'on retrouve à l'installation/génération d'une nouvelle version!

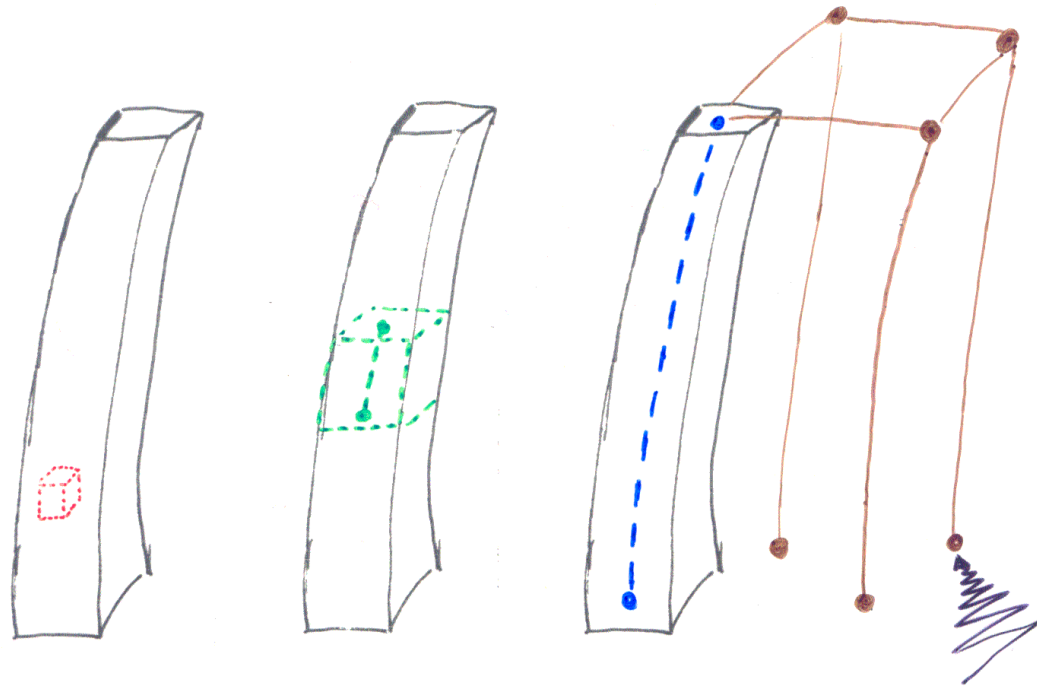


## Plan de l'exposé

- Prémices
- La collaboration
- Le travail
- Bilan

## Bilan

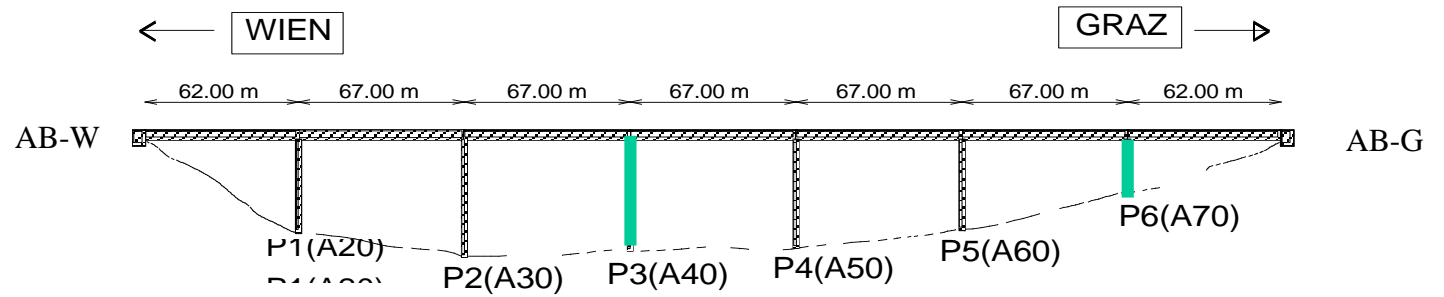
**Modélisation locales,  
semi-globales et  
globales des  
structures du génie  
civil sous  
chargement  
sismique**



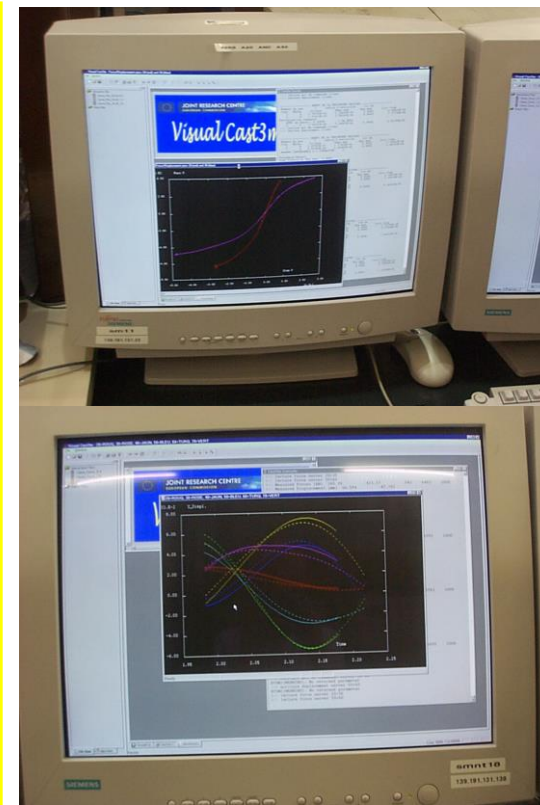
- 1) Local modelling
- 2) Semi global modelling
- 3) Global modelling
- 4) Structural modelling
- 5) Ground sollicitation



# Bilan



**Couplage en temps réel  
 expérience et calcul  
 (sous structuration)**

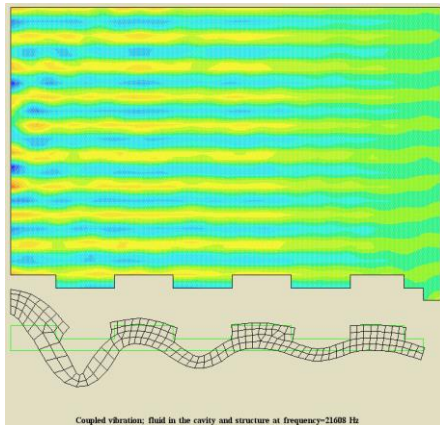




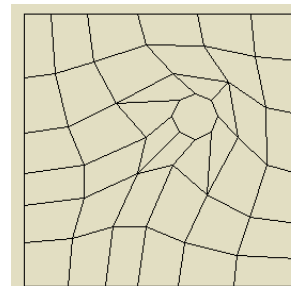
# Bilan

... et aussi support d'activités exploratoires

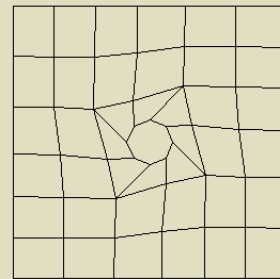
## Acoustique



## Remaillage en mécanique des fluides

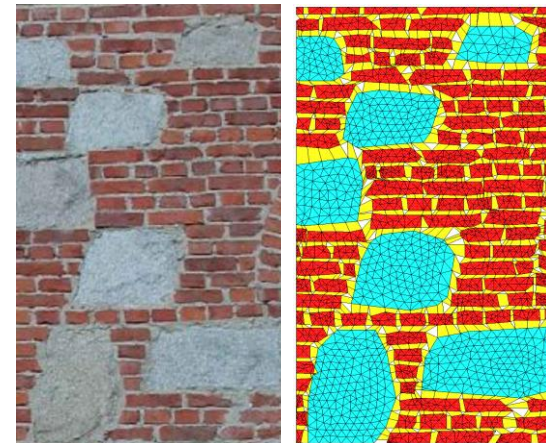


$a=1, v=0.5$



$a=1, v=0.5$

## Génération automatique de blocs





## Bilan

### CAST3M comme outil de développement et de travail à ELSA

- **Combinaison/recouvrement de modèles**
- **Prototypage et utilisation d'algorithmes complexes**
- **Pas de limitations liées au logiciel**
  - Les limites sont celles de l'imagination et de l'ambition!
- **Simulation de processus complexes**
  - P.e. Mode de construction/poids propre
  - P.e. Changement de conditions aux limites (force/déplacement)
- **Environnement de travail plutôt qu'outil de travail**
  - Réutilisation quasi systématiques
  - Utilisation d'opérateurs hors de leur contexte original



## Bilan

### CAST3M comme logiciel de référence à ELSA

- Base de la réalisation effective de nos objectifs
- Outils de communication entre les modélisateurs
- Accueil toujours enthousiaste pour des travaux à forte composante numérique





## Bilan

### La collaboration CAST3M pour ELSA

- C'est la plus importante
- Toujours stratégique et actuelle
- Construite sur du long terme...
- ... et sur une vision créative et ouverte de la modélisation!



# Bilan

