



Studio di un sistema robotizzato per la messa in posa di un materiale isolante

Ambrosiana Piras

Università degli Studi di Cagliari

Tesi di Laurea Specialistica in Ingegneria Elettronica

Relatore: Prof. Alessandro Giua

17 Dicembre 2008

- **Stage** presso l'azienda aeronautica AIRBUS (FRANCIA)
- **Oggetto della tesi**: studio della **fattibilità** operativa e economica di un sistema robotizzato che esegua la messa in posa di un materiale isolante: il mastice

- L'azienda e i prodotti in commercio
 - L'attività a Nantes
 - Analisi dell'operazione di messa in posa del mastice
 - Studio di un sistema robotizzato, qualità e costi
 - Riorganizzazione dell'atelier
 - Conclusioni

- L'azienda e i prodotti in commercio
- L'attività a Nantes
 - Analisi dell'operazione di messa in posa del mastice
 - Studio di un sistema robotizzato, qualità e costi
 - Riorganizzazione dell'atelier
 - Conclusioni

- L'azienda e i prodotti in commercio
- L'attività a Nantes
- Analisi dell'operazione di messa in posa del mastice
 - Studio di un sistema robotizzato, qualità e costi
 - Riorganizzazione dell'atelier
 - Conclusioni

- L'azienda e i prodotti in commercio
- L'attività a Nantes
- Analisi dell'operazione di messa in posa del mastice
- Studio di un sistema robotizzato, qualità e costi
- Riorganizzazione dell'atelier
- Conclusioni

- L'azienda e i prodotti in commercio
- L'attività a Nantes
- Analisi dell'operazione di messa in posa del mastice
- Studio di un sistema robotizzato, qualità e costi
- Riorganizzazione dell'atelier
- Conclusioni

- L'azienda e i prodotti in commercio
- L'attività a Nantes
- Analisi dell'operazione di messa in posa del mastice
- Studio di un sistema robotizzato, qualità e costi
- Riorganizzazione dell'atelier
- Conclusioni

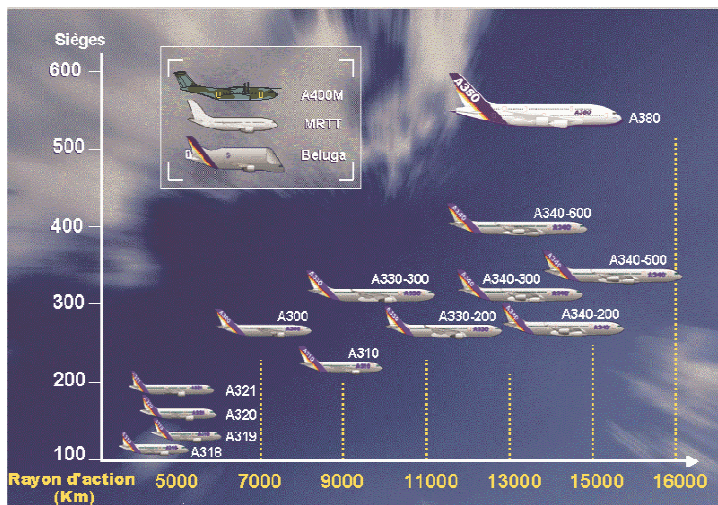
- **L'azienda e i prodotti in commercio**
- L'attività a Nantes
- Analisi dell'operazione di messa in posa del mastice
- Studio di un sistema robotizzato, qualità e costi
- Riorganizzazione dell'atelier
- Conclusioni

Storia e sviluppo di Airbus

- Nasce nel 1970 e rappresenta un colosso mondiale dell'industria aeronautica

- Si insedia in 4 grandi paesi:
 - La Francia
 - La Germania
 - La Spagna
 - L'Inghilterra

La famiglia Airbus



Elementi chiave

- **Qualità**
- **Innovazione**
- **Standardizzazione**

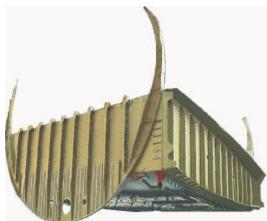
L'A320

- Piccoli aerei di linea
- 100-185 posti
- 7000 km
- Il più ricercato nel mercato

- L'azienda e i prodotti in commercio
- **L'attività a Nantes**
- Analisi dell'operazione di messa in posa del mastice
- Studio di un sistema robotizzato, qualità e costi
- Riorganizzazione dell'atelier
- Conclusioni

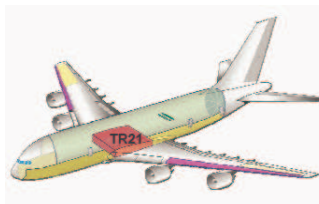
Organizzazione del sito

- Ci sono sei dipartimenti complementari e interdipendenti volti a massimizzare l'efficienza del prodotto finale
- L'attività principale è orientata alla creazione e assemblaggio del serbatoio del velivolo **le tronçon21**

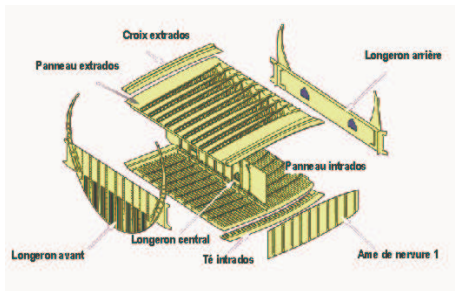


Organizzazione del sito

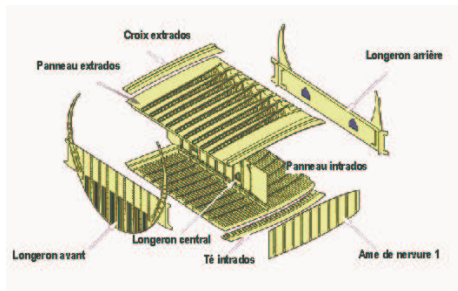
- Ci sono sei dipartimenti complementari e interdipendenti volti a massimizzare l'efficienza del prodotto finale
- L'attività principale è orientata alla creazione e assemblaggio del serbatoio del velivolo **le tronçon21**



I componenti del serbatoio



I componenti del serbatoio



- L'azienda e i prodotti in commercio
- L'attività a Nantes
- **Analisi dell'operazione di messa in posa del mastice**
- Studio di un sistema robotizzato, qualità e costi
- Riorganizzazione dell'atelier
- Conclusioni

Importanza dell'operazione di messa in posa

- **Isolare** elettricamente
- **Proteggere** dalla corrosione
- Evitare l'effetto **fretting** originato dal contatto delle parti metalliche animate da micrometrici movimenti dovuti alle vibrazioni
- Evitare le **fughe di carburante**

Il deposito del mastice

- **Diversi tipi di mastice** a seconda che si debbano fare dei cordoni o ricoprire delle viti
- **Preparare il pezzo** affinché ci sia un'aderenza massima del mastice (lavaggio, applicazione di un promotore d'aderenza)
- **Preparare il mastice** secondo la procedura
- **Applicare il mastice**: omogeneità regolare, perfettamente aderente, senza bolle o filamenti

Gli strumenti da lavoro

- Il mastice di **classe A** per ricoprire viti e bulloni



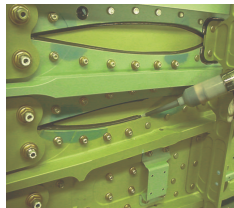
- Il mastice di **classe B** per i cordoni

Gli strumenti da lavoro

- Il mastice di **classe A** per ricoprire viti e bulloni



- Il mastice di **classe B** per i cordoni



- L'azienda e i prodotti in commercio
- L'attività a Nantes
- Analisi dell'operazione di messa in posa del mastice
- **Studio di un sistema robotizzato, qualità e costi**
- Riorganizzazione dell'atelier
- Conclusioni

Caratteristiche del robot



- Studio dei gradi di libertà del robot
- Studio della percentuale di lavoro robotizzabile

Costi del Robot

- Costi ricorrenti $RC = L_r + L_u + Ma + M$
- Costi non ricorrenti $NRC = Robot + Cabina$

Costi del Robot

		H1 : Tous les sous ensembles	H2 : Panneaux	H3 : Panneaux SA, LG av SA & LR, Nervures LR
SA	Panneau intrados	1	1	1
	Panneau extradados	1	1	1
	Nervures	1		1
	Longeron avant	1		
	Longeron arrière	1		
LR	Panneau intrados	1	1	1
	Panneau extradados	1	1	1
	Nervures	1		1
	Longeron central	1		
	Longeron avant	1		1
	Longeron arrière	1		
Nombre de cabine LR ou SA choisi		2	1	1
Nombre de cabine SA choisi				1
Robot en fonctionnement		50%	74%	44%
RC solution actuelle	TP opérateur	92.502 €/mois	92.502 €/mois	92.502 €/mois
	Mastic	15.919 €/mois	15.919 €/mois	15.919 €/mois
RC solution proposée	TP opérateur sur robot	18.240 €/mois	9.120 €/mois	18.240 €/mois
	Maintenance	2.313 €/mois	1.157 €/mois	2.313 €/mois
	Opérations manuelles restantes sur les ss ens robotisés	53.669 €/mois	39.478 €/mois	43.580 €/mois
	Mastic	3.343 €/mois	5.819 €/mois	4.630 €/mois
	Ss ens non robotisés	0 €/mois	23.167 €/mois	13.753 €/mois
Gains RC		30.856 €/mois	29.680 €/mois	25.906 €/mois
NRC		1.200.000 €	700.000 €	1.100.000 €
Amortissement		39 mois	24 mois	42 mois

Costi del Robot

		H1 : Tous les sous ensembles	H2 : Panneaux	H3 : Panneaux SA, LG av SA & LR, Nervures LR
SA	Panneau intrados	1	1	1
	Panneau extradados	1	1	1
	Nervures	1		1
	Longeron avant	1		
	Longeron arrière	1		
LR	Panneau intrados	1	1	1
	Panneau extradados	1	1	1
	Nervures	1		1
	Longeron central	1		
	Longeron avant	1		1
	Longeron arrière	1		
Nombre de cabine LR ou SA choisi		2	1	1
Nombre de cabine SA choisi				1
Robot en fonctionnement		50%	74%	44%
RC solution actuelle	TP opérateur	92.502 €/mois	92.502 €/mois	92.502 €/mois
	Mastic	15.919 €/mois	15.919 €/mois	15.919 €/mois
RC solution proposée	TP opérateur sur robot	18.240 €/mois	9.120 €/mois	18.240 €/mois
	Maintenance	2.313 €/mois	1.157 €/mois	2.313 €/mois
	Opérations manuelles restantes sur les ss ens robotisés	53.669 €/mois	39.478 €/mois	43.580 €/mois
	Mastic	3.343 €/mois	5.819 €/mois	4.630 €/mois
	Ss ens non robotisés	0 €/mois	23.167 €/mois	13.753 €/mois
Gains RC		30.856 €/mois	29.680 €/mois	25.906 €/mois
NRC		1.200.000 €	700.000 €	1.100.000 €
Amortissement		39 mois	24 mois	42 mois

Costi del Robot

		H1 : Tous les sous ensembles	H2 : Panneaux	H3 : Panneaux SA, LG av SA & LR, Nervures LR
SA	Panneau intrados	1	1	1
	Panneau extradados	1	1	1
	Nervures	1		1
	Longeron avant	1		
	Longeron arrière	1		
LR	Panneau intrados	1	1	1
	Panneau extradados	1	1	1
	Nervures	1		1
	Longeron central	1		
	Longeron avant	1		1
	Longeron arrière	1		
Nombre de cabine LR ou SA choisi		2	1	1
Nombre de cabine SA choisi				1
Robot en fonctionnement		50%	74%	44%
RC solution actuelle	TP opérateur	92.502 €/mois	92.502 €/mois	92.502 €/mois
	Mastic	15.919 €/mois	15.919 €/mois	15.919 €/mois
RC solution proposée	TP opérateur sur robot	18.240 €/mois	9.120 €/mois	18.240 €/mois
	Maintenance	2.313 €/mois	1.157 €/mois	2.313 €/mois
	Opérations manuelles restantes sur les ss ens robotisés	53.669 €/mois	39.478 €/mois	43.580 €/mois
	Mastic	3.343 €/mois	5.819 €/mois	4.630 €/mois
	Ss ens non robotisés	0 €/mois	23.167 €/mois	13.753 €/mois
Gains RC		30.856 €/mois	29.680 €/mois	25.906 €/mois
NRC		1.200.000 €	700.000 €	1.100.000 €
Amortissement		39 mois	24 mois	42 mois

Costi del Robot

		H1 : Tous les sous ensembles	H2 : Panneaux	H3 : Panneaux SA, LG av SA & LR, Nervures LR
SA	Panneau intrados	1	1	1
	Panneau extradados	1	1	1
	Nervures	1		1
	Longeron avant	1		
	Longeron arrière	1		
LR	Panneau intrados	1	1	1
	Panneau extradados	1	1	1
	Nervures	1		1
	Longeron central	1		
	Longeron avant	1		1
	Longeron arrière	1		
Nombre de cabine LR ou SA choisi		2	1	1
Nombre de cabine SA choisi				1
Robot en fonctionnement		50%	74%	44%
RC solution actuelle	TP opérateur	92.502 €/mois	92.502 €/mois	92.502 €/mois
	Mastic	15.919 €/mois	15.919 €/mois	15.919 €/mois
RC solution proposée	TP opérateur sur robot	18.240 €/mois	9.120 €/mois	18.240 €/mois
	Maintenance	2.313 €/mois	1.157 €/mois	2.313 €/mois
	Opérations manuelles restantes sur les ss ens robotisés	53.669 €/mois	39.478 €/mois	43.580 €/mois
	Mastic	3.343 €/mois	5.819 €/mois	4.630 €/mois
	Ss ens non robotisés	0 €/mois	23.167 €/mois	13.753 €/mois
Gains RC		30.856 €/mois	29.680 €/mois	25.906 €/mois
NRC		1.200.000 €	700.000 €	1.100.000 €
Amortissement		39 mois	24 mois	42 mois

Costi del Robot

		H1 : Tous les sous ensembles	H2 : Panneaux	H3 : Panneaux SA, LG av SA & LR, Nervures LR
SA	Panneau intrados	1	1	1
	Panneau extradados	1	1	1
	Nervures	1		1
	Longeron avant	1		
	Longeron arrière	1		
LR	Panneau intrados	1	1	1
	Panneau extradados	1	1	1
	Nervures	1		1
	Longeron central	1		
	Longeron avant	1		1
	Longeron arrière	1		
Nombre de cabine LR ou SA choisi		2	1	1
Nombre de cabine SA choisi				1
Robot en fonctionnement		50%	74%	44%
RC solution actuelle	TP opérateur	92.502 €/mois	92.502 €/mois	92.502 €/mois
	Mastic	15.919 €/mois	15.919 €/mois	15.919 €/mois
RC solution proposée	TP opérateur sur robot	18.240 €/mois	9.120 €/mois	18.240 €/mois
	Maintenance	2.313 €/mois	1.157 €/mois	2.313 €/mois
	Opérations manuelles restantes sur les ss ens robotisés	53.669 €/mois	39.478 €/mois	43.580 €/mois
	Mastic	3.343 €/mois	5.819 €/mois	4.630 €/mois
	Ss ens non robotisés	0 €/mois	23.167 €/mois	13.753 €/mois
Gains RC		30.856 €/mois	29.680 €/mois	25.906 €/mois
NRC		1.200.000 €	700.000 €	1.100.000 €
Amortissement		39 mois	24 mois	42 mois

Costi del Robot

		H1 : Tous les sous ensembles	H2 : Panneaux	H3 : Panneaux SA, LG av SA & LR, Nervures LR
SA	Panneau intrados	1	1	1
	Panneau extradados	1	1	1
	Nervures	1		1
	Longeron avant	1		
	Longeron arrière	1		
LR	Panneau intrados	1	1	1
	Panneau extradados	1	1	1
	Nervures	1		1
	Longeron central	1		
	Longeron avant	1		1
	Longeron arrière	1		
Nombre de cabine LR ou SA choisi		2	1	1
Nombre de cabine SA choisi				1
Robot en fonctionnement		50%	74%	44%
RC solution actuelle	TP opérateur	92.502 €/mois	92.502 €/mois	92.502 €/mois
	Mastic	15.919 €/mois	15.919 €/mois	15.919 €/mois
RC solution proposée	TP opérateur sur robot	18.240 €/mois	9.120 €/mois	18.240 €/mois
	Maintenance	2.313 €/mois	1.157 €/mois	2.313 €/mois
	Opérations manuelles restantes sur les ss ens robotisés	53.669 €/mois	39.478 €/mois	43.580 €/mois
	Mastic	3.343 €/mois	5.819 €/mois	4.630 €/mois
	Ss ens non robotisés	0 €/mois	23.167 €/mois	13.753 €/mois
Gains RC		30.856 €/mois	29.680 €/mois	25.906 €/mois
NRC		1.200.000 €	700.000 €	1.100.000 €
Amortissement		39 mois	24 mois	42 mois

Costi del Robot

		H1 : Tous les sous ensembles	H2 : Panneaux	H3 : Panneaux SA, LG av SA & LR, Nervures LR
SA	Panneau intrados	1	1	1
	Panneau extradados	1	1	1
	Nervures	1		1
	Longeron avant	1		
	Longeron arrière	1		
LR	Panneau intrados	1	1	1
	Panneau extradados	1	1	1
	Nervures	1		1
	Longeron central	1		
	Longeron avant	1		1
	Longeron arrière	1		
Nombre de cabine LR ou SA choisi		2	1	1
Nombre de cabine SA choisi				1
Robot en fonctionnement		50%	74%	44%
RC solution actuelle	TP operateur	92.502 €/mois	92.502 €/mois	92.502 €/mois
	Mastic	15.919 €/mois	15.919 €/mois	15.919 €/mois
RC solution proposée	TP operateur sur robot	18.240 €/mois	9.120 €/mois	18.240 €/mois
	Maintenance	2.313 €/mois	1.157 €/mois	2.313 €/mois
	Opérations manuelles restantes sur les ss ens robotisés	53.669 €/mois	39.478 €/mois	43.580 €/mois
	Mastic	3.343 €/mois	5.819 €/mois	4.630 €/mois
	Ss ens non robotisés	0 €/mois	23.167 €/mois	13.753 €/mois
Gains RC		30.856 €/mois	29.680 €/mois	25.906 €/mois
NRC		1.200.000 €	700.000 €	1.100.000 €
Amortissement		39 mois	24 mois	42 mois

Costi del Robot

		H1 : Tous les sous ensembles	H2 : Panneaux	H3 : Panneaux SA, LG av SA & LR, Nervures LR
SA	Panneau intrados	1	1	1
	Panneau extradados	1	1	1
	Nervures	1		1
	Longeron avant	1		
	Longeron arrière	1		
LR	Panneau intrados	1	1	1
	Panneau extradados	1	1	1
	Nervures	1		1
	Longeron central	1		
	Longeron avant	1		1
	Longeron arrière	1		
Nombre de cabine LR ou SA choisi		2	1	1
Nombre de cabine SA choisi				1
Robot en fonctionnement		50%	74%	44%
RC solution actuelle	TP opérateur	92.502 €/mois	92.502 €/mois	92.502 €/mois
	Mastic	15.919 €/mois	15.919 €/mois	15.919 €/mois
RC solution proposée	TP opérateur sur robot	18.240 €/mois	9.120 €/mois	18.240 €/mois
	Maintenance	2.313 €/mois	1.157 €/mois	2.313 €/mois
	Opérations manuelles restantes sur les ss ens robotisés	53.669 €/mois	39.478 €/mois	43.580 €/mois
	Mastic	3.343 €/mois	5.819 €/mois	4.630 €/mois
	Ss ens non robotisés	0 €/mois	23.167 €/mois	13.753 €/mois
Gains RC		30.856 €/mois	29.680 €/mois	25.906 €/mois
NRC		1.200.000 €	700.000 €	1.100.000 €
Amortissement		39 mois	24 mois	42 mois

Costi del Robot

		H1 : Tous les sous ensembles	H2 : Panneaux	H3 : Panneaux SA, LG av SA & LR, Nervures LR
SA	Panneau intrados	1	1	1
	Panneau extradados	1	1	1
	Nervures	1		1
	Longeron avant	1		
	Longeron arrière	1		
LR	Panneau intrados	1	1	1
	Panneau extradados	1	1	1
	Nervures	1		1
	Longeron central	1		
	Longeron avant	1		1
	Longeron arrière	1		
Nombre de cabine LR ou SA choisi		2	1	1
Nombre de cabine SA choisi				1
Robot en fonctionnement		50%	74%	44%
RC solution actuelle	TP opérateur	92.502 €/mois	92.502 €/mois	92.502 €/mois
	Mastic	15.919 €/mois	15.919 €/mois	15.919 €/mois
RC solution proposée	TP opérateur sur robot	18.240 €/mois	9.120 €/mois	18.240 €/mois
	Maintenance	2.313 €/mois	1.157 €/mois	2.313 €/mois
	Opérations manuelles restantes sur les ss ens robotisés	53.669 €/mois	39.478 €/mois	43.580 €/mois
	Mastic	3.343 €/mois	5.819 €/mois	4.630 €/mois
	Ss ens non robotisés	0 €/mois	23.167 €/mois	13.753 €/mois
Gains RC		30.856 €/mois	29.680 €/mois	25.906 €/mois
NRC		1.200.000 €	700.000 €	1.100.000 €
Amortissement		39 mois	24 mois	42 mois

Costi del Robot

		H1 : Tous les sous ensembles	H2 : Panneaux	H3 : Panneaux SA, LG av SA & LR, Nervures LR
SA	Panneau intrados	1	1	1
	Panneau extradados	1	1	1
	Nervures	1		1
	Longeron avant	1		
	Longeron arrière	1		
LR	Panneau intrados	1	1	1
	Panneau extradados	1	1	1
	Nervures	1		1
	Longeron central	1		
	Longeron avant	1		1
	Longeron arrière	1		
Nombre de cabine LR ou SA choisi		2	1	1
Nombre de cabine SA choisi				1
Robot en fonctionnement		50%	74%	44%
RC solution actuelle	TP opérateur	92.502 €/mois	92.502 €/mois	92.502 €/mois
	Mastic	15.919 €/mois	15.919 €/mois	15.919 €/mois
RC solution proposée	TP opérateur sur robot	18.240 €/mois	9.120 €/mois	18.240 €/mois
	Maintenance	2.313 €/mois	1.157 €/mois	2.313 €/mois
	Opérations manuelles restantes sur les ss ens robotisés	53.669 €/mois	39.478 €/mois	43.580 €/mois
	Mastic	3.343 €/mois	5.819 €/mois	4.630 €/mois
	Se. ens non robotisés	0 €/mois	23.167 €/mois	13.753 €/mois
Gains RC		30.856 €/mois	29.680 €/mois	25.906 €/mois
NRC		1.200.000 €	700.000 €	1.100.000 €
Amortissement		39 mois	24 mois	42 mois

Costi del Robot

		H1 : Tous les sous ensembles	H2 : Panneaux	H3 : Panneaux SA, LG av SA & LR, Nervures LR
SA	Panneau intrados	1	1	1
	Panneau extrados	1	1	1
	Nervures	1		1
	Longeron avant	1		
	Longeron arrière	1		
LR	Panneau intrados	1	1	1
	Panneau extrados	1	1	1
	Nervures	1		1
	Longeron central	1		
	Longeron avant	1		1
	Longeron arrière	1		
Nombre de cabine LR ou SA choisi		2	1	1
Nombre de cabine SA choisi				1
Robot en fonctionnement		50%	74%	44%
RC solution actuelle	TP opérateur	92.502 €/mois	92.502 €/mois	92.502 €/mois
	Mastic	15.919 €/mois	15.919 €/mois	15.919 €/mois
RC solution proposée	TP opérateur sur robot	18.240 €/mois	9.120 €/mois	18.240 €/mois
	Maintenance	2.313 €/mois	1.157 €/mois	2.313 €/mois
	Opérations manuelles restantes sur les ss ens robotisés	53.669 €/mois	39.478 €/mois	43.580 €/mois
	Mastic	3.343 €/mois	5.819 €/mois	4.630 €/mois
	Ss ens non robotisés	0 €/mois	23.167 €/mois	13.753 €/mois
Gains RC		30.856 €/mois	29.680 €/mois	25.906 €/mois
NRG		1.200.000 €	700.000 €	1.100.000 €
Amortissement		39 mois	24 mois	42 mois

Costi del Robot

		H1 : Tous les sous ensembles	H2 : Panneaux	H3 : Panneaux SA, LG av SA & LR, Nervures LR
SA	Panneau intrados	1	1	1
	Panneau extrados	1	1	1
	Nervures	1		1
	Longeron avant	1		
	Longeron arrière	1		
LR	Panneau intrados	1	1	1
	Panneau extrados	1	1	1
	Nervures	1		1
	Longeron central	1		
	Longeron avant	1		1
	Longeron arrière	1		
Nombre de cabine LR ou SA choisi		2	1	1
Nombre de cabine SA choisi				1
Robot en fonctionnement		50%	74%	44%
RC solution actuelle	TP opérateur	92.502 €/mois	92.502 €/mois	92.502 €/mois
	Mastic	15.919 €/mois	15.919 €/mois	15.919 €/mois
RC solution proposée	TP opérateur sur robot	18.240 €/mois	9.120 €/mois	18.240 €/mois
	Maintenance	2.313 €/mois	1.157 €/mois	2.313 €/mois
	Opérations manuelles restantes sur les ss ens robotisés	53.669 €/mois	39.478 €/mois	43.580 €/mois
	Mastic	3.343 €/mois	5.819 €/mois	4.630 €/mois
	Ss ens non robotisés	0 €/mois	23.167 €/mois	13.753 €/mois
Gains RC		30.856 €/mois	29.680 €/mois	25.906 €/mois
NRC		1.200.000 €	700.000 €	1.100.000 €
Amortissement		39 mois	24 mois	42 mois

- L'azienda e i prodotti in commercio
- L'attività a Nantes
- Studio di un sistema robotizzato, qualità e costi.
- Analisi dell'operazione di messa in posa del mastice
- **Riorganizzazione dell'atelier**
- Conclusioni

Il nuovo layout dell'atelier

- **Implementazione** di un nuovo processo di messa in posa
- Studio del processo: **simulazione** con extend
- **Ottimizzazione** del flusso produttivo

- L'azienda e i prodotti in commercio
- L'attività a Nantes
- Studio di un sistema robotizzato, qualità e costi.
- Analisi dell'operazione di messa in posa del mastice
- Riorganizzazione dell'atelier
- **Conclusioni**

Contributi della tesi

- **Organizzazione** di un progetto in un contesto industriale importante
- **Miglioramento** continuo, programmato
- **Implementazione** base di dati
- **Identificazione** di un processo snello

Grazie per l'attenzione