

PROCÉDÉS INNOVANTS ET OPTIMISATION EN DÉCOUPE, EMBOUTISSAGE ET PROFILAGEDANS LE SECTEUR DES TRANSPORTS

Webinar animé par André Maillard et Gilbert Daolio du Carnot Cetim



A PROPOS DE L'ACTION FILIÈRE CARNAUTO



Les instituts Carnot : la recherche pour les entreprises



O Les instituts Carnot

- Des structures de recherche publiques qui prennent des engagements forts pour développer la recherche partenariale au bénéfice de l'innovation des entreprises de la PME au grand groupe et des acteurs socio-économiques.
- Un label d'excellence décerné par l'ANR à 29 instituts Carnot, ainsi que 9 instituts tremplins (en période probatoire).
 http://www.instituts-carnot.eu/fr



O L'action Filière Carnauto

9 instituts Carnot impliqués dans la filière automobile et mobilité.

Objectif: renforcer la compétitivité et l'attractivité des ETI, PME et TPE en facilitant l'accès à l'innovation.





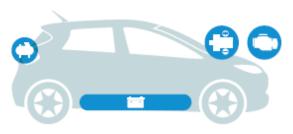
L'action filière Carnauto 3 défis d'avenir pour la filière automobile et mobilité





- Thermique et hybride,
- Électrique et systèmes de stockage associés
- Pile à combustible et systèmes de stockage associés





MATÉRIAUX ET ARCHITECTURES

- Allègement
- Fonctionnalisation intelligente
- Sécurité







- · Aide à la conduite
- Gestion de la mobilité
- Architecture logicielle et système



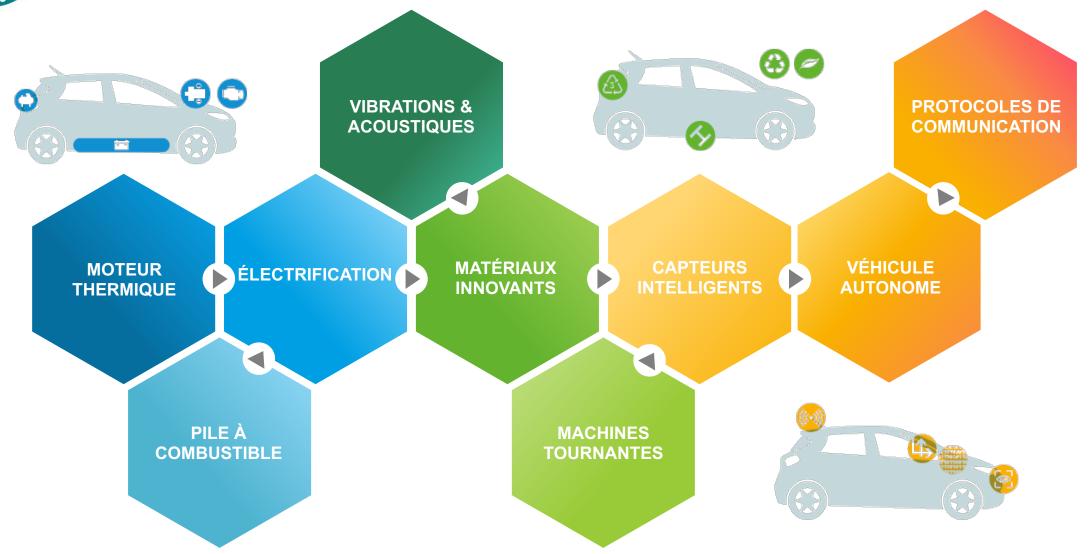


21/02/2019



Un réseau d'experts Carnauto Une gamme inédite de compétences scientifiques



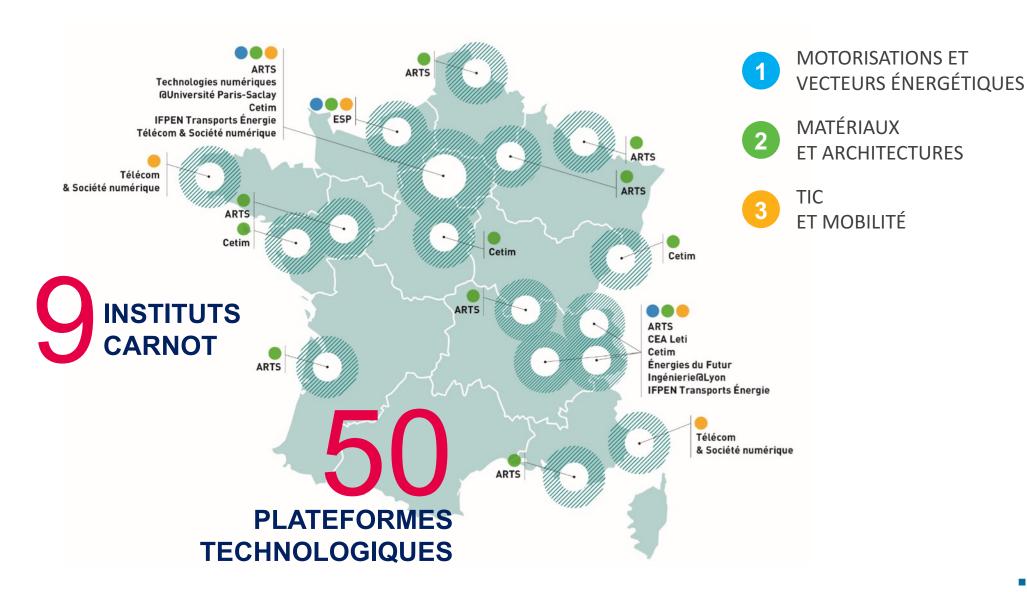


21/02/2019



L'action filière Carnauto Un fort ancrage en région





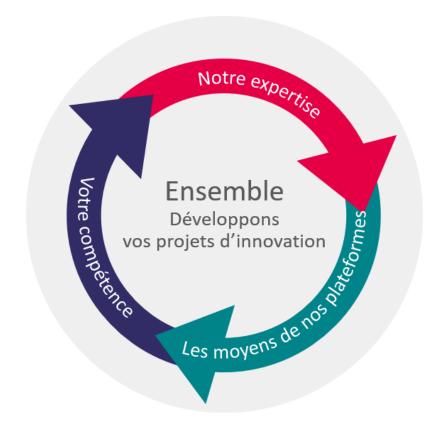


Une offre adaptée aux TPE, PME et ETI Booster votre activité et renforcer votre compétitivité



Nos atouts pour vous accompagner de l'idée au transfert industriel :

- Un réseau d'experts, issus des plus grands organismes de recherche publique en France et reconnus par les acteurs de la filière automobile et mobilité.
- Une gamme inédite de compétences scientifiques et de moyens disponibles via 50 plateformes technologiques complémentaires.
- Un large portefeuille de technologies matures ou avancées.
- Une vision des tendances, des évolutions marché et des ruptures technologiques à venir.
- Une capacité à accompagner votre R&I, de l'idée au produit.
- Un label d'excellence « Institut Carnot » reconnu par les financeurs.





Challenge Flash: défiez nos experts



O Challenge Flash: Défiez nos experts avec vos projets d'innovation! Lors d'entretiens confidentiels, les experts des instituts Carnot vous aident à trouver des pistes inspirantes et à développer vos projets de R&I.



SAVE THE DATE

28 mars 2019 à Senlis Challenge Flash

PROCÉDÉS INNOVANTS ET OPTIMISATION Découpe, emboutissage et profilage dans le secteur des transports.

21/02/2019



André MAILLARD Expert Référent Mise en forme des tôles Pôle PPI - Métaux en feuilles Andre.Maillard@cetim.fr 0344673345





PROCÉDÉS INNOVANTS ET OPTIMISATION en découpe, emboutissage et profilage dans le secteur des transports



Contexte – Programme de présentation



Les volontés d'allègement des structures de transport, pour diminuer l'impact environnemental à coût maîtrisé et s'inscrire dans une mobilité durable, imposent de s'interroger sur les couples matériaux/procédés.

Quels sont les intérêts d'utiliser les servo presses, comment améliorer la durée de vie des outils alors que les matériaux modernes sont à caractéristiques mécaniques de plus en plus élevées ? Comment maîtriser les aspects environnementaux en utilisant une lubrification raisonnée ? L'emboutissage à michaud des aluminiums peut-il devenir le procédé de demain ? Le profilage de tôle a-t-il des atouts pour répondre à ce challenge ? Et où en est-on de la simulation de la mise en forme des tôles minces ?

Programme:

- Que peut-on attendre des servo presses ?
- O La question de la durée de vie des outils : comment y faire face ?
- O La lubrification raisonnée : une tendance de demain ?
- O L'emboutissage à mi-chaud des aluminiums ;
- O Le profilage des tôles à très haute caractéristiques mécaniques ;
- O La simulation au service de la mise en forme des tôles : emboutissage, profilage, hydroformage ou hydroflambage.







Réduction de la consommation d'énergie -15%

Polyvalence:

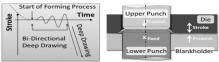
Presse mécanique – presse hydraulique.

Evolution du process :

formage à mi chaud,



Nouvelles stratégies de formage,



Nelles Op intégrées, contrôle, ...

Productivité accrue :

Cadence x 2 en cycle balancier et adapté au Lean



Nouvelle presse à CN: cycle pilotable, ralentissement, avec retour arrière, oscillant, tempo, ...

Evolution du process :

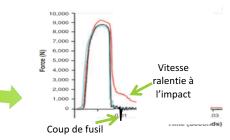
Robotisation via cycles adaptés et communications.





Tôles dures non faisables DP1200

Formabilité améliorée + 10% : Rebut ↓, Gamme ↓ 1/2



Usure outil réduite - 100% :

Apte aux tôles THR, Lubrification réduite, Productivité accrue.





	Sinusoïde	Soft touch	Retour +	Oscillant
		THE RESIDENCE OF THE PARTY OF T	PMB	Upward Doorward movement Start of Forming True
SWIFT	Х	X		
		^	X	
Multipasses	Référence			Х
Onesse II games administrate for Indiana Callabilit				Х
Expansion	Х	X		
		^	X	X





Cinématique du coulisseau	Indice de pénétration	Photo échantillon cassé	Photo échantillon réussi
Classique : sinusoïdale Mode nº1	23.29 mm Hauteur de référence		
		23.34 mm Cassé	$H_{ref} = 23.29 \text{ mm OK}$
Retour + PMB Mode n°3	25.44 mm + 9.2% de gain par rapport à l'indice de référence.		
		25.64 mm Cassé	$H_2 = 25.44 \text{ mm OK}$ $H_2 = H_{ref} + 2.15 \text{ mm}$

21/02/2019 ■ **15**







Qualité accrue des pièces : pièce sans pli en cycle avec oscillations alors que de légers plis apparaissaient en cycle classique (sinusoïdal)

21/02/2019 ■ **16**

LA QUESTION DE LA DURÉE DE VIE DES OUTILS : comment y faire face ?





• Enjeu central pour les entreprises :

- Diminution des arrêts presse : meilleure productivité.
- Augmentation de la qualité des pièces : zéro défaut, rebut réduits.
- Maintenance diminuée : coûts réduits.
- Délais assurés : outil plus fiable fournissant les pièces dans les délais.
- Meilleure compétitivité : prix globaux réduits.

• Quelles solutions?

- Meilleure exploitation du retour d'expériences : suivi des défauts et de leurs résolutions.
- Choix des paramètres optimums à la conception et lors de l'amélioration continue : bases de données métier constituées et actualisées.
- Essais de qualification de solutions outil performantes : lubrifiant, revêtement, tôle, ...
- Approche produit process : analyse des zones de la pièce à forte sollicitation sur l'outil.

21/02/2019 **18**





• Retour d'expériences:

Les fiches de suivi (ou de vie) outil :

• Liées à l'outil et font la navette entre les presses et l'outillage.

30 CASSE POINCON-MATRICE 40 GRIPPAGE COLONNE

50 BAVURES

- Données recueillies à chaud concernant :
 - Les défauts rencontrés.
 - Les solutions appli.

OF n°1 OPERATEUR			OUTILLEURS				
Quantité	CODE ALEA	OBSERVATIONS	DATE	NOM	MODIF. REPARATION	DATE	NOM
0	20	Hors tolérance	22/5	GF			
0	20	ldem	23/5	BC	Rectification poinçon		
110 000	50	Bavure Oblong	26/5	GF			
155 000		Fin de série	26/5	HS	Rectification poinçon Rectification matrice	26/5	AB AM
					+ vérification		TS
10 OUTIL	MAL PRE	PARE					
20 DIMEN	20 DIMENSIONS PIECE						

21/02/2019

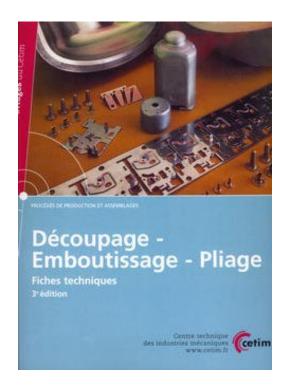




O Base de données métier :

Entrée unique

Fichiers, Consultation, Domaines de validité et d'exploitation BD actualisée par an







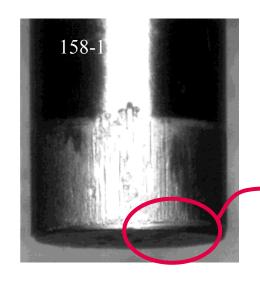
21/02/2019 **■ 20**

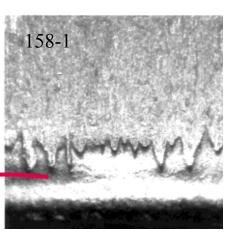


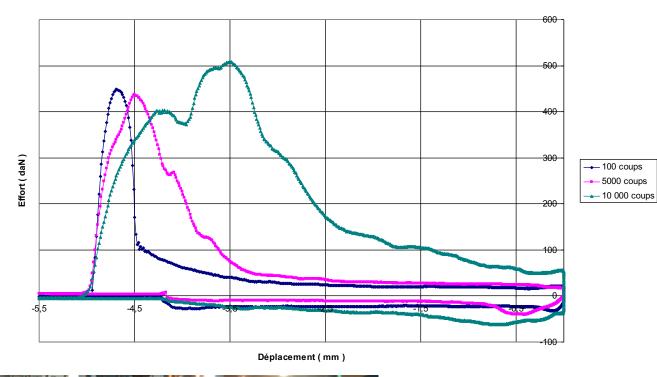


158-2 à 100 - 5000 - 10000 coups

• Essais sur presse :







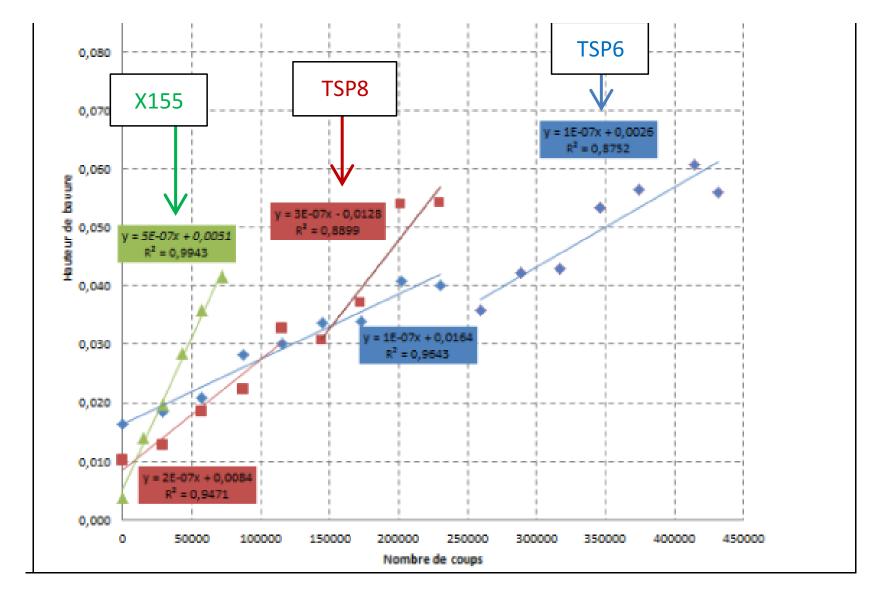








O Essais sur presse :



LA LUBRIFICATION RAISONNÉE : une tendance de demain ?





O Rôle du lubrifiant :

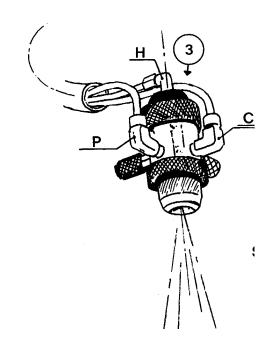
- Faciliter le formage
- Diminuer l'usure de l'outil
- Contribuer à la suppression du grippage
- Contribuer à la suppression des rayures
- Refroidissement de l'outillage
- (Protection contre la corrosion)

O Inconvénients:

- Dégraissage des pièces
- Recyclage
- Coûts

O Solutions:

- Choix du lubrifiant
- Quantité du lubrifiant
- Revêtements durs d'outils
- Conception de pièces « moins sévères »

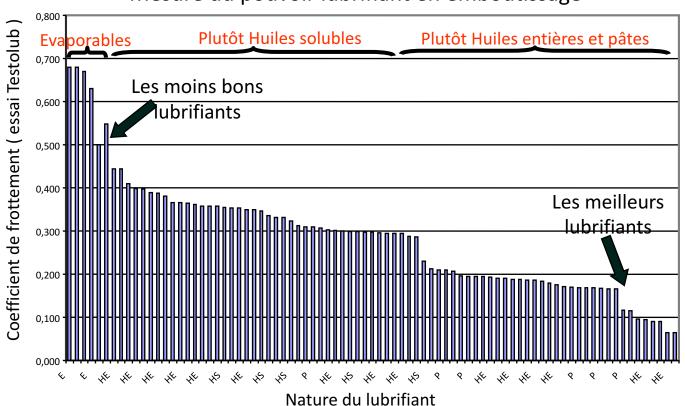






O Essais - Systèmes :

Mesure du pouvoir lubrifiant en emboutissage





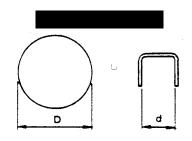
21/02/2019 **■ 25**

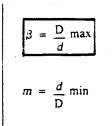


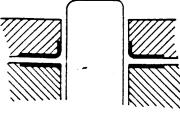


O Lubrifiants et opérations de formage :

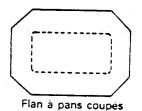
Emboutissage profond

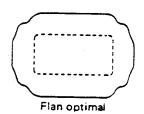


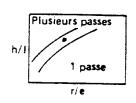




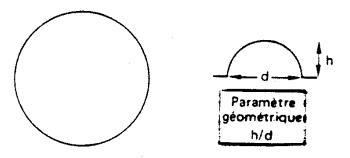
Emboutis quadrangulaires







Emboutissage en expansion



Spécificités pour d'autres opérations :

- Découpage,
- Pliage,
- Laminage de paroi,

Rétreint





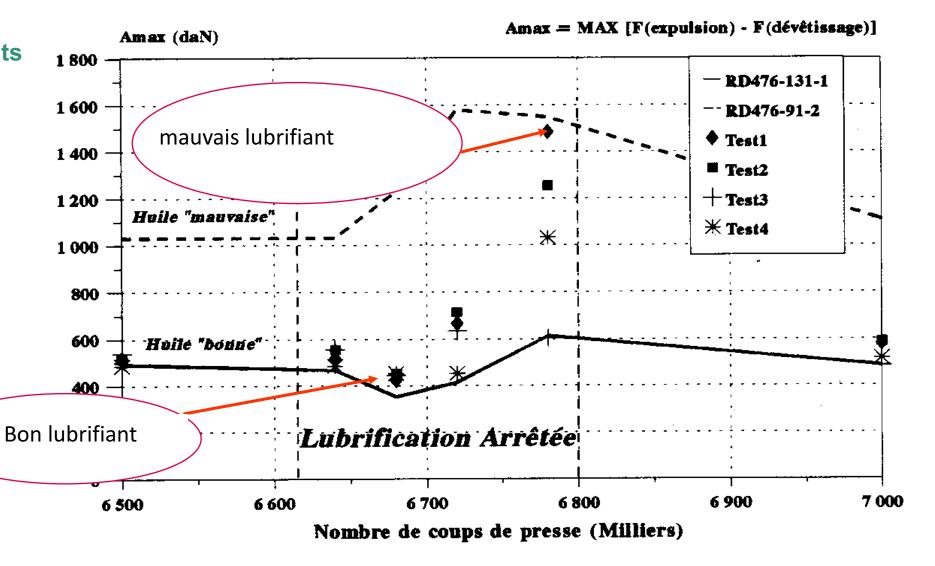
O Lubrifiants spécifiques aux sévérités des opérations de formage :

	Paramètres géométriques					
Degré de sévérité	Godet cylindrique à fond plat	Boîtier quadrangulaire	Calotte hémisphérique en expansion			
	$\beta = \frac{D}{d} \left(\frac{d}{e} = 100 \right)$	$\frac{h}{R}\left(\frac{I}{R}=7\right)$	h/d			
1	< 1,6	< 3	< 0,35			
	1,6 - 2	3 - 4	0,35 - 0,40			
III	2 - 2,15	4 - 6	0,40 - 0,45			
IV	> 2,15	> 6	> 0,45			





O Essais de lubrifiants en découpage :



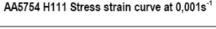
L'EMBOUTISSAGE À MI-CHAUD DES ALUMINIUMS

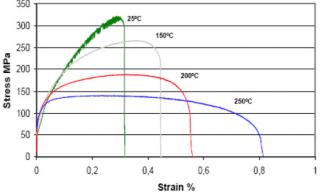




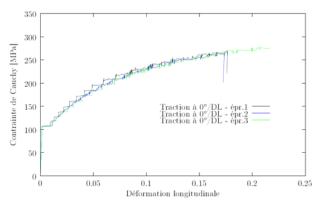
O Intérêt du formage à mi chaud de l'aluminium :

- Augmentation de la capacité de formage des aluminiums :
 - Nuances classiques : séries 5000 ou 6000.
 - Nuances plus difficiles voire impossibles à emboutir : Séries
 2000 et 7000 état T4 à T6 (voir Etude antérieure du CETIM).
- Maitrise du retour élastique : dès 130°C, le retour élastique est notablement atténué (voir étude antérieure du CETIM).
- Amélioration de l'aspect de surface des séries 5000. Pour ces matériaux, à partir de 100°C, l'effet PLC (bandes de surface de Poitevin Le Chatelier) disparaît et l'aspect de surface s'en trouve nettement amélioré.













O Intérêt du formage à mi chaud de l'aluminium:

Nuance	DEC	III TATQ					
Nualice	RESULTATS						
	Déformées de la pièce	HV ₁ / Rm (MPa) / Re (MPa)					
2017 A T4	T ambiante et 170°C (devant)	123 / 416 / 262 T ambiante		10	107 / 375 / 236 180°C		
	Déformées de la pièce	HV ₁ / Rm (MPa) / Re) / Re (N	(MPa)		
2024 T4		134 / 448 / 291 T ambiante		123 / 416 / 270 180°C			
	T ambiante (devant) et 170°C						
	Déformées de la pièce	HV ₁ / Rm (MPa) / Re (MPa)			/IPa)		
7075 T4		144 / 478 / 421 T ambiante	139 / 46		133 / 446 / 392 180°C		
	T ambiante - 130°C (milieu) - 180°C (devant)	1 difficiante	130		100 G		

21/02/2019





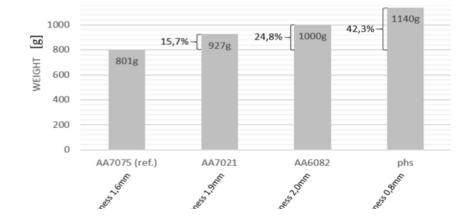
O Intérêt du formage à mi chaud de l'aluminium :

Emboutissage des alliages d'aluminiums « très durs » (non formables à froid) :

- Les 2017A T4 et 2024 T4
- Le 7075 T4 T6

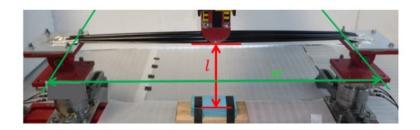
Meilleure précision des pièces :

Tous les alliages d'aluminium



Conception de pièces plus légères mais aussi résistantes que l'acier :

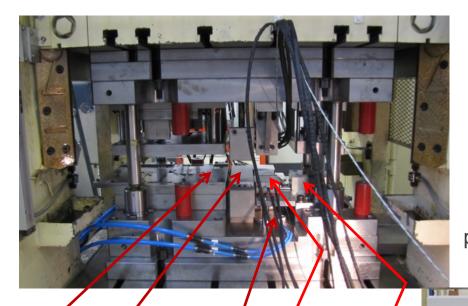
- → Nouvelle conception de pièce
- → Force de proposition aux DO







• Exemple



Armoire de contrôle et pilotage de la température

Découpages

Tablage

Vérins pneumatiques

Emboutissage de l'Omega

(poste chaud)

Séparation-évacuation



Mise en bande – à froid et à chaud (180 °C)

Différents outils :

Grandes séries : outil à suivre

Petites séries : outil transfert

21/02/2019

LE PROFILAGE DES TÔLES à très haute caractéristiques mécaniques



L'apport du profilage dans le secteur des transports



Objectifs

- Réduction des émissions de CO².
- Maitrise des coûts de fabrication.
- Satisfaire des exigences de sécurité toujours plus élevées.
- Rechercher l'intégration de process et pousser le parachèvement produit.

• Solutions possibles

- Utiliser des matériaux plus légers, exemple: l'Aluminium
- Travailler sur l'engagement matière à iso performances : 0 chute.
- Utiliser des aciers ultra résistants : THR.
- Combinaison du profilage avec le cintrage, le poinçonnage, l'emboutissage, soudage, ...
- Outillage polyvalent : plusieurs profilés d'une même famille sur le même outillage.





Avantage : contrôle facilité du retour élastique



Le profilage, contrairement aux autres process de formage à froid, permet un très bon contrôle du retour élastique des aciers à très haute résistance mécanique comme les Dual Phase ou les aluminiums.

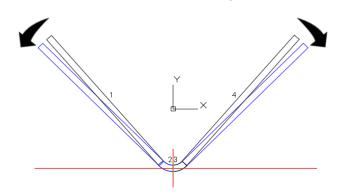
Principales raisons:

- Module d'Young pour l'aluminium
- Limite élastique élevée pour les aciers THR /aluminium
- Rayon de formage, et faible épaisseur du profilé

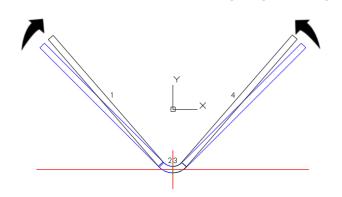
Lors de l'opération de pliage d'un angle (ou du rayon associé), le retour élastique se traduit par une ouverture de l'angle visé (1). En "sur-pliant" le profilé (2) il est possible grâce au retour élastique d'atteindre l'angle visé (3).

Seul le profilage (et le pliage pour des profilés de faible longueur) offre la possibilité de surplier la tôle très facilement sans l'emploi d'outillages complexes et onéreux. Il est donc particulièrement indiqué pour ce type de matériaux.

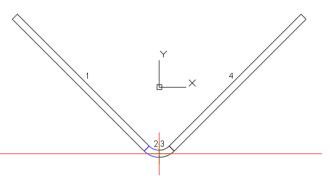
1- Retour élastique



2- Contrôle du retour élastique par surpliage



3- Profilé bon







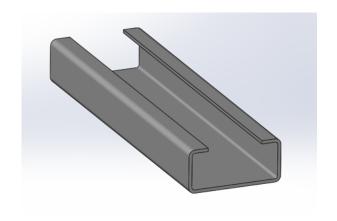
1. Analyse poussée des fleurs (gammes) de profilage :

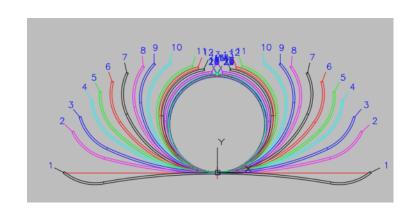
- Vérification de la géométrie pour valider la faisabilité des produits profilés, et principalement les THR.
- Conception, Optimisation, Validation par le calcul analytique de la fleur de profilage (gamme). Utilisation de COPRA RF et DTM.

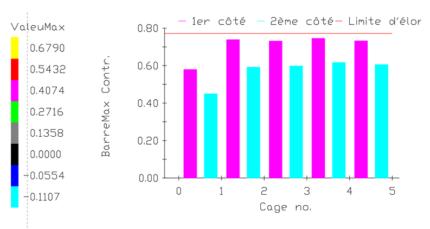


Choix réalisé parmi plusieurs fleurs de profilage testées. La meilleure configuration est prise en compte. Temps de calcul rapide, résultats fiables.

- Calcul de l'engament matière (largeur de bande)
- Définition de la configuration de la machine





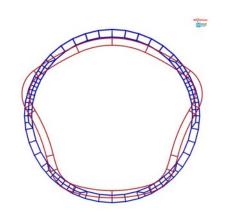


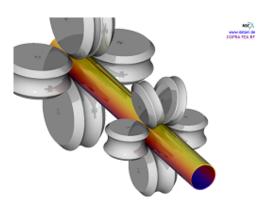


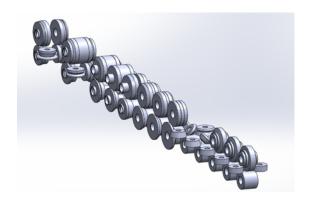


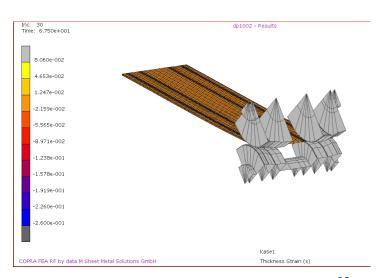
2. Validation et mise au point numérique des outillages de profilage par simulation FE

- Conception des outillages de profilage, utilisation d'un logiciel de CFAO dédié au profilage (COPRA RF).
- Tests et mise au point numérique de l'outillage avec l'appui du calcul éléments finis :
 - Sur outillages neufs : on identifie et on résout les problèmes avant de lancer la fabrication.
 - Sur outillages existants : expertise, identification de problèmes, proposition d'améliorations.
- En nous appuyant sur des outils numériques reconnus, performants et fiables :
 - COPRA RF pour la conception et la validation : des fleurs de profilage et des outillages de profilage.
 - COPRA FEA RF pour la validation par éléments finis des outillages de profilage
- Aide au choix matériaux, traitement thermique, revêtement.









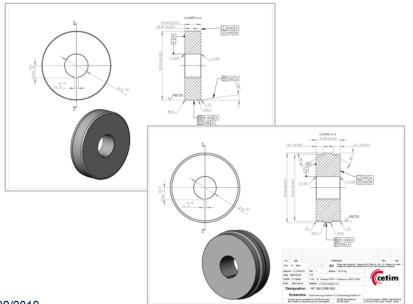


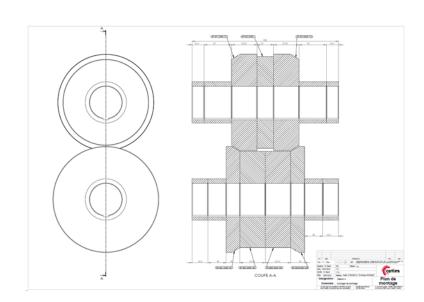


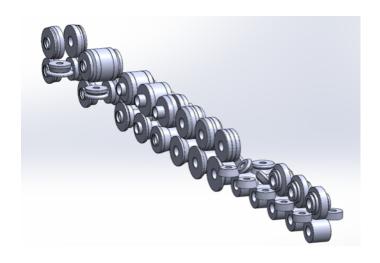
3. Conception des outillages de profilage

Utilisation d'un logiciel de CFAO dédié au profilage (COPRA RF) : en prenant en compte les process du client ou en partant d'une feuille blanche.

- Livraison des plans de détail,
- Livraison des plans de montage dans la machine.
- Accompagnement et Suivi de fabrication d'outillage
- Aide aux choix matériaux d'outillage, traitement thermique, revêtement.









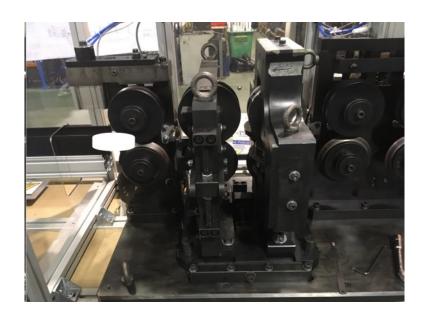
Doc. JIDET





4. Conduite de projets sur des équipements spécifiques de profilage

- Conception des outillages.
- Simulation validation du process.
- Conception de l'équipement.
- Fabrication de l'équipement.





..... Du cahier des charges (Aide du CETIM possible) à la mise en route de l'équipement.

21/02/2019 ■ **40**

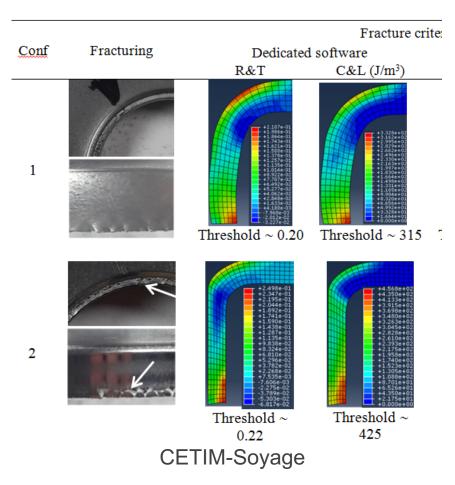
LA SIMULATION AU SERVICE DE LA MISE EN FORME DES TÔLES

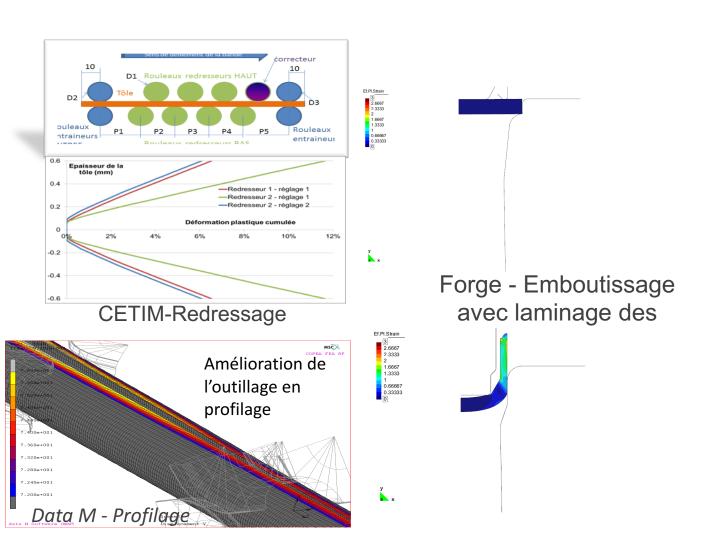


Simulation des procédés de formage des tôles



O Exemples





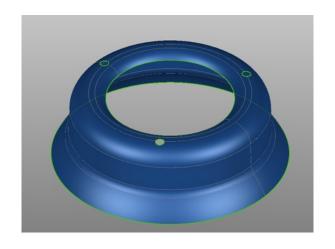


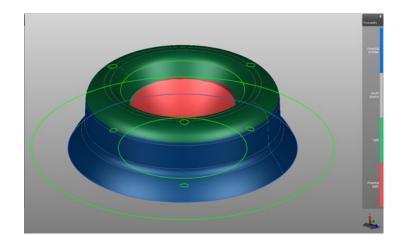
Simulation de l'emboutissage



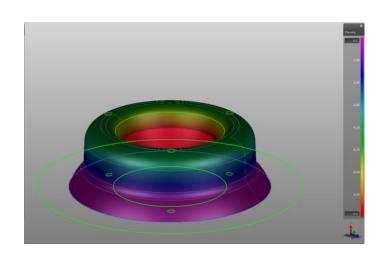
Estimation rapide de la faisabilité:

- Calcul rapide pour déterminer l'engagement matière
- Pour observer les tendances du comportement de la matière mise en forme.
- Détecter rapidement les zones à risque.
- Obtenir une réponse rapide sur la faisabilité de la pièce : 1 seule étape ou plusieurs étapes ?





Estimation de la faisabilité



Ex.: Estimation des amincissements

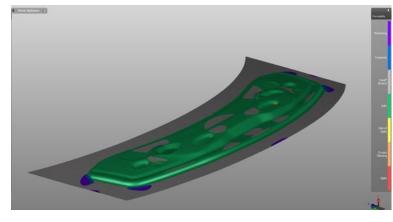


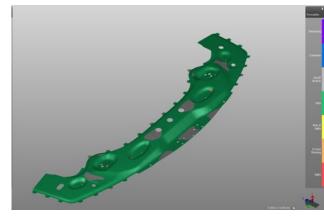
Simulation de l'emboutissage

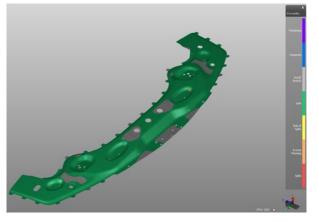


Etude de gamme complète

- Définition de gamme complète (plusieurs OP)
- Optimisation Réduction du nombre d'outils
- Réduction de la durée de mise au point.
- Optimisation de l'outillage : différentes versions peuvent être testées
- Prise en compte des lois matériaux issues de nos bases de données.







OP 10 OP 30 - spring back

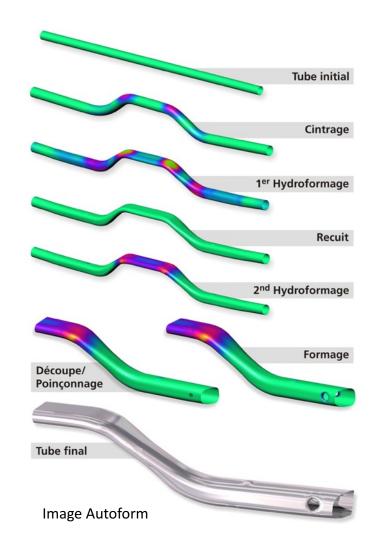
21/02/2019



Simulation de l'hydroformage



- Conception des outils d'hydroformage à partir de la pièce à réaliser
- Optimisation de l'outillage: différentes versions peuvent être testées
- Définition de gamme complète (plusieurs OP) avec prise en compte des opérations
 - De cintrage
 - De découpe
 - De pré-formage
 - De calibration
 - D'hydroformage
- Prise en compte des lois matériaux issues de nos bases de données.







Vos questions? Merci de votre attention

www.carnauto.fr | entreprises@carnauto.fr