

# Soudage laser d'ensembles aéronautiques

## Aluminium / Parois minces



Introduction d'une technologie innovante en  
tolerie aéronautique

Le Bourget, 20 Juin 2007

- ➔ **Introduction KEP METAL TECH et vécu aéronautique**
- ➔ La technologie de soudure laser : pourquoi – les facteurs clé
- ➔ Exemple de transfert technologique
- ➔ Premiers retours d'expérience



# Qui sommes nous ?



KEP METAL TECH est une des 2 divisions opérationnelles du Groupe KEP Technologies

Les chiffres clé du Groupe KEP Technologies

- chiffre d'affaires au 31/12/2006 : environ 35 M€ dont 60% à l'export
- CA multiplié par 10 depuis la création du groupe en 1997
- 280 collaborateurs
- une filiale au USA
- des bureaux commerciaux en Italie, UK, Allemagne, Chine .....



SETARAM est le pôle instrumentation scientifique du Groupe KEP

Basé à CALUIRE (69)

Un des leaders mondiaux dans le domaine de la calorimétrie et de l'analyse thermique



KEP METAL TECH est le pôle d'activité « sous traitance travail des métaux » du Groupe KEP

• il s'articule autour de 4 sites industriels :

- COLLOT à NANCY (54)
- GMT à SENS (89)
- SERIJE à ETAMPES (91)
- TOOL MAKERS / KMTM à CASABLANCA / MAROC

• un ensemble de 180 collaborateurs au 31/12/2006

• un CA 2006 de 16.7 M€

• une forte dominante aéronautique, qui représente les 3/4 des ventes de KEP METAL TECH

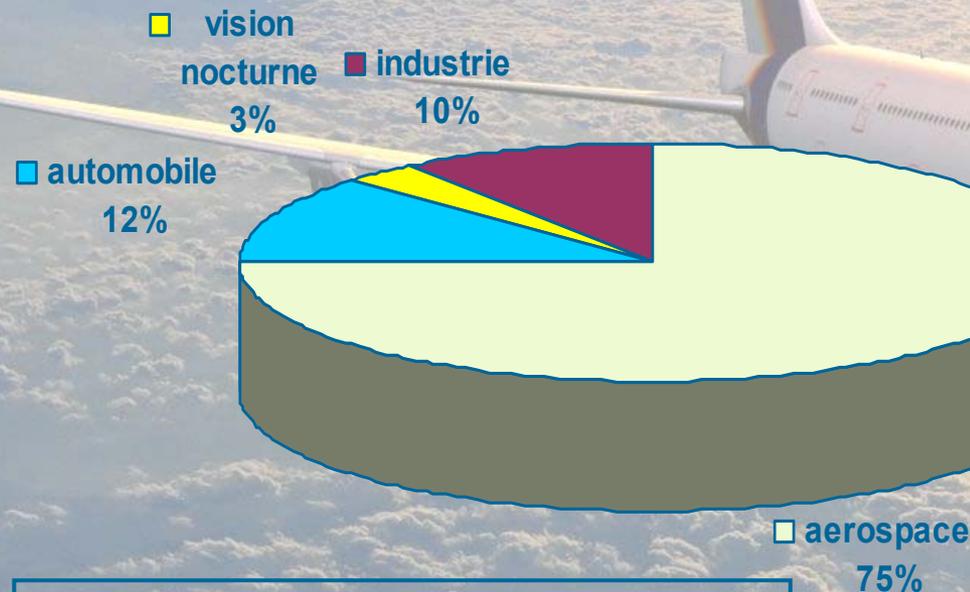
# Nos activités dans l'aéronautique

Au sein de KEP METAL TECH, l'aéronautique est très fortement présente chez

- COLLOT à NANCY ( plus de 50% )
- GMT à SENS ( plus de 90% )
- et ce depuis plus de 20 ans

dans des activités de sous traitance globales liées au travail des métaux ( développement > production série )

avec comme stratégie de conserver le lien direct et fort avec les grands donneurs d'ordre du secteur, en les accompagnant dans l'ensemble du cycle de vie de leurs produits et sur l'ensemble de leurs exigences.....



## Principaux clients aéronautiques

- THALES
- INTERTECHNIQUE
- LEACH
- SNECMA
- HISPANO SUIZA
- MESSIER
- TECHSPACE Aero Belgium
- MTU Germany
- ROLLS ROYCE Germany
- DASSAULT AVIATION
- MBDA France
- EUROCOPTER
- HONEYWELL

CA aéro 2006 : environ 12.5 M€

# Nos cœurs de métiers aéronautiques

## COLLOT TECHNOLOGIES

- Boîtiers avionique / électronique embarquée
- Aérostructures



### Sur un A320 :

- 5 boîtiers de calculateurs de gestion des paramètres de vol
- Plus de 20 boîtiers de calculateurs différents

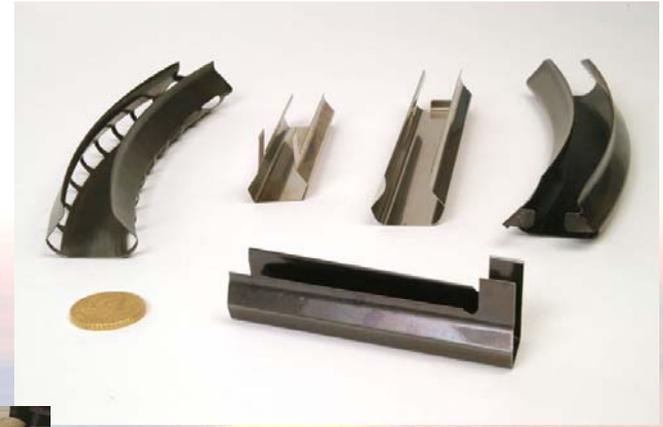
### Sur un A380 :

- 14 boîtiers de calculateurs de gestion de la puissance électrique
- Les boîtiers KCCU du poste de pilotage

# Nos cœurs de métiers aéronautiques

## GMT

- Supports environnement moteur
- Pièces d'usure et d'habillage moteur
- Matériels de servitude ( GSE )



## Sur un CFM56-7 :

- Plus de 100 références de supports et pièces d'habillage moteurs dont plusieurs kits ULC

## Sur un A380 ( GP7000 et TRENT ) :

- Supports de harnais de l'inverseur de poussée
- Plus de 50 références de supports et pièces d'habillage moteur

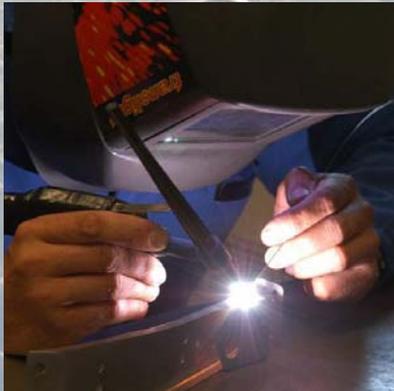
# Menu

- ✈ Introduction KEP METAL TECH et vécu aéronautique
- ✈ **La technologie de soudure laser : pourquoi – les facteurs clé**
- ✈ Exemple de transfert technologique
- ✈ Premiers retours d'expérience



## Pourquoi .. Les facteurs clé

- Les ensembles produits par KMT comprennent une part importante d'assemblage, notamment par soudure. C'est un poste clé conditionnant le coût et la qualité du produit final (>> cost driver)
- Nos clients, en particulier dans l'aéronautique, sont à la recherche permanente de :
  - Réduction drastique des coûts
  - Optimisation de la performance technique, en particulier minimisation de la masse transportée
  - Process répétables, fiabilisés et sécurisés
- Une **rupture technologique** liée à un **process innovant** comme la **soudure laser**, répond à ces différentes attentes



## Pourquoi .. Les facteurs clé / suite...

- Les avantages apportés par un **process innovant** comme la **soudure laser**
  - Conception radicalement différente des plans de joints >> Optimisation de l'amont et simplification des pièces primaires
  - Extrême concentration d'énergie du faisceau laser >> zone affectée thermique (ZAT) très réduite, faible déformation >> Suppression ou minimisation d'opérations manuelles coûteuses (ragréage, redressage, meulage, calibrage,...)
  - Rapidité d'action du laser >> vitesse de soudure pouvant aller jusqu'à plusieurs mètres / minute
  - Automatisation du process >> variabilité très fortement réduite
- Les contraintes spécifiques dans notre cas : appliquer la **SOUDURE LASER** sur des
  - **PAROIS MINCES** (entre 0.8 et 2 mm)
  - **MATERIAUX** difficiles à travailler comme les **ALUMINIUM** (série 5 & 6)
  - **PETITES SERIES** (quelques unités à quelques centaines de pièces)

# La méthodologie employée

Une approche structurée et « pas à pas » :

- Un domaine théorique à défricher en grande partie (construction du référentiel)
- procédures de qualification propres à l'aéronautique

**Création d'un « patrimoine de connaissances » pour KMT, facteur clé de la mise en œuvre et de la diffusion de cette technologie**

## Les différentes étapes du projet

- **1<sup>er</sup> trimestre 2005** : étude comparative des performances des sources Nd YAG et CO2 appliquées aux alliages légers
  - lourd plan d'essais et de caractérisations mécaniques
  - support de 2 centres d'expertise réputés et géographiquement proches : l'Institut de Soudure à Yutz et l'IREPA Laser à Strasbourg
- étude des différents types de liaisons possibles (transparence, clin, tenon mortaise,...) : détermination des configurations de soudure optimales, caractérisation des défauts admissibles, critères de tenue mécanique.... : **début 2005 / début 2006**
- campagne d'essai pour optimiser la santé interne des cordons (réduction des porosités) et valider les règles de conception : **1<sup>er</sup> trimestre 2006**

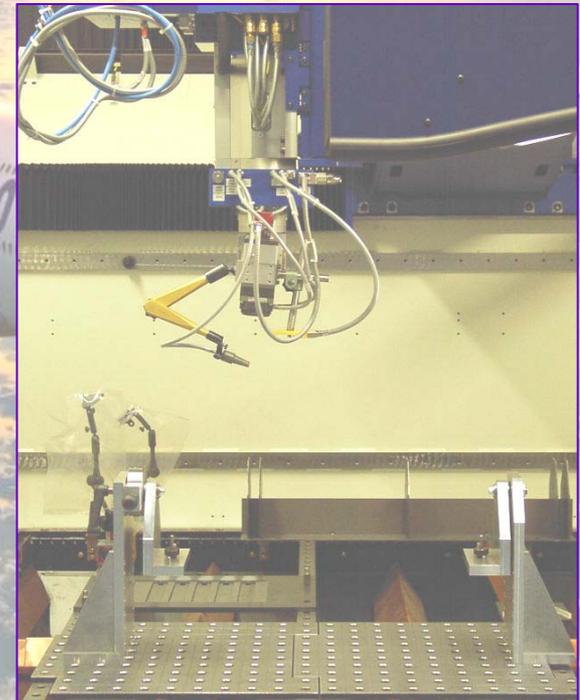
## La méthodologie employée : suite.....

### Les différentes étapes du projet : suite....

- phase de qualification produit / process basée sur la reconception et la requalification en technologie soudure laser d'un boîtier de calculateur A320 : **mi 2005 / début 2006**
  - plan d'expérience spécifique
  - plan de qualification et supports documentaires
  - essais de qualification du procédé et rapport d'essais
  - étude AMDEC
  - lot de qualification « taille industrielle » **mars 2006**
- suite à validation FEE, phase de maturité industrielle : montée en puissance sur l'application choisie : **2<sup>ème</sup> semestre 2006** : à ce jour, plus de 1600 boîtiers soudés laser livrés
- phase de diffusion de la technologie sur d'autres produits depuis début 2007, en capitalisant sur l'expérience accumulée sur des structures peu sollicitées pour aller vers des structures plus complexes

# Notre investissement

- Machine de soudage laser TRUMPF TLC 1005
  - machine de soudage laser 5 axes + axe rotatif
  - volume de travail X\*Y\*Z = 2000\*1500\*500
  - équipé pour apport de métal
  - table de travail pré équipée pour bridage rapide des outillages
- Source laser continue Nd:YAG HL 3006D 3 KW (dosage précis de la quantité d'énergie >> plus approprié en tôles fines)

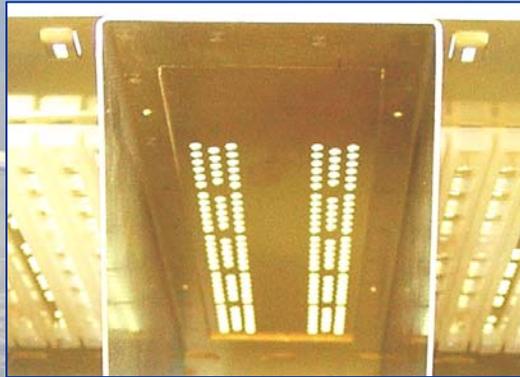


- ➔ Introduction KEP METAL TECH et vécu aéronautique
- ➔ La technologie de soudure laser : pourquoi – les facteurs clé
- ➔ **Exemple de transfert technologique**
- ➔ Premiers retours d'expérience

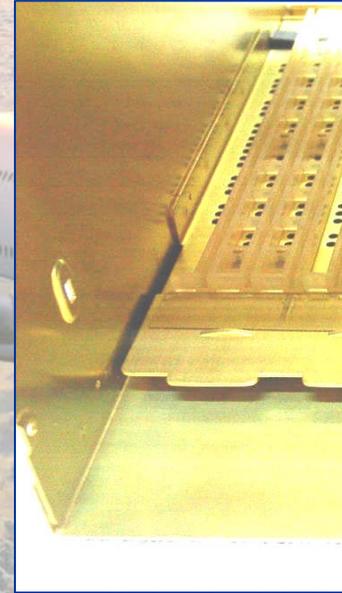


# Soudage Laser de pièces de tôlerie

- Soudage d'un boîtier pour électronique embarqué
  - Pièces en alliage d'aluminium 5XXX
  - Pièces actuellement soudées par points.
- Différents types de joints présents :

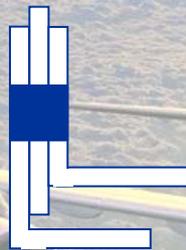
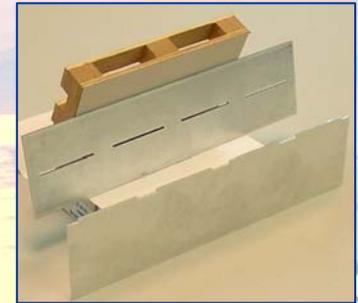
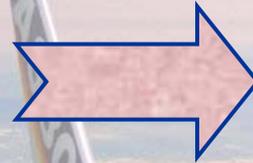
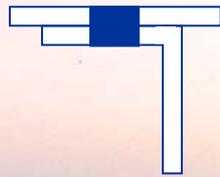


24 Points de Soudure Electrique  
(PSE)



7 PSE sur double épaisseur  
5 PSE sur triple épaisseur

# Modification des joints de soudure



**Transparence**

**T/Tenons-mortaises**

## OBJECTIFS :

- Assurer une tenue mécanique au moins équivalente au boîtier soudé par points.
- Diminuer les coûts de production

# Problématique

- Maîtriser la profondeur de pénétration □ Maintien d'un régime **limite débouchant** :
  - Assurer une hauteur soudée constante.
  - Eviter les éjections à la racine.
- **Limiter le taux de porosités** en dépit du caractère non débouchant du capillaire.
- Assurer **l'esthétique des cordons** en supprimant tout défaut d'aspect (éjections, surépaisseurs excessives, etc.)
- Garantir le caractère industriel et la **robustesse** du procédé :
  - Jeux à prendre en compte dans les mortaises
  - Assurer la répétabilité du procédé en fonction des tolérances de pièces.

# Qualification du procédé de soudage laser

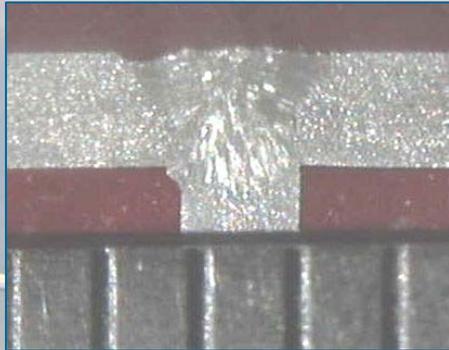
## Phase de qualification basée sur NF L 06-395 et NF EN ISO 13919-2

- Mise en place d'un plan d'expérience : Essais chez TRUMPF (Schramberg) et en interne COLLOT TECHNOLOGIES.
- Contrôle qualité des cordons :
  - Analyses macrographiques.
  - Radiographies X.

# Résultats d'analyses

- Analyses macrographiques :

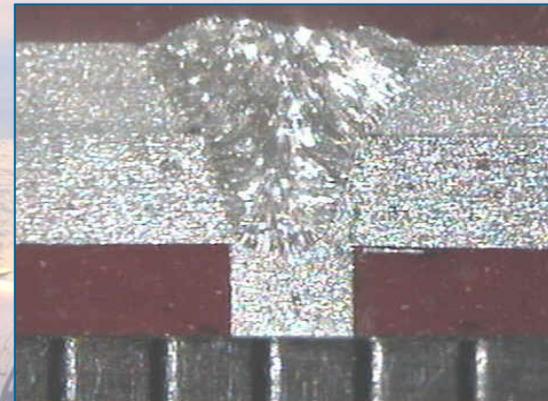
Tenons "simples" :



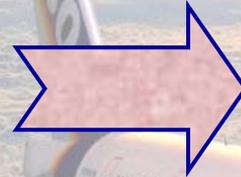
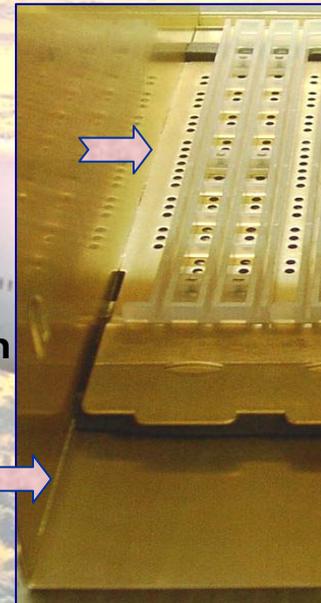
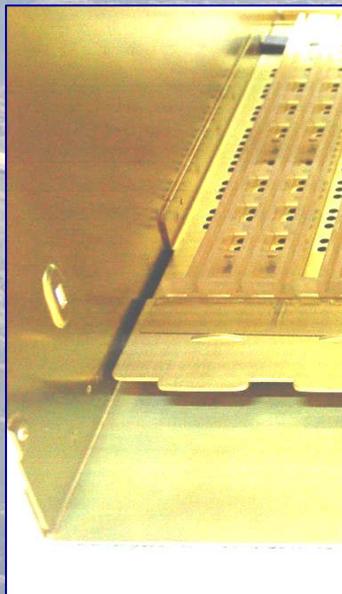
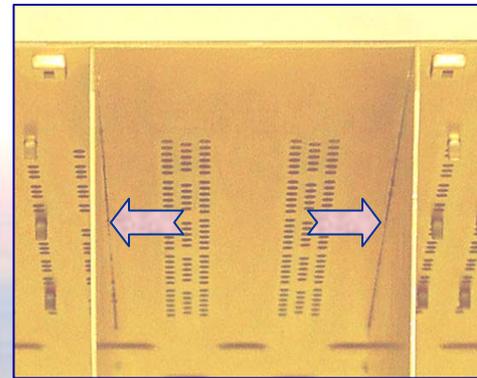
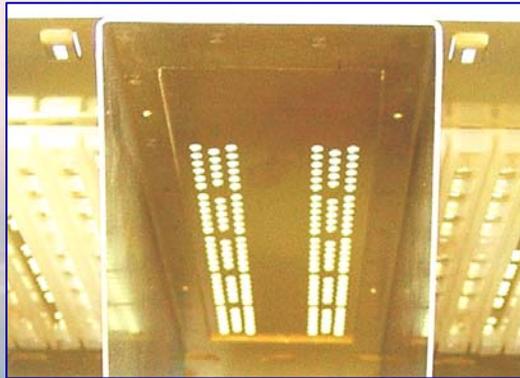
**Absence de fissures**  
**Taux de porosités**  
**rédhibitoires nul**



Tenons "doubles" :



# Fabrication de pièces



**Gain de masse**  
**Gain d'opérations**  
**Gain de temps de fabrication**  
**Gain de coût**

**Soudure SE classique**

**T/Tenons-mortaises**

## Retour d'expérience – les points clé

- confirmation des avantages intrinsèques de la soudure laser (concentration du faisceau, rapidité,..)
- confirmation de l'excellente répétabilité du process

Mais pour atteindre ces performances.....

- obligation absolue de maîtriser la fabrication des pièces primaires (surtout en tôlerie), les tolérances des pièces primaires et des accostages, la préparation des plans de joints
- obligation de mettre en œuvre des outillages de soudure garantissant le positionnement des pièces primaires

Pour obtenir le meilleur résultat, c'est l'ensemble de la chaîne de valeur qu'il faut maîtriser