





















	<p>DIMENSIONNEMENT PAR ELEMENTS FINIS DES STRUCTURES EN MATERIAUX COMPOSITES A MATRICES POLYMERES. PROBLEMATIQUE GENERALE ET PRISE EN COMPTE DE L'INFLUENCE DES PROCEDES D'ELABORATION.</p>	<p>CENTRE D'ANIMATION REGIONAL EN MATERIAUX AVANCES Espace Provence-Alpes-Côte d'Azur</p>  
<p>DIMENSIONNEMENT PAR ELEMENTS FINIS DES STRUCTURES EN MATERIAUX COMPOSITES A MATRICES POLYMERES.</p> <p>PROBLEMATIQUE GENERALE ET PRISE EN COMPTE DE L'INFLUENCE DES PROCEDES D'ELABORATION.</p>		
<p>001</p>	<p>Ce document est la propriété exclusive de la société D.D.L. Consultants, il ne peut être copié, reproduit ou communiqué, totalement ou partiellement sans son autorisation écrite.</p>	
<p>Document PRE-Carma-club-mat-030522-00 du 22/05/2003</p>		

	<p>DIMENSIONNEMENT PAR ELEMENTS FINIS DES STRUCTURES EN MATERIAUX COMPOSITES A MATRICES POLYMERES. PROBLEMATIQUE GENERALE ET PRISE EN COMPTE DE L'INFLUENCE DES PROCEDES D'ELABORATION.</p>	<p>CENTRE D'ANIMATION REGIONAL EN MATERIAUX AVANCES Espace Provence-Alpes-Côte d'Azur</p>  
<p>PLAN DE CETTE PRESENTATION</p>		
<p>01. PRESENTATION DE DDL CONSULTANTS.</p> <p>02. PROBLEMES AMONTS</p> <p>03. METHODOLOGIE DE DIMENSIONNEMENT</p> <p>04. CONCLUSIONS</p>		
<p>002</p>	<p>Ce document est la propriété exclusive de la société D.D.L. Consultants, il ne peut être copié, reproduit ou communiqué, totalement ou partiellement sans son autorisation écrite.</p>	
<p>Document PRE-Carma-club-mat-030522-00 du 22/05/2003</p>		

	DIMENSIONNEMENT PAR ELEMENTS FINIS DES STRUCTURES EN MATERIAUX COMPOSITES A MATRICES POLYMERES. PROBLEMATIQUE GENERALE ET PRISE EN COMPTE DE L'INFLUENCE DES PROCEDES D'ELABORATION.	CENTRE D'ANIMATION REGIONAL EN MATERIAUX AVANCES <small>Région Provence-Alpes-Côte d'Azur</small> 
	01 - PRESENTATION DE DDL CONSULTANTS	
<p align="center">Notre métier</p> <p align="center">L'Expertise Conceptuelle des structures en matériaux composites</p>		
		
<p>8 personnes dont 4 ingénieurs et 2 thésards.</p> <p><u>Directeur :</u> Yves-Henri GRUNEVOLD - Ing Arts et Métiers Ai 83</p> <p><u>Adresse :</u> Pas de Pouyen - 83330 Le Beausset FRANCE</p> <p><u>Coordonnées :</u> Tél. : (33) 04.94.90.41.93 Fax. : (33) 04.94.90.42.20 GSM : (33).06.09.60.68.07 e-mail : ddl.consultants@wanadoo.fr</p>		
003	Ce document est la propriété exclusive de la société D.D.L. Consultants, il ne peut être copié, reproduit ou communiqué, totalement ou partiellement sans son autorisation écrite.	
Document PRE-Carma-club-mat-030522-00 du 22/05/2003		



	DIMENSIONNEMENT PAR ELEMENTS FINIS DES STRUCTURES EN MATERIAUX COMPOSITES A MATRICES POLYMERES. PROBLEMATIQUE GENERALE ET PRISE EN COMPTE DE L'INFLUENCE DES PROCEDES D'ELABORATION.	CENTRE D'ANIMATION REGIONAL EN MATERIAUX AVANCES <small>Région Provence-Alpes-Côte d'Azur</small> 
	01 - PRESENTATION DE DDL CONSULTANTS	
<p>FERROVIAIRE</p>  		
<p>ROUTIER</p>  		
<p>NAVAL</p>  		
<p>SPATIAL</p>  		
<p>BTP</p> 		
<p>AERONAUTIQUE</p> 		
<p>NUCLEAIRE</p> 		
004	Ce document est la propriété exclusive de la société D.D.L. Consultants, il ne peut être copié, reproduit ou communiqué, totalement ou partiellement sans son autorisation écrite.	
Document PRE-Carma-club-mat-030522-00 du 22/05/2003		




DIMENSIONNEMENT PAR ELEMENTS FINIS DES STRUCTURES EN MATERIAUX COMPOSITES A MATRICES POLYMERES. PROBLEMATIQUE GENERALE ET PRISE EN COMPTE DE L'INFLUENCE DES PROCEDES D'ELABORATION.

01 - PRESENTATION DE DDL CONSULTANTS

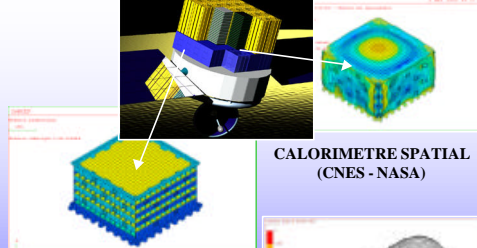
CENTRE D'ANIMATION REGIONAL EN MATERIAUX AVANCES
Espace Provence-Alpes-Côte d'Azur

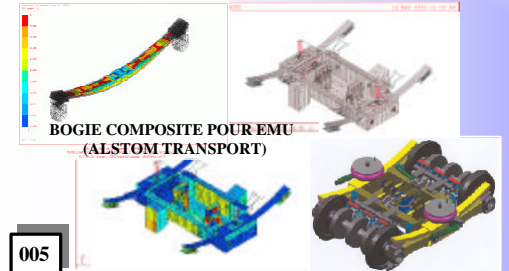
SUSPENSION GYROSCOPE ARIANE V (SMAC - SEXTANT - THALES)



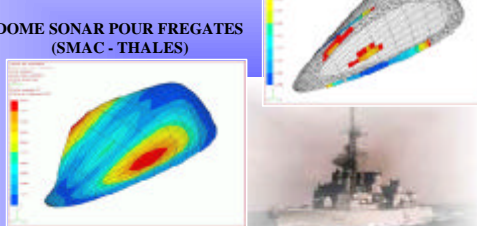
CALORIMETRE SPATIAL (CNES - NASA)



BOGIE COMPOSITE POUR EMU (ALSTOM TRANSPORT)




DOME SONAR POUR FREGATES (SMAC - THALES)



005

Ce document est la propriété exclusive de la société D.D.L. Consultants, il ne peut être copié, reproduit ou communiqué, totalement ou partiellement sans son autorisation écrite.



Document PRE-Carma-club-mat-030522-00 du 22/05/2003



DIMENSIONNEMENT PAR ELEMENTS FINIS DES STRUCTURES EN MATERIAUX COMPOSITES A MATRICES POLYMERES. PROBLEMATIQUE GENERALE ET PRISE EN COMPTE DE L'INFLUENCE DES PROCEDES D'ELABORATION.

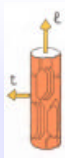
02 - PROBLEMES AMONTS

CENTRE D'ANIMATION REGIONAL EN MATERIAUX AVANCES
Espace Provence-Alpes-Côte d'Azur

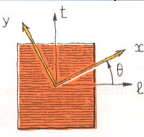
ANISOTROPIE Multi - échelle

➔ **FIBRE**

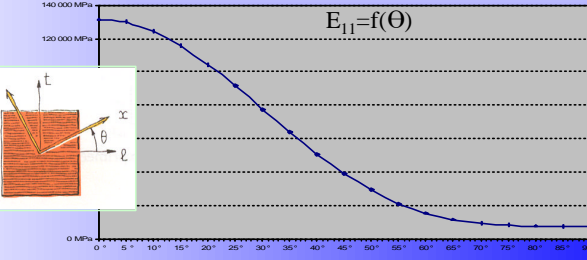


	VERRE "E"	KEVLAR	CARBONE "HR"	CARBONE "HM"
E_{fi}	74 000 Mpa	130 000 Mpa	230 000 Mpa	390 000 Mpa
E_{ft}	74 000 Mpa	5 400 Mpa	15 000 Mpa	6 000 Mpa
G_{ft}	30 000 Mpa	12 000 Mpa	50 000 Mpa	20 000 Mpa
ν_{ft}	0,25	0,4	0,3	0,35

➔ **STRATIFIE**



006



Ce document est la propriété exclusive de la société D.D.L. Consultants, il ne peut être copié, reproduit ou communiqué, totalement ou partiellement sans son autorisation écrite.

Document PRE-Carma-club-mat-030522-00 du 22/05/2003

DIMENSIONNEMENT PAR ELEMENTS FINIS DES STRUCTURES EN MATERIAUX COMPOSITES A MATRICES POLYMERES. PROBLEMATIQUE GENERALE ET PRISE EN COMPTE DE L'INFLUENCE DES PROCEDES D'ELABORATION.

02 – PROBLEMES AMONTS

CENTRE D'ANIMATION REGIONAL EN MATERIAUX AVANCES
Espace Provence-Alpes-Côte d'Azur

materia
TECH

HETEROGENEITE

Inclusions diverses, porosités, fibres, Matrice (supposée homogène), Porosités et inclusions, Matériau « homogénéisé », Interface ?, Autre matériau (Clingant cuivre par exemple)

007

Ce document est la propriété exclusive de la société D.D.L. Consultants, il ne peut être copié, reproduit ou communiqué, totalement ou partiellement sans son autorisation écrite.

Document PRE-Carma-club-mat-030522-00 du 22/05/2003

DIMENSIONNEMENT PAR ELEMENTS FINIS DES STRUCTURES EN MATERIAUX COMPOSITES A MATRICES POLYMERES. PROBLEMATIQUE GENERALE ET PRISE EN COMPTE DE L'INFLUENCE DES PROCEDES D'ELABORATION.

02 – PROBLEMES AMONTS

CENTRE D'ANIMATION REGIONAL EN MATERIAUX AVANCES
Espace Provence-Alpes-Côte d'Azur

materia
TECH

LOIS D'HOMOGENEISATION

Matériaux	Fibres de verre E/ Résine Epoxy				Fibres de carbone HR/ Résine Epoxy			
	El(Gpa)	Et(Gpa)	Glt(Gpa)	vt	El(Gpa)	Et(Gpa)	Glt(Gpa)	vt
Ef	70 Gpa				234 Gpa			
nf	0,17				0,2			
Em	2,85 Gpa				3,8 Gpa			
nm	0,33				0,33			
Vf%	0,66				0,6			
Méthodes	El(Gpa)	Et(Gpa)	Glt(Gpa)	vt	El(Gpa)	Et(Gpa)	Glt(Gpa)	vt
Loi des mélanges	47,16	7,77	2,95	0,224	141,8	9,2	3,5	0,25
Adams - Doner		19,95	6,42			19	7,3	
Pabiot		15,53	6,37			36,6	14,8	
Halphin Tsai $\alpha=1$		11,66	4,47			14,3	5,4	
Halphin Tsai $\alpha=2$		14,92	5,76			19	7,1	
Halphin Tsai $\alpha=3$		17,6	6,85			23	8,8	
Expérience	49,4	18	7,8	0,22	151	9,3	6,2	0,32

+130% / la réalité, l'écart est très important

008

Ce document est la propriété exclusive de la société D.D.L. Consultants, il ne peut être copié, reproduit ou communiqué, totalement ou partiellement sans son autorisation écrite.

Document PRE-Carma-club-mat-030522-00 du 22/05/2003

	DIMENSIONNEMENT PAR ELEMENTS FINIS DES STRUCTURES EN MATERIAUX COMPOSITES A MATRICES POLYMERES. PROBLEMATIQUE GENERALE ET PRISE EN COMPTE DE L'INFLUENCE DES PROCEDES D'ELABORATION.	CENTRE D'ANIMATION REGIONAL EN MATERIAUX AVANCES <small>Region Provence-Alpes-Cote d'Azur</small> 
	02 – PROBLEMES AMONTS	

FABRICATION SIMULTANEE DU MATERIAU ET DE LA STRUCTURE
Ex : fabrication d'un flap de N.G.V.
“Corsaire 10000”

ALSTOM
LEROUX NAVAL



Drapage peau inférieure



Compactage



Calage de l'ensemble (résine de coulée)

009





Ce document est la propriété exclusive de la société D.D.L. Consultants, il ne peut être copié, reproduit ou communiqué, totalement ou partiellement sans son autorisation écrite.

Document PRE-Carma-club-mat-030522-00 du 22/05/2003

	DIMENSIONNEMENT PAR ELEMENTS FINIS DES STRUCTURES EN MATERIAUX COMPOSITES A MATRICES POLYMERES. PROBLEMATIQUE GENERALE ET PRISE EN COMPTE DE L'INFLUENCE DES PROCEDES D'ELABORATION.	CENTRE D'ANIMATION REGIONAL EN MATERIAUX AVANCES <small>Region Provence-Alpes-Cote d'Azur</small> 
	02 – PROBLEMES AMONTS	

LE MATERIAU REEL N'EXISTE QUE DANS LA STRUCTURE FINALE INDUSTRIALISEE !



CONTRAINTES RESIDUELLES
(influence de la cuisson)



“DEFAUTS” DE FABRICATION
(désalignement des fibres, fragilité, coupe de tissus,...)



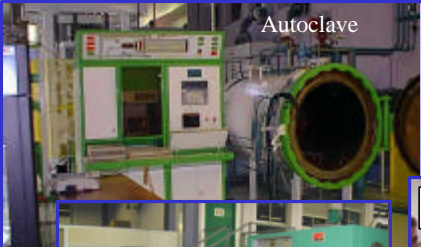
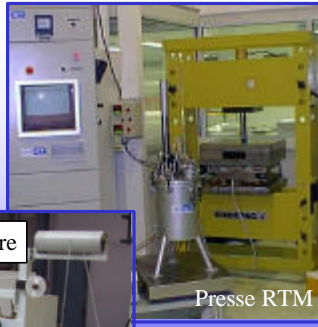
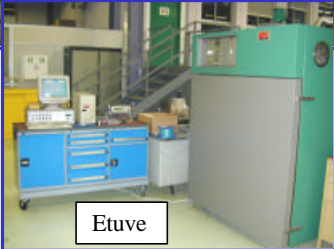
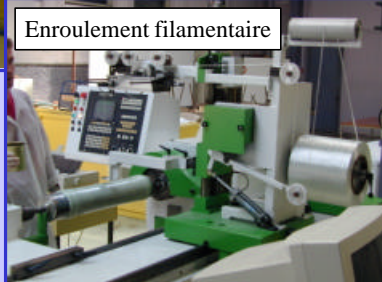




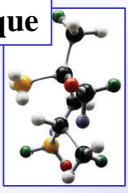

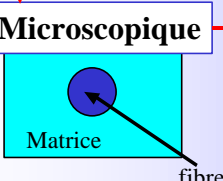
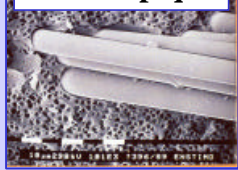
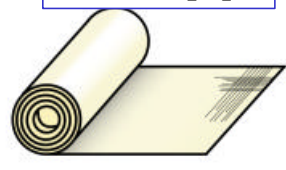
VARIABILITES INVOLONTAIRES
(tolérances sur les constituants élémentaires)




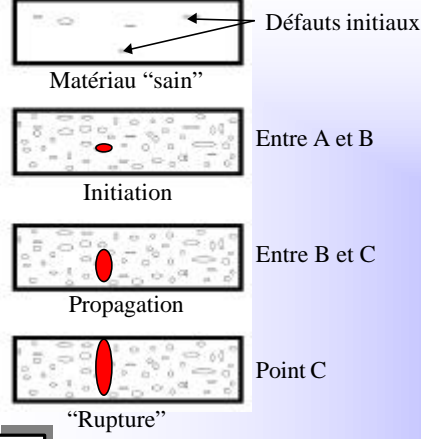
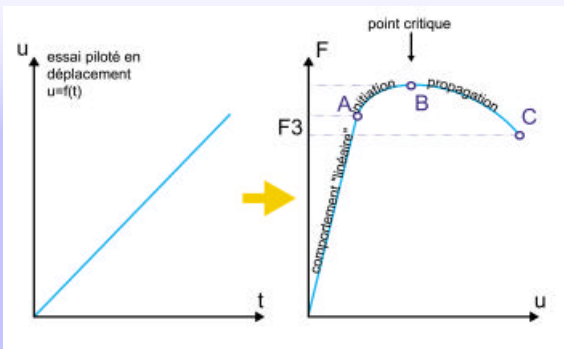
010




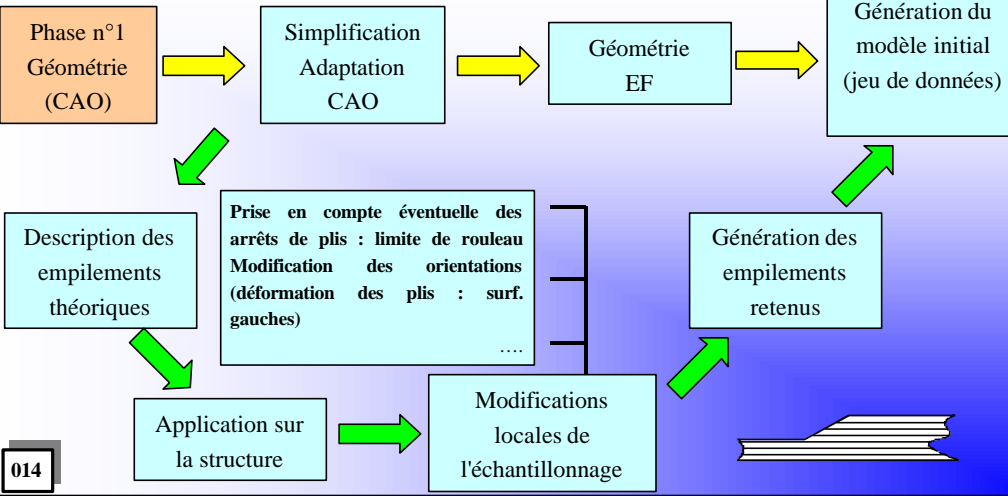
Ce document est la propriété exclusive de la société D.D.L. Consultants, il ne peut être copié, reproduit ou communiqué, totalement ou partiellement sans son autorisation écrite.

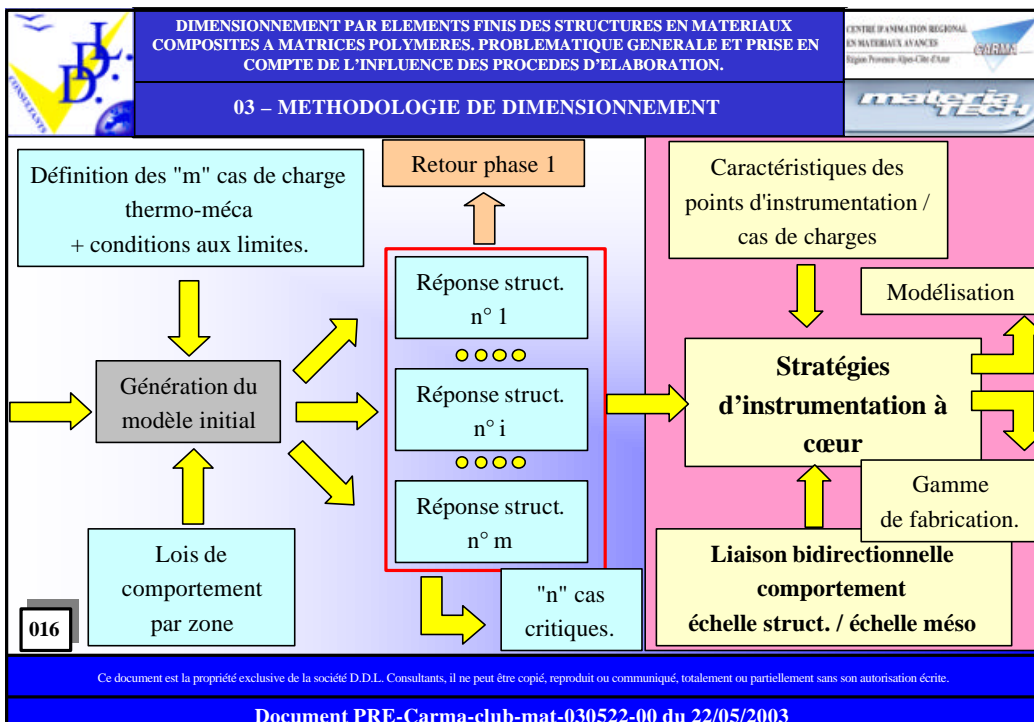
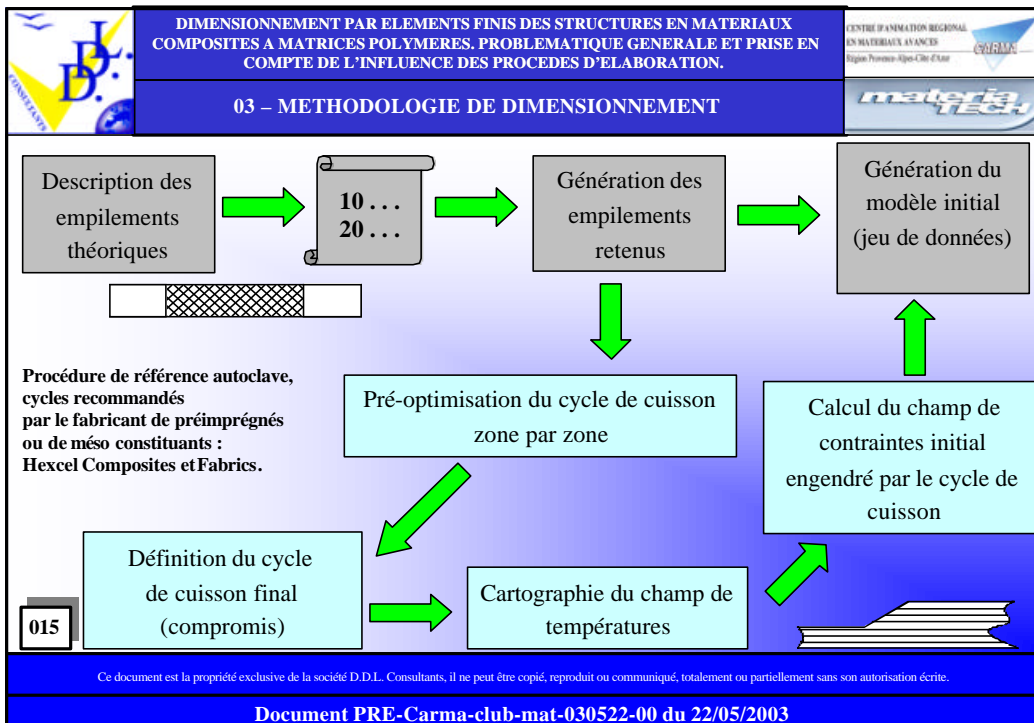
Document PRE-Carma-club-mat-030522-00 du 22/05/2003

	DIMENSIONNEMENT PAR ELEMENTS FINIS DES STRUCTURES EN MATERIAUX COMPOSITES A MATRICES POLYMERES. PROBLEMATIQUE GENERALE ET PRISE EN COMPTE DE L'INFLUENCE DES PROCEDES D'ELABORATION.	CENTRE D'ANIMATION REGIONAL EN MATERIAUX AVANCES Région Provence-Alpes-Côte d'Azur 
	02 – PROBLEMES AMONTS	
INFLUENCE DES PROCEDES		
 <p>Autoclave</p>	<p>Vf%</p> <p>Vv%</p> <p>Propriétés mécaniques (fatigue)</p>	 <p>Presse RTM</p>
 <p>Etuve</p>	 <p>Enroulement filamentaire</p>	
011		
Ce document est la propriété exclusive de la société D.D.L. Consultants, il ne peut être copié, reproduit ou communiqué, totalement ou partiellement sans son autorisation écrite.		
Document PRE-Carma-club-mat-030522-00 du 22/05/2003		

	DIMENSIONNEMENT PAR ELEMENTS FINIS DES STRUCTURES EN MATERIAUX COMPOSITES A MATRICES POLYMERES. PROBLEMATIQUE GENERALE ET PRISE EN COMPTE DE L'INFLUENCE DES PROCEDES D'ELABORATION.	CENTRE D'ANIMATION REGIONAL EN MATERIAUX AVANCES Région Provence-Alpes-Côte d'Azur 
	02 – PROBLEMES AMONTS	
L'ASPECT MULTI-ECHELLES		
<p>Nanoscopique</p> 	<p>5 NIVEAUX D'INTEGRATION</p> <p>Les outils mathématiques existants ne permettent pas de prendre en compte simultanément toutes les échelles</p>	<p>Structurelle</p> 
<p>Microscopique</p>  <p>Matrice fibre</p>	<p>Mesoscopique</p> 	<p>Macroscopique</p> 
012		
Ce document est la propriété exclusive de la société D.D.L. Consultants, il ne peut être copié, reproduit ou communiqué, totalement ou partiellement sans son autorisation écrite.		
Document PRE-Carma-club-mat-030522-00 du 22/05/2003		

	DIMENSIONNEMENT PAR ELEMENTS FINIS DES STRUCTURES EN MATERIAUX COMPOSITES A MATRICES POLYMERES. PROBLEMATIQUE GENERALE ET PRISE EN COMPTE DE L'INFLUENCE DES PROCEDES D'ELABORATION.	CENTRE D'ANIMATION REGIONAL EN MATERIAUX AVANCES Equipes Provence-Alpes-Côte d'Azur 	
	02 – PROBLEMES AMONTS		
LE MATERIAU EST “TOUJOURS” INITIALEMENT ENDOMMAGE			
			
013	Ce document est la propriété exclusive de la société D.D.L. Consultants, il ne peut être copié, reproduit ou communiqué, totalement ou partiellement sans son autorisation écrite.		
Document PRE-Carma-club-mat-030522-00 du 22/05/2003			

	DIMENSIONNEMENT PAR ELEMENTS FINIS DES STRUCTURES EN MATERIAUX COMPOSITES A MATRICES POLYMERES. PROBLEMATIQUE GENERALE ET PRISE EN COMPTE DE L'INFLUENCE DES PROCEDES D'ELABORATION.	CENTRE D'ANIMATION REGIONAL EN MATERIAUX AVANCES Equipes Provence-Alpes-Côte d'Azur 	
	03 – METHODOLOGIE DE DIMENSIONNEMENT		
			
014	Ce document est la propriété exclusive de la société D.D.L. Consultants, il ne peut être copié, reproduit ou communiqué, totalement ou partiellement sans son autorisation écrite.		
Document PRE-Carma-club-mat-030522-00 du 22/05/2003			



DIMENSIONNEMENT PAR ELEMENTS FINIS DES STRUCTURES EN MATERIAUX COMPOSITES A MATRICES POLYMERES. PROBLEMATIQUE GENERALE ET PRISE EN COMPTE DE L'INFLUENCE DES PROCEDES D'ELABORATION.

03 – METHODOLOGIE DE DIMENSIONNEMENT

CENTRE D'ANIMATION REGIONAL EN MATERIAUX AVANCES
Equipe Provence-Alpes-Côte d'Azur

Eprouvette technologique

Prise de plis

Fortes épaisseurs

Trous habités ou non

55,6% à 0°
33,3 % à +/- 45°
11,1% à 90°

Matériau : Hexply UD M21 / 35 % / 268 / T700GC

017

Ce document est la propriété exclusive de la société D.D.L. Consultants, il ne peut être copié, reproduit ou communiqué, totalement ou partiellement sans son autorisation écrite.

Document PRE-Carma-club-mat-030522-00 du 22/05/2003

DIMENSIONNEMENT PAR ELEMENTS FINIS DES STRUCTURES EN MATERIAUX COMPOSITES A MATRICES POLYMERES. PROBLEMATIQUE GENERALE ET PRISE EN COMPTE DE L'INFLUENCE DES PROCEDES D'ELABORATION.

03 – METHODOLOGIE DE DIMENSIONNEMENT

CENTRE D'ANIMATION REGIONAL EN MATERIAUX AVANCES
Equipe Provence-Alpes-Côte d'Azur

Stratégie de modélisation

Stratégie d'instrumentation

Flexion 3 pt

Flexion 4 pt

Traction (compression)

Déformées = $f(F_i(t))$
Déformations
Endommagements
Marges de sécurité

018

Ce document est la propriété exclusive de la société D.D.L. Consultants, il ne peut être copié, reproduit ou communiqué, totalement ou partiellement sans son autorisation écrite.

Document PRE-Carma-club-mat-030522-00 du 22/05/2003

DIMENSIONNEMENT PAR ELEMENTS FINIS DES STRUCTURES EN MATERIAUX COMPOSITES A MATRICES POLYMERES. PROBLEMATIQUE GENERALE ET PRISE EN COMPTE DE L'INFLUENCE DES PROCEDES D'ELABORATION.

03 – METHODOLOGIE DE DIMENSIONNEMENT

CENTRE D'ANIMATION REGIONAL EN MATERIAUX AVANCES
Espace Provence-Alpes-Côte d'Azur

materia
TECH

Modélisation C.A.O.

Zone 2 Transition Zone 1

e2 e1

Zone 2 Zone 1

Modélisation E.F volumique multi-couches

Lieu des centres élastiques

Excentricités variables

Zone 2 Zone 1

Modélisation E.F coques minces multi-couches (V2)

Zone 2 Zone 1

Modélisation E.F coques minces multi-couches (V1)

019

Ce document est la propriété exclusive de la société D.D.L. Consultants, il ne peut être copié, reproduit ou communiqué, totalement ou partiellement sans son autorisation écrite.

Document PRE-Carma-club-mat-030522-00 du 22/05/2003

DIMENSIONNEMENT PAR ELEMENTS FINIS DES STRUCTURES EN MATERIAUX COMPOSITES A MATRICES POLYMERES. PROBLEMATIQUE GENERALE ET PRISE EN COMPTE DE L'INFLUENCE DES PROCEDES D'ELABORATION.

03 – METHODOLOGIE DE DIMENSIONNEMENT

CENTRE D'ANIMATION REGIONAL EN MATERIAUX AVANCES
Espace Provence-Alpes-Côte d'Azur

materia
TECH

Eprouvette complète volumes - finesse moyenne partout

1/2 éprouvette volumes - finesse légèrement supérieure

1/2 éprouvette volumes - maillage grossier et mixte

Repère local R2 Axes ou prise de pli



Zone 2 T Zone 1

Repère local R1

020



Ce document est la propriété exclusive de la société D.D.L. Consultants, il ne peut être copié, reproduit ou communiqué, totalement ou partiellement sans son autorisation écrite.

Document PRE-Carma-club-mat-030522-00 du 22/05/2003

	DIMENSIONNEMENT PAR ELEMENTS FINIS DES STRUCTURES EN MATERIAUX COMPOSITES A MATRICES POLYMERES. PROBLEMATIQUE GENERALE ET PRISE EN COMPTE DE L'INFLUENCE DES PROCEDES D'ELABORATION.	CENTRE D'ANIMATION REGIONAL EN MATERIAUX AVANCES <small>Region Provence-Alpes-Cote d'Azur</small> 
	04 - CONCLUSIONS	

ACTIONS MENEES PAR DDL CONSULTANTS DANS CE DOMAINE :



- Nous avons développé en interne, depuis près de 8 ans, un certain nombre d'utilitaires, à usage interne, permettant de traiter quelques points particuliers (empilements, zoning de premier niveau, inserts dans les structures sandwich).
- Nous nous sommes rapprochés du Laboratoire de Génie Mécanique de Toulouse (LGMT) et plus particulièrement de l'équipe PRO²COM pour développer l'approche « Paramétrage procédés » ainsi que l'instrumentation à cœur pour améliorer notre connaissance du comportement. (Financement d'une première thèse pour la période 2003 - 2006 sur ces sujets).
- Nous nous sommes rapproché de l'ENSICA pour améliorer notre connaissance des lois de comportements associables aux stratifiés épais et à quelques singularités conceptuelles. (Financement d'une seconde thèse pour la période 2003 - 2006 sur ces sujets).


021

Ce document est la propriété exclusive de la société D.D.L. Consultants, il ne peut être copié, reproduit ou communiqué, totalement ou partiellement sans son autorisation écrite.

Document PRE-Carma-club-mat-030522-00 du 22/05/2003

	DIMENSIONNEMENT PAR ELEMENTS FINIS DES STRUCTURES EN MATERIAUX COMPOSITES A MATRICES POLYMERES. PROBLEMATIQUE GENERALE ET PRISE EN COMPTE DE L'INFLUENCE DES PROCEDES D'ELABORATION.	CENTRE D'ANIMATION REGIONAL EN MATERIAUX AVANCES <small>Region Provence-Alpes-Cote d'Azur</small> 
	04 - CONCLUSIONS	

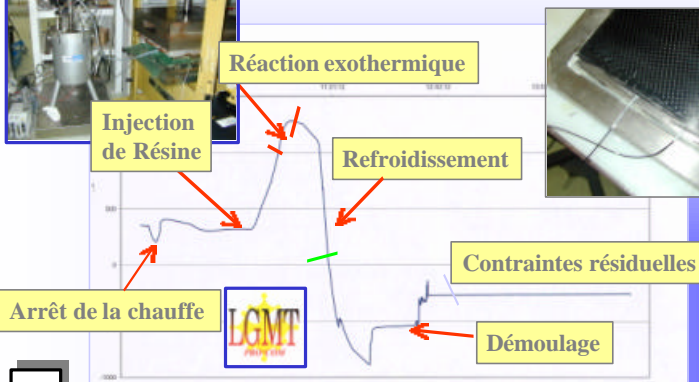
Instrumentation à cœur

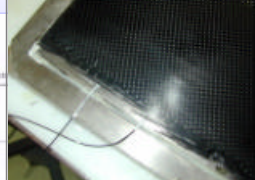


➔

Liaison échelle structurelle / échelle mésoscopique


Monitoring en temps réel sur l'ensemble du cycle de vie





125 mm

Fibre optique



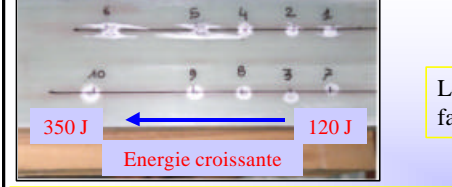
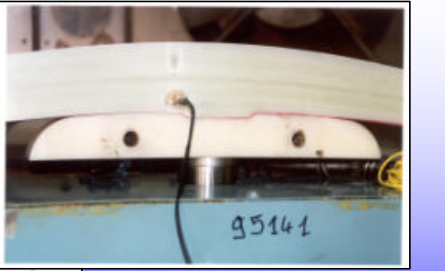
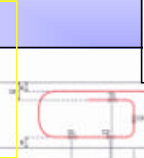
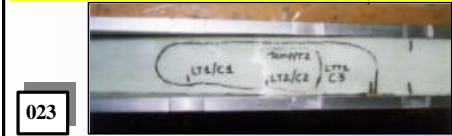


Fiber Optic Systems
FOS

022

Ce document est la propriété exclusive de la société D.D.L. Consultants, il ne peut être copié, reproduit ou communiqué, totalement ou partiellement sans son autorisation écrite.

Document PRE-Carma-club-mat-030522-00 du 22/05/2003

	<p align="center">DIMENSIONNEMENT PAR ELEMENTS FINIS DES STRUCTURES EN MATERIAUX COMPOSITES A MATRICES POLYMERES. PROBLEMATIQUE GENERALE ET PRISE EN COMPTE DE L'INFLUENCE DES PROCEDES D'ELABORATION.</p>	<p align="center">CENTRE D'ANIMATION REGIONAL EN MATERIAUX AVANCES Espace Provence-Alpes-Côte d'Azur</p> 
<p align="center">04 - CONCLUSIONS</p>		
	<p align="center">Le suivi de fabrication</p>	
<p>La sécurité de fonctionnement :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Impacts; - Surcharges; - Echauffements; - Apparition et suivi de l'endommagement. 		<p align="center">L'auto adaptation des structures</p>
<p align="center">023</p> 	<p align="center">L'amélioration de la connaissance du domaine d'utilisation</p>	<p align="center">La maintenance en « juste à temps »</p>
<p align="center"><small>Ce document est la propriété exclusive de la société D.D.L. Consultants, il ne peut être copié, reproduit ou communiqué, totalement ou partiellement sans son autorisation écrite.</small></p>		
<p align="center">Document PRE-Carma-club-mat-030522-00 du 22/05/2003</p>		