

**UNIVERSITE DE LIEGE  
FACULTE DES SCIENCES APPLIQUEES  
LABORATOIRE DE METHODES DE FABRICATION**

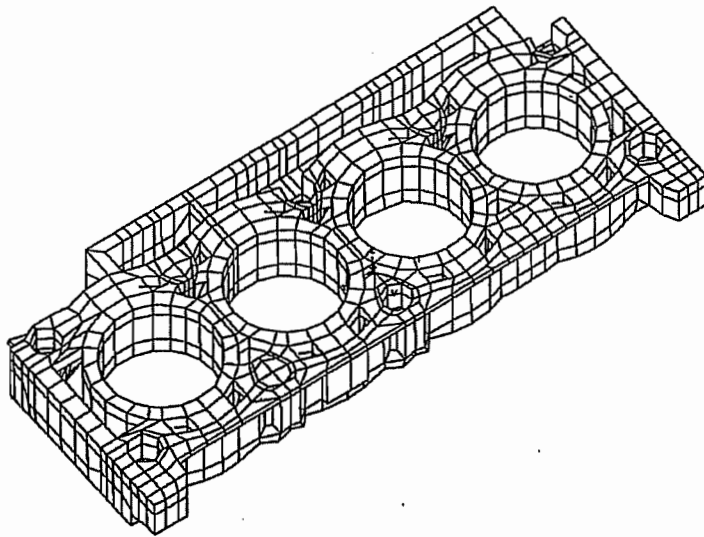
**CATALOGUE DES CAS-TESTS AVEC JUSTIFICATION DES MOTIFS**

**P. BECKERS  
J.F. DEBONGNIE  
B. DELTOUR  
L. MASSET**

**Rapport LMF/R1 - 1995**

# Rapport 1

## Catalogue des cas-tests avec justification des motifs



## **1. Critères de sélection des cas-tests**

Les essais de faisabilité numérique de l'usinage doivent être réalisés sur des problèmes aussi réalistes que possible. Il est donc important de sélectionner quelques problèmes à résoudre, choisis comme représentatifs des formes de pièce et des technologies. Renault a effectué une pré-sélection de cas-tests, qui ont ensuite été discutés au cours de la réunion du 11 janvier 1995.

Les principaux critères de sélection retenus sont les suivants :

- les 4 techniques d'usinage (alésage, brochage, fraisage, tournage) doivent être représentées;
- il faut au moins un cas d'usinage lourd;
- il faut au moins un cas-test par matériau (fonte, acier, aluminium);
- un maillage E.F. doit exister, à moins que la géométrie de la pièce ne soit particulièrement simple;
- la taille des modèles E.F. doit rester modeste, sauf pour au moins un cas-test;
- un modèle CAO volumique de la pièce est souhaité;
- les déformations de la pièce doivent être imputables essentiellement aux efforts de coupe.

## 2. Cas-test numéro 1

### 2.1. Caractéristiques techniques

**Nom de la pièce :** Moyeu d'alimentation d'huile TA96

**Matériau :** alliage d'aluminium AS9U3Y40

**Technologie d'usinage :** dressage au tour ( finition) de la face "accouplement"

**Profondeur de passe :**  $0.45 \pm 0.15$  mm

**Fixation :** en 3 points (cf. figure)

**Défaut étudié :** planéité (tolérance : 0.03 mm)

**Usinage lourd / léger :** léger

**Existence d'un modèle CAO Euclid :** oui

**Existence d'un maillage E.F. :** oui (8397 noeuds, 7020 éléments)

**Comparaison avec des résultats expérimentaux :** oui

### 2.2. Motivation et remarques de Renault

Il s'agit d'une pièce bien connue en usinage, pour laquelle le fabricant est fortement motivé. Les déformations sont dues essentiellement aux efforts de coupe et sont amplifiées par une forte hétérogénéité des souplesses locales.

Il convient de choisir un bridage 'minimum' qui laisse la pièce se déformer sous l'effet des efforts de coupe. Il existe une difficulté quant à la mesure des efforts spécifiques de coupe sur éprouvette (pièce en aluminium coulée sous pression).

### 2.3. Commentaire ULg

Une documentation complète est attendue pour la mi-mars au plus tard.

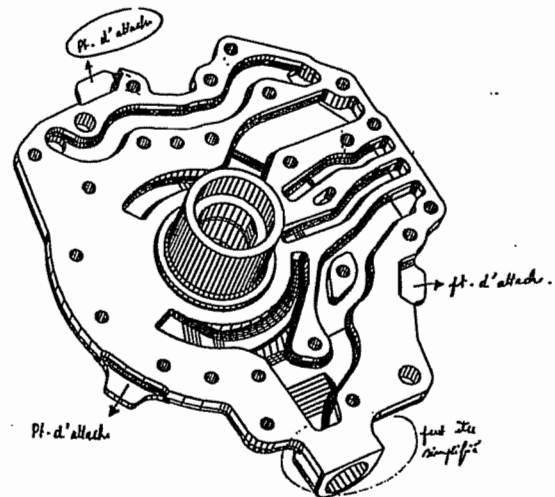


Figure 2 : Moyeu d'alimentation d'huile

## 3. Cas-test numéro 2

### 3.1. Caractéristiques techniques

**Nom de la pièce** : Culasse E4M

**Matériau** : alliage d'aluminium AS7U3G

**Technologie d'usinage** : surfacage (fraisage en bout) de la face carter-cylindres

**Profondeur de passe** : 2 - 2.5 mm

**Défaut étudié** : planéité

**Usinage lourd / léger** : léger

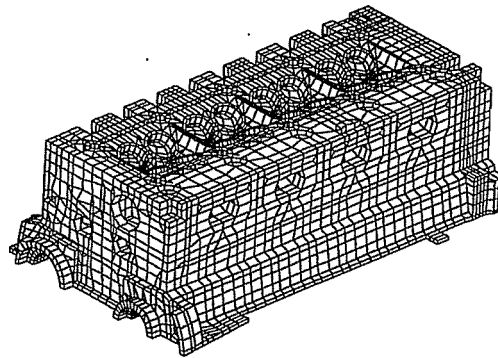
**Existence d'un modèle CAO Euclid** : non

**Existence d'un maillage E.F.** : oui (17128 noeuds, 12375 éléments)

**Comparaison avec des résultats expérimentaux** : non

### 3.2. Motivation et remarques de Renault

Le bridage déforme peu la pièce. Les tolérances sont difficiles à respecter à cause des efforts de coupe. L'usinage est effectué en une seule passe. Un angle de dépinçage est adopté pour limiter l'usure des tranchants de la fraise.



### 3.3. Commentaires ULg

Une documentation complète est attendue pour la fin du mois d'octobre. Le nombre d'éléments du maillage ne permet pas de garantir que ce calcul puisse être effectué à l'Université de Liège. Ce cas-test servira donc à valider le fonctionnement de la procédure sur un maillage de grande taille chez Renault.

## 4. Cas-test numéro 3

### 4.1. Caractéristiques techniques

**Nom de la pièce** : Tranche de carter-cylindres F8Q (Darmstadt)

**Matériau** : fonte GL04

**Technologie d'usinage** : surfaçage (fraisage en bout) en ébauche

**Profondeur de passe** : 1 mm

**Fixation** : en 3 points

**Défaut étudié** : planéité de la face usinée

**Usinage lourd / léger** : léger *a priori*

**Existence d'un modèle CAO Euclid** : oui (construit à Darmstadt)

**Existence d'un maillage E.F.** : oui (2332 noeuds, 1051 éléments)

**Comparaison avec des résultats expérimentaux** : oui

### 4.2. Motivation et remarques de Renault

Cette pièce a été choisie car elle a déjà été étudiée à Darmstadt. De plus, la réalisation expérimentale est facile. Le bridage est peu déformant et est conçu pour mettre en évidence les défauts dus aux efforts de coupe.

L'usinage est réalisé en une seule passe de l'outil et un angle de dépinçage est encore adopté. Le bridage se fait en 3 points, par un serrage en "vis-à-vis". Un nouveau maillage va être généré afin de prendre en compte plus fidèlement la géométrie et les découpes de la tablature. Les résultats

obtenus pour ce cas-test pourront être comparés, avec toutes les précautions d'usage, avec des résultats expérimentaux et avec les résultats obtenus à Darmstadt

Le fraisage de surface est ici réalisé en une seule passe. Mais on pourra tester le comportement de la procédure de calcul avec une trajectoire plus complexe qu'un simple trajet rectiligne à travers la pièce. Cet essai se fera sur un modèle E.F. de petite taille comme celui-ci ou le cas-test n° 7.

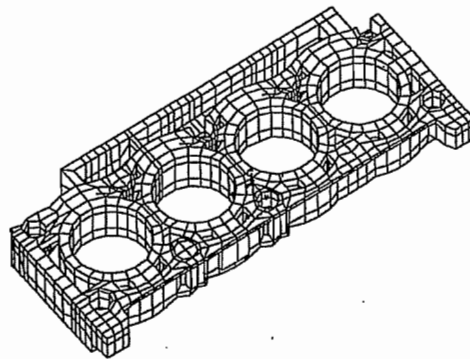


Figure 4 : Tranche de carter cylindre

### 4.3. Commentaires ULg

Les caractéristiques de la fonte GL 04, nous sont inconnues. Une liste des caractéristiques de ce matériau serait souhaitable. Une documentation complète est attendue pour fin octobre.

## 5. Cas-test numéro 4

### 5.1. Caractéristiques techniques

**Nom de la pièce** : Palier J64

**Matériau** : fonte GS 52

**Technologie d'usinage** : surfacage (fraisage)

**Profondeur de passe** : 2 - 3 mm sur une face, 5 - 7 mm sur l'autre

**Fixation** : multi-points

**Défauts étudiés** : planéité et défaut de parallélisme des plans fraisés

**Usinage lourd / léger** : lourd

**Existence d'un modèle CAO Euclid** : oui

**Existence d'un maillage E.F.** : non

**Comparaison avec des résultats expérimentaux** : oui

### 5.2. Motivation et remarques de Renault

A priori, les hypothèses de validité de l'usinage léger devraient être mises en défaut avec ce cas-test. On espère donc pouvoir reconnaître un usinage lourd diminuant la raideur de la pièce de manière significative.

Le bridage induit *a priori* peu de déformations, l'usinage d'une forte épaisseur (2-5 mm) devrait déformer la toile mince.

### 5.3. Commentaire ULg

Une documentation complète est attendue pour la fin du mois d'octobre.

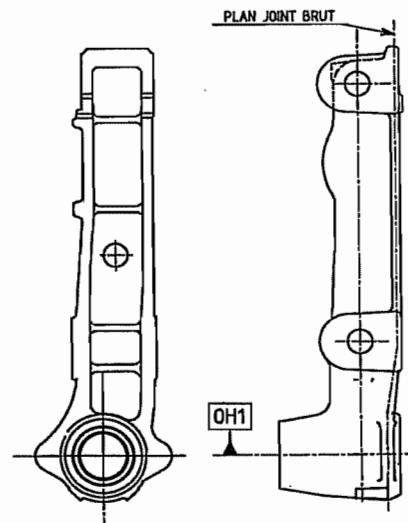


Figure 5 : Palier J64

## 6. Cas-test numéro 5

### 6.1. Caractéristiques techniques

**Nom de la pièce** : Epreuve cylindrique Darmstadt

**Matériau** : acier 27MC5R

**Technologie d'usinage** : tournage

**Profondeur de passe** : 3 mm

**Fixation** : entre mandrin et contre-pointe

**Défaut étudié** : cylindricité

**Usinage lourd / léger** : léger, pouvant devenir lourd

**Existence d'un modèle CAO Euclid** : non

**Existence d'un maillage E.F.** : non

**Comparaison avec des résultats expérimentaux** : oui

### 6.2. Motivation et remarques de Renault

Le maillage et le modèle CAO sont faciles à générer. Les déformations dues au bridage sont faibles. L'éprouvette est bridée par un montage mixte, entre mandrin et contre-pointe (encasté/appuyé). L'ampleur du défaut est du même ordre que l'état de surface. Le défaut de la machine peut aussi être très important

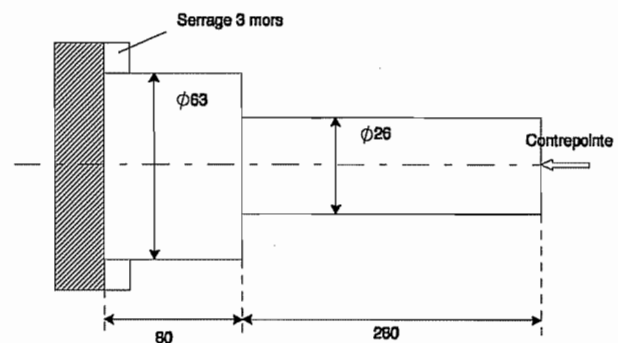


Figure 6 : Epreuve cylindrique

### 6.3. Commentaires ULg

C'est une pièce très simple, ce qui permet de nombreuses simulations. De plus, il est possible d'introduire des modifications géométriques pour passer d'un usinage léger à un usinage lourd. Etant donné la simplicité du modèle, les solutions obtenues grâce à l'outil informatique pourront, moyennant quelques hypothèses simplificatrices, être comparées aux solutions analytiques existantes.

Une documentation complète est attendue pour la fin du mois d'octobre.



## 7. Cas-test numéro 6

### 7.1. Caractéristiques techniques

**Nom de la pièce** : Baladeur

**Matériau** : acier forgé 27CD4

**Technologie d'usinage** : brochage intérieur

**Profondeur de passe** : profondeur des dentures de 3 mm

**Fixation** : simple posage

**Défaut étudié** : conicité de l'enveloppe des points de contact dentures / bille

**Usinage lourd / léger** : léger *a priori*

**Existence d'un modèle CAO Euclid** : non

**Existence d'un maillage E.F.** : non

**Comparaison avec des résultats expérimentaux** : oui

### 7.2. Motivation et remarques de Renault

La géométrie de la pièce est particulièrement simple. De plus, on peut la modifier afin d'amplifier le défaut. Les déformations sont peu marquées, mais des mesures sont nécessaires pour confirmer cette hypothèse. Le bridage se limite à un simple posage; toutes les déformations proviennent donc des efforts de coupe.

En ce qui concerne le brochage du baladeur, le défaut dû à l'usinage observé par Renault (environ 0.03 mm) est de l'ordre de grandeur de la précision du moyen de mesure (0.01 mm) et ne peut donc être considéré comme bien connu. C'est pourquoi la validation de la procédure de calcul du brochage par comparaison à des mesures expérimentales sera vraisemblablement réalisée sur le cas-test du bras de suspension F40 présenté lors de la réunion du 11 janvier.

### 7.3. Commentaire ULg

Une documentation complète est attendue pour la fin du mois d'octobre.

## 8. Cas-test numéro 7

### 8.1. Caractéristiques techniques

**Nom de la pièce** : Plaque de tête d'essieu X65

**Matériau** : acier recuit 38CD4

**Technologie d'usinage** : fraisage (surfaçage)

**Fixation** : serrage par étau

**Défaut étudié** : planéité de la surface usinée

**Usinage lourd / léger** : léger

**Existence d'un modèle CAO Euclid** : oui

**Existence d'un maillage E.F.** : oui

**Comparaison avec des résultats expérimentaux**: oui

### 8.2. Motivation et remarques de Renault

La plaque est simplement posée sur des cales et serrée dans un étau. Le fraisage s'effectue en une seule passe.

### 8.3 Commentaires ULg

Le maillage éléments finis, le modèle CAO et les données d'usinage ont déjà été fournis par Renault. Cependant, il nous manque :

- les conditions d'appui de la plaque (dimensions, position et raideur des cales et des mâchoires de l'étau);
- les forces de serrage.

D'une manière générale, les conditions limites doivent être fournies en même temps que les autres données du cas-test.

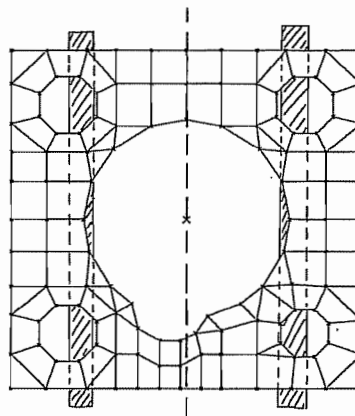


Figure 7 : Plaque de tête d'essieu

## 9. Cas-test numéro 8

### 9.1. Caractéristiques techniques

**Nom de la pièce** : à définir

**Matériau** : à définir

**Technologie d'usinage** : alésage simple

**Usinage lourd / léger** : léger *a priori*

**Existence d'un modèle CAO Euclid** : non

**Existence d'un maillage E.F.** : non

**Comparaison avec des résultats expérimentaux**: non

### 9.2. Motivation et remarques de Renault

La pièce doit encore être choisie par Renault.

A propos de l'alésage en général, Renault demande que ULg/Samtech examine les modifications à apporter :

- au tournage pour pouvoir prendre en compte l'alésage au tour ou au grain;
- au fraisage pour simuler l'alésage à l'alésoir.

Renault se réserve la possibilité de déterminer un cas-test afin de valider le fonctionnement de la procédure de calcul pour l'alésage.

### 9.3. Commentaire ULg

Dans la majorité des cas, c'est la déformation de l'outil qui engendre les défauts d'usinage plutôt que celle de la pièce. Nous avons imaginé un moment que la souplesse de l'outil pouvait se reporter sur les appuis de la pièce. Malheureusement, le fait que l'un des deux tourne oblige à avoir des appuis à souplesse variable au cours du temps, ce qui n'est pas réalisable. Sans exclure tous les cas d'alésage *a priori*, nous pensons que cette voie n'est pas porteuse de résultats généraux.

## 10. Cas-test numéro 9

### 10.1. Caractéristiques techniques

**Nom de la pièce** : Bras de suspension F40

**Matériau** : fonte Ft52

**Technologie d'usinage** : brochage intérieur (cannelures)

**Profondeur de passe** : le diamètre au fond des cannelures passe de 58.65 mm à 60.3 mm

**Fixation** : simple positionnement

**Défaut étudié** : ovalisation du trou cannelé

**Usinage lourd / léger** : léger

**Existence d'un modèle CAO Euclid** : non

**Existence d'un maillage E.F.** : non

**Comparaison avec des résultats expérimentaux** : oui

### 10.2. Motivation et remarques de Renault

Le bridage se limite à une mise en position. Toutes les déformations sont dues aux efforts de coupe. Renault obtient une ovalisation du trou cannelé en production. On note également que l'usure de la broche se fait plus rapidement dans une zone précise.

Des mesures sont possibles en usine sur des machines à chargement manuel (charge faible). Ce cas-test servira à valider la procédure de calcul dans le cas du brochage intérieur par confrontation à des mesures expérimentales.

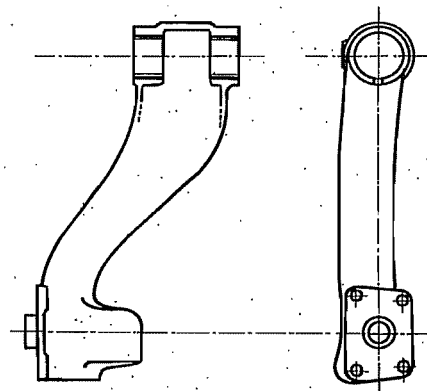


Figure 8 : Bras de suspension F40

### 10.3. Commentaire ULg

Une documentation complète concernant ce cas-test est attendue pour la fin du mois d'octobre.

## 10. Tableaux récapitulatifs

N°	Cas-test	Modèle CAO	Maillage E.F.
1	moyeu d'alimentation d'huile TA 96	volumique	8397 noeuds
2	culasse E4M	non	17128 noeuds
3	tranche de carter-cylindres F8Q	volumique	2332 noeuds
4	palier J64	volumique	non
5	éprouvette cylindrique	non	non
6	baladeur	non	non
7	plaque de tête d'essieu X65	oui	oui
8	à définir (alésage simple)	non	non
9	bras de suspension F40	non	non

	Aluminium	Acier	Fonte	Léger	Lourd
<b>Alésage</b>				8	
<b>Brochage</b>		6	9	6 , 9	
<b>Fraisage</b>	2	7	3 , 4	2 , 3 , 7	4
<b>Tournage</b>	1	5		1 , 5	(5)

## Table des matières

1. Critères de sélection des cas-tests	1
2. Cas-test numéro 1	2
2.1. Caractéristiques techniques	2
2.2. Motivation et remarques de Renault	2
2.3. Commentaire ULg	2
3. Cas-test numéro 2	3
3.1. Caractéristiques techniques	3
3.2. Motivation et remarques de Renault	3
3.3. Commentaires ULg	3
4. Cas-test numéro 3	4
4.1. Caractéristiques techniques	4
4.2. Motivation et remarques de Renault	4
4.3. Commentaires ULg	4
5. Cas-test numéro 4	5
5.1. Caractéristiques techniques	5
5.2. Motivation et remarques de Renault	5
5.3. Commentaire ULg	5
6. Cas-test numéro 5	6
6.1. Caractéristiques techniques	6
6.2. Motivation et remarques de Renault	6
6.3. Commentaires ULg	6
7. Cas-test numéro 6	7
7.1. Caractéristiques techniques	7
7.2. Motivation et remarques de Renault	7
7.3. Commentaire ULg	7
8. Cas-test numéro 7	8
8.1. Caractéristiques techniques	8
8.2. Motivation et remarques de Renault	8
8.3. Commentaires ULg	8
9. Cas-test numéro 8	9
9.1. Caractéristiques techniques	9
9.2. Motivation et remarques de Renault	9
9.3. Commentaire ULg	9
10. Cas-test numéro 9	10
10.1. Caractéristiques techniques	10
10.2. Motivation et remarques de Renault	10
10.3. Commentaire ULg	10
10. Tableaux récapitulatifs	11