



STAC

# Journée technique 2011

## Le projet Descartes



Jean-Bernard RAVENEL STAC  
Laurent THAMIE CEA



energie atomique • énergies alternatives

ressources, territoires et habitats  
Énergie et climat  
Prévention des risques  
Développement durable  
infrastructures, transports et mer

Présent  
pour  
l'avenir



Ministère  
de l'Écologie,  
du Développement  
durable,  
des transports  
et du Logement

Service technique de l'aviation civile

# Pourquoi le projet Descartes ?

## Place du projet Descartes dans la stratégie globale de réponse à la menace

Identifier la menace	Répondre à la menace	
Intelligence (services secrets, OPEX, police, échanges bilatéraux)	Répondre en amont	Répondre en aval
Chimie des explosifs (données de sécurité, de performances)	Intelligence (services secrets, OPEX, police, échanges bilatéraux)	Détecter les explosifs
Effets des explosifs sur les structures critiques	Contrôler l'accès aux explosifs, aux précurseurs	Confiner les effets des explosifs

**Descartes**



# Objectif du projet Descartes

---

♣ Les dernières tentatives d'attentat depuis 2006 ont montré :

- \_ Que l'attaque à l'explosif en cabine est crédible
- \_ Que l'attaque à l'explosif artisanal est crédible
- \_ Que la confection de l'explosif à bord d'un aéronef est crédible

♣ Le projet Descartes a pour but de mettre à jour nos connaissances sur la vulnérabilité des aéronefs face à ces nouveaux types d'attaque :

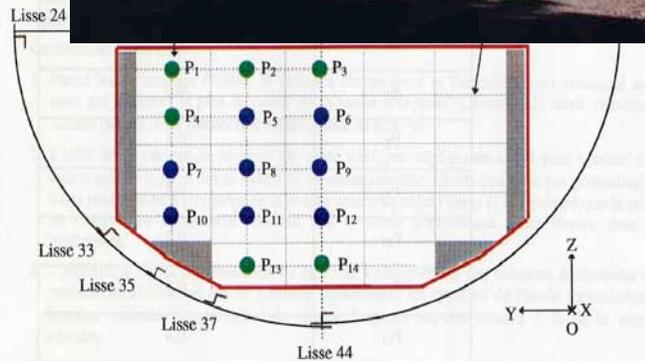
- \_ En construisant un modèle numérique réutilisable et adaptable à différents scénarios,
- \_ En vérifiant et validant ce modèle numérique par des expérimentations sur un A320



# Etudes réalisées dans le passé

❖ Le STAC avait déjà mené avec le centre de Gramat des études sur les dommages causés par des explosifs sur les aéronefs :

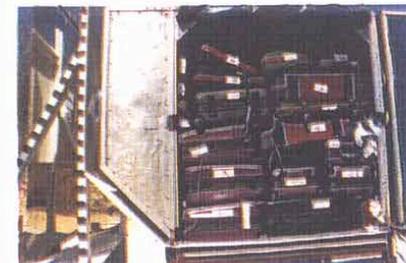
- \_ Etudes sur des explosifs conventionnels
- \_ Etudes focalisées sur les bagages de soute
- \_ Etudes sur le confinement des explosifs dans les conteneurs



a) Valise

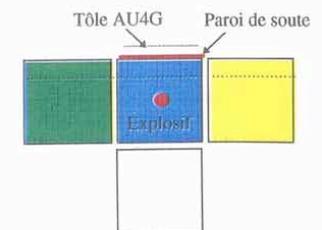


b) Empilement de valises



Agencement des valises dans le conteneur piégé

c) Conteneurs à bagages



Vue de dessus des conteneurs

# Les phases du projet

---

## ♣ Phase 1 : Caractérisation des explosifs artisanaux

\ Objectif principal : permettre et faciliter la réalisation des étapes 2 et 3 du projet en fournissant les données nécessaires en entrée

## ♣ Phase 2 : Construction d'un modèle numérique

\ Objectif principal : construire un modèle prédictif d'endommagement d'un fuselage d'A320 face à une attaque à l'explosif en cabine

## ♣ Phase 3 : Expérimentations dans un fuselage

\ Objectif principal : Vérifier et valider le modèle numérique



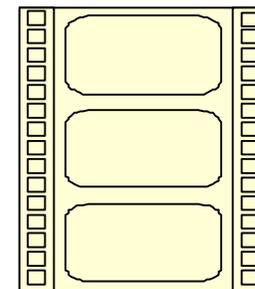
# Pourquoi un A320 ?

- ✿ Différentes familles d'avion en fonction des matériaux utilisés et des types de construction : La famille des A320, A330 et A340 est la famille d'avion la plus représentative en Europe
- ✿ Le modèle numérique de Descartes devra pouvoir être adapté à d'autres scénarios (nouveaux avions, nouveaux explosifs...) via des travaux complémentaires ad hoc



Pour la réalisation du projet, le STAC :

- a acquis un A320 en fin de vie
- a réalisé son transport d'Orly vers Gramat



# Etape 1 : Caractérisation des explosifs artisanaux

---

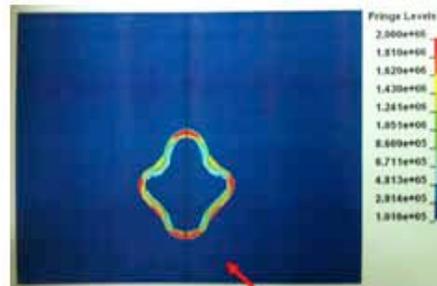
- ✿ Objectif : permettre et faciliter la réalisation des étapes 2 et 3 du projet en fournissant les données nécessaires en entrée :
  - \_ Données pour la réalisation des expérimentations
  - \_ Données pour la modélisation numérique
  
- ✿ Principales données recueillies :
  - \_ Détail sur les compositions des mélanges artisanaux
  - \_ Effets de l'amorçage (détonateurs et relais)
  - \_ Effets du contenant de l'explosif
  - \_ Ordres de grandeur des seuils de rupture de tôles en aluminium
  - \_ Equivalents TNT des explosifs artisanaux
  - \_ Caractérisation du phénomène physique majeur à l'origine de la rupture des tôles en aluminium
  - \_ Equations d'état JWL des mélanges
  - \_ Prise en compte de la post combustion
  - \_ Champs de pression de détonations des mélanges



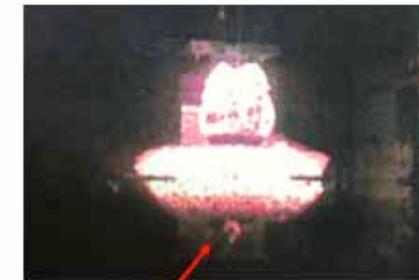
# Etape 1 : Caractérisation des explosifs artisanaux



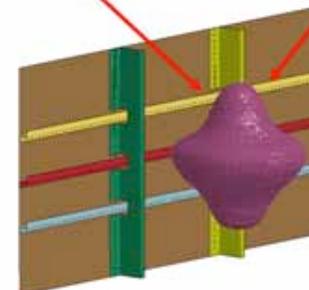
- ❖ Récupération des rapports de caractérisation des mélanges explosifs des laboratoires nationaux spécialistes de ces mélanges (CEA Le Ripault, ISL, DGA TT)
- ❖ Réalisation d'expériences pour mesurer les effets en champ libre de détonation de ces mélanges sur des tôles en aluminium (Comparaison valeurs modélisées et résultats expérimentaux)



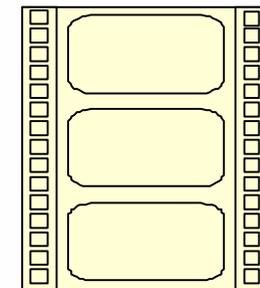
Calcul de la géométrie des champs de pression



Capture vidéo de boule de feu



Utilisation de cette caractéristique dans la modélisation du comportement du fuselage



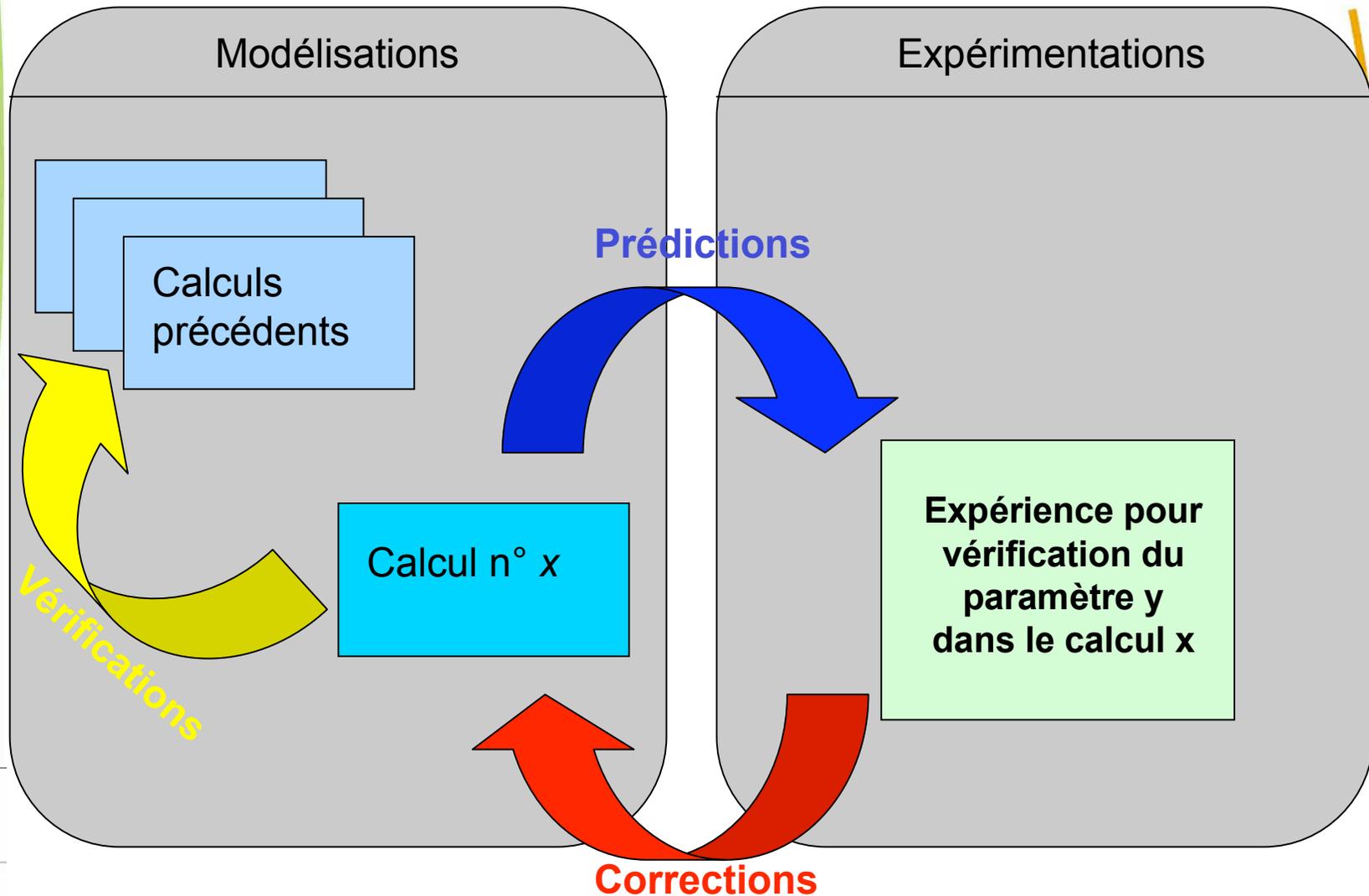
# *La modélisation et les essais dans le fuselage d'A320*

---

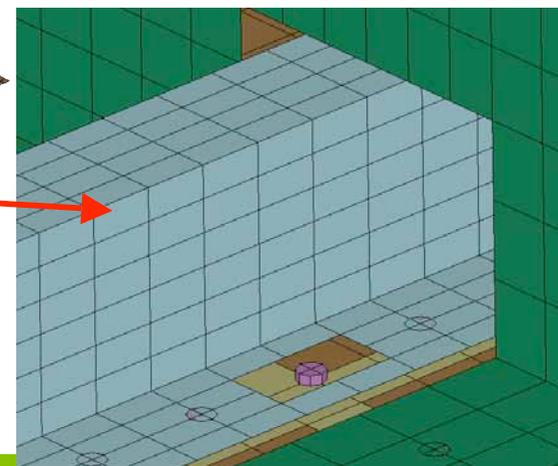
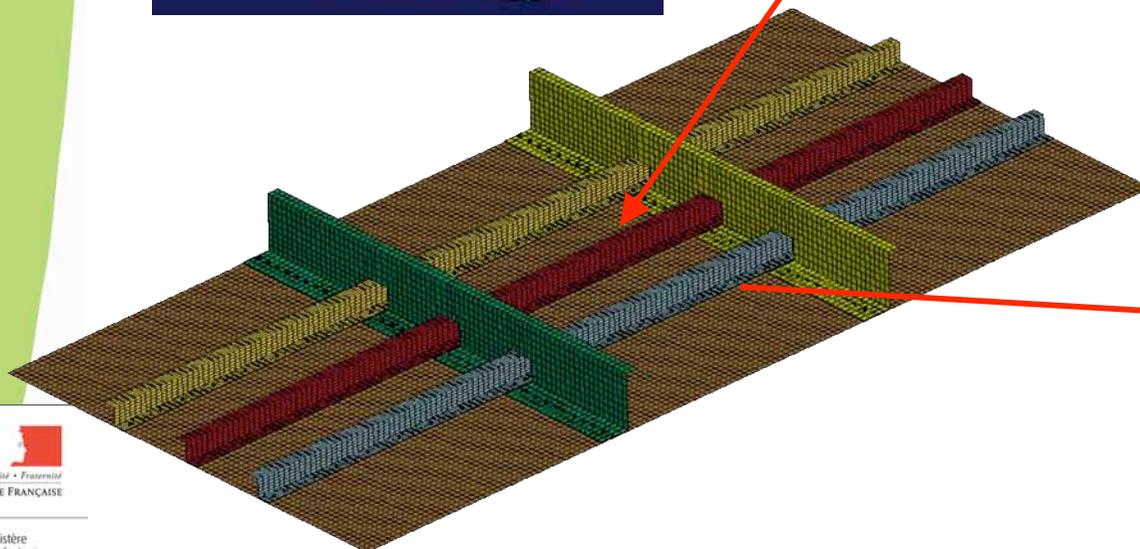
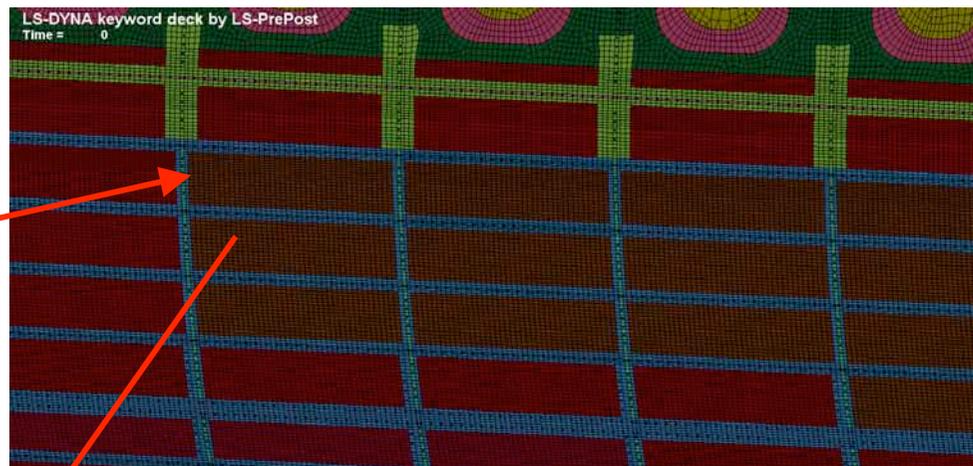
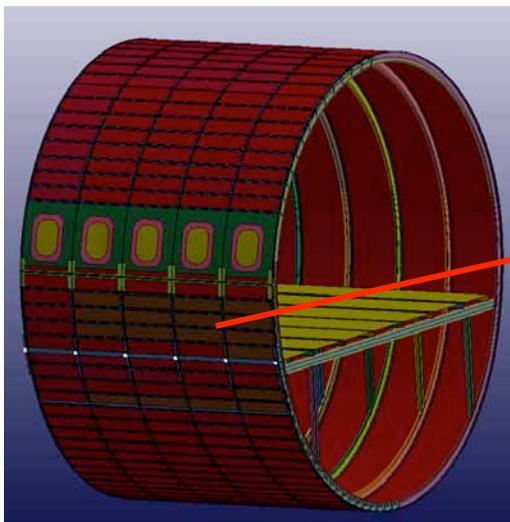
- ♣ Comment faire la recette de ce type d'étude :
  - \_ Vérification du modèle (y-a-t-il des erreurs ?)
  - \_ Validation du modèle (le modèle est-il prédictif ?)
  
- ♣ Travail de vérification :
  - \_ Basé sur une approche « pas à pas »
  - \_ Basé sur une corrélation forte entre le plan de modélisation et le plan d'expérimentation dans le fuselage
  
- ♣ Travail de validation :
  - \_ Basé sur la vérification de la capacité du modèle à prédire les dommages



# Approche « pas à pas »

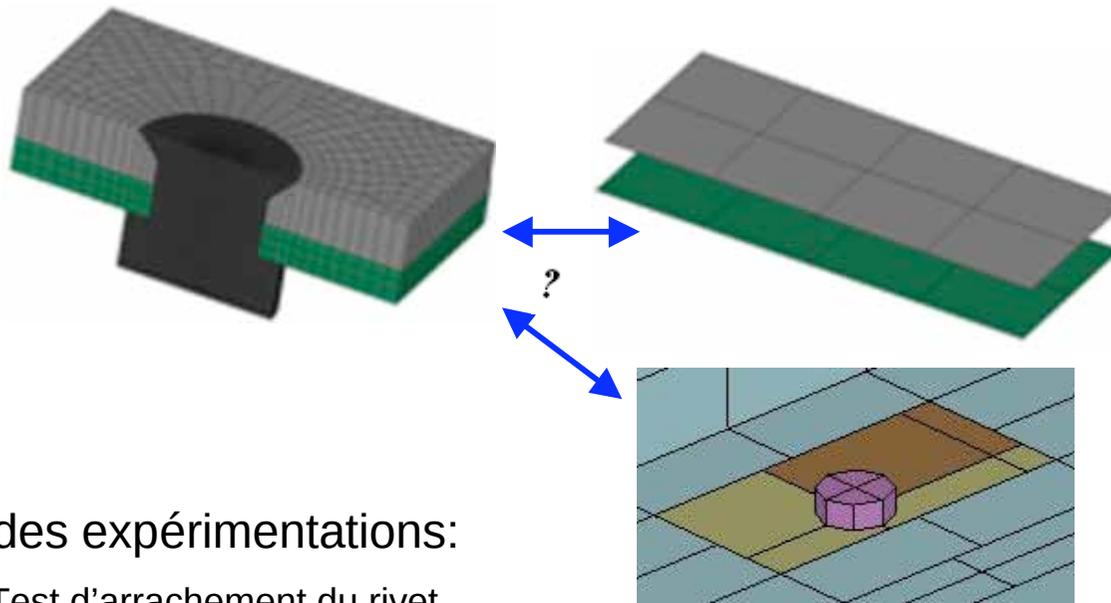


# Etape 2 : La modélisation



# Exemple : Comment modéliser un rivet ?

- ♣ Le rivet est un élément pressenti comme essentiel dans la compréhension de la vulnérabilité
- ♣ Recherche d'un modèle simple équivalent



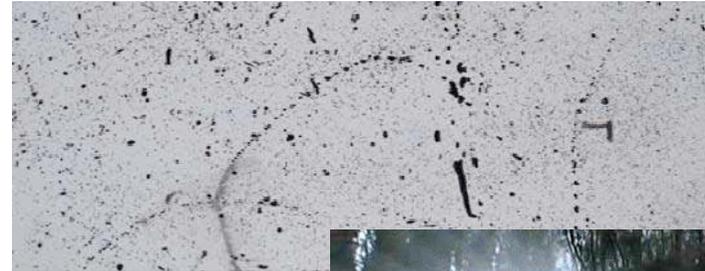
Par des expérimentations:

- \_ Test d'arrachement du rivet
- \_ Tenue d'une plaque percée (i.e. dérivetée) par rapport à une plaque normale
- \_ Tests de sollicitations des matériaux à différentes vitesses
- \_ ...

# Etape 3 : Préparation du fuselage

## ♣ Instrumentations :

- \_ Capteurs de pression
- \_ Vidéo 3D des déformations de la structure



## ♣ Pressurisation :

- \_ Recherche et rebouchage des trous (plus de 100)
- \_ Acquisition de pompes pour gonfler la cabine
- \_ Essai de pressurisation



## ♣ Sécurité :

- \_ Acquisition et installation (tuyaux passent par hublots) d'une lance à incendie télécommandée



## Etape 3 : Plan d'expérimentations

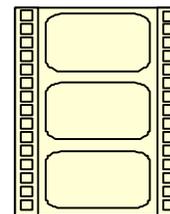
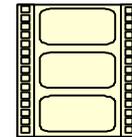
- Tirs non pressurisés, puis tirs pressurisés, puis tirs complémentaires
- Définition du tir n°x : par modification d'un et un seul paramètre d'un tir précédent :

*exemple : extrait définition des premiers tirs*

N°	Réf.	Config.	Paramètre testé			
			M	D	P	Hab.
1	1	V0,4D0				
2	1	2V0, 4D0	X			
3	2	2V0, 3D0		X		
4	1,2	3V0, 4D0	X			

## Etape 3 : Données recueillies

- ♣ Analyse des dommages (trous, rivets cassés, cadres déformés, déformation résiduelle...)
- ♣ Mesures de pression dans la cabine pendant la détonation
- ♣ Captures vidéo ultra rapide pour analyser les phénomènes
- ♣ Reconstruction 3D des déformations par vidéo corrélation



# Conclusion

---

- ♣ Projet en cours, terminé avant fin 2011
- ♣ Le STAC disposera d'un outil réutilisable et adaptable à différents scénarios d'attaque à l'explosif en cabine
- ♣ Très peu de projets similaires dans le monde





STAC

# Merci de votre attention



Jean-Bernard RAVENEL  
STAC/SE/S/DET

[jean-bernard.ravenel@aviation-civile.gouv.fr](mailto:jean-bernard.ravenel@aviation-civile.gouv.fr)  
01 49 56 82 89