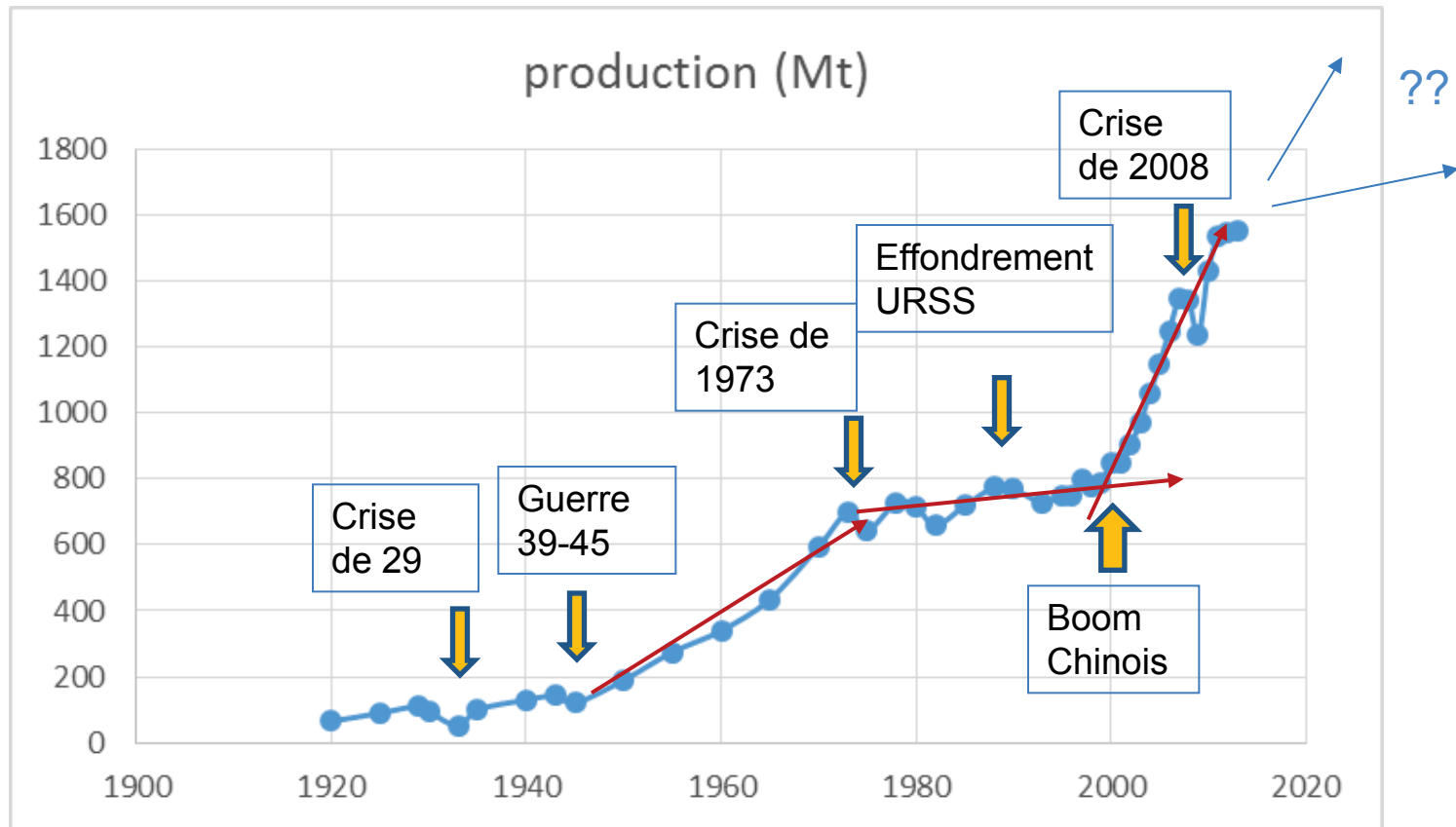


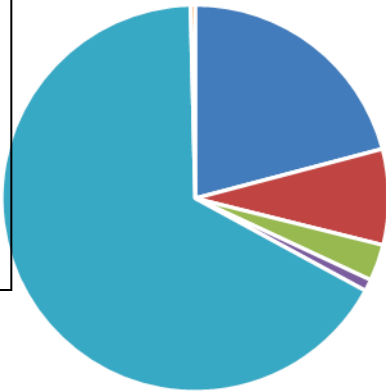


De la sidérurgie et de la science  
métallurgique à/c 1973

## Courbe de la production mondiale d'acier

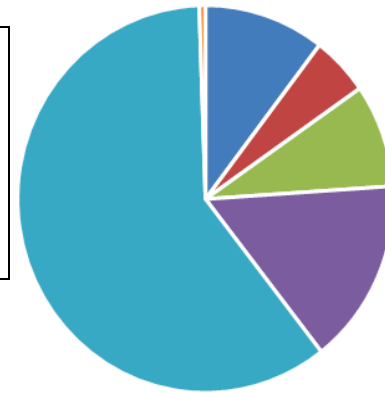


Production  
d'acier :  
Total 1,5  
milliards  
de tonnes



■ Europe (y.c. CIS) ■ North America ■ Latin America ■ Africa ■ Asia ■ Oceania

Population  
: Total 7,2  
milliards  
d'habitants



■ Europe (y.c. CIS) ■ North America ■ Latin America ■ Africa ■ Asia ■ Oceania

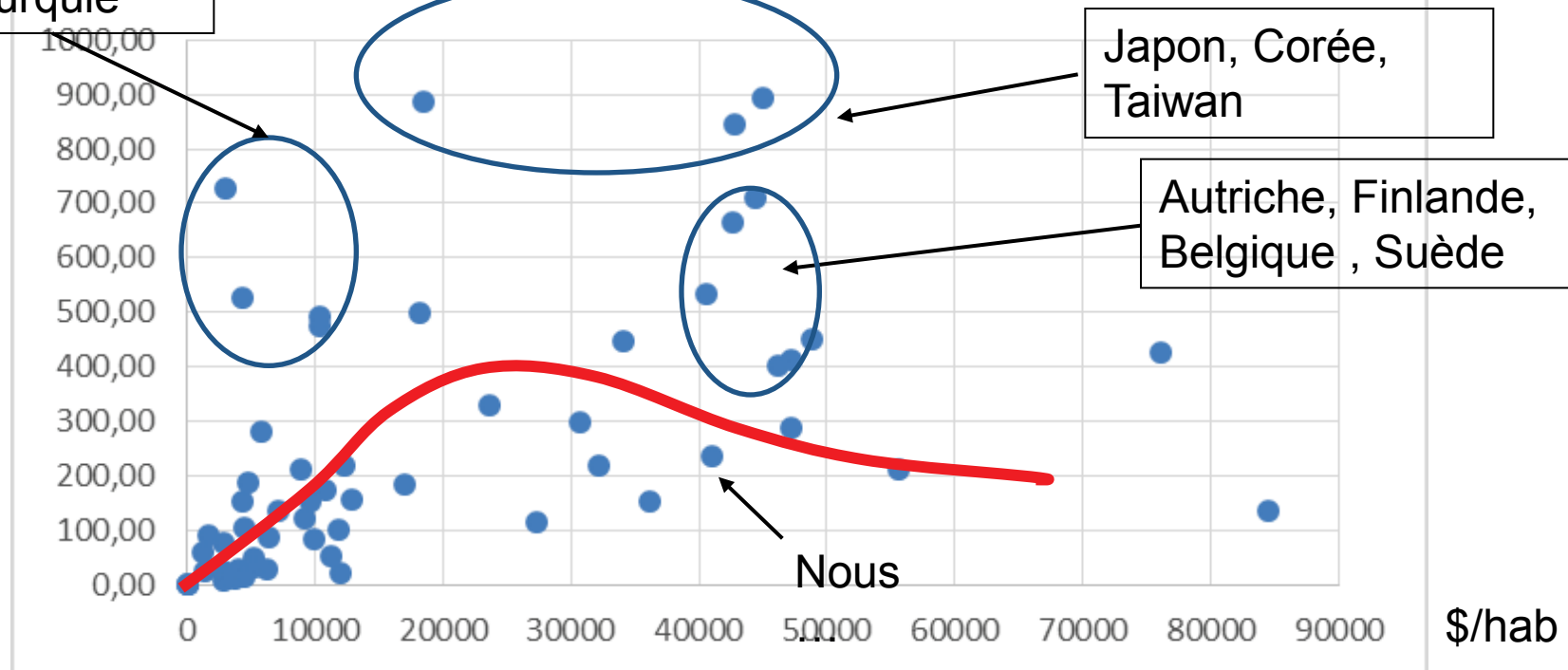
Une production encore assez inégalement répartie. La place de l'Asie (de la Chine, surtout: 47% en 2012!) est impressionnante. L'inde, l'Indonésie, l'Afrique surtout, massivement sous-représentée.

# Prospective?

Kg/ hab

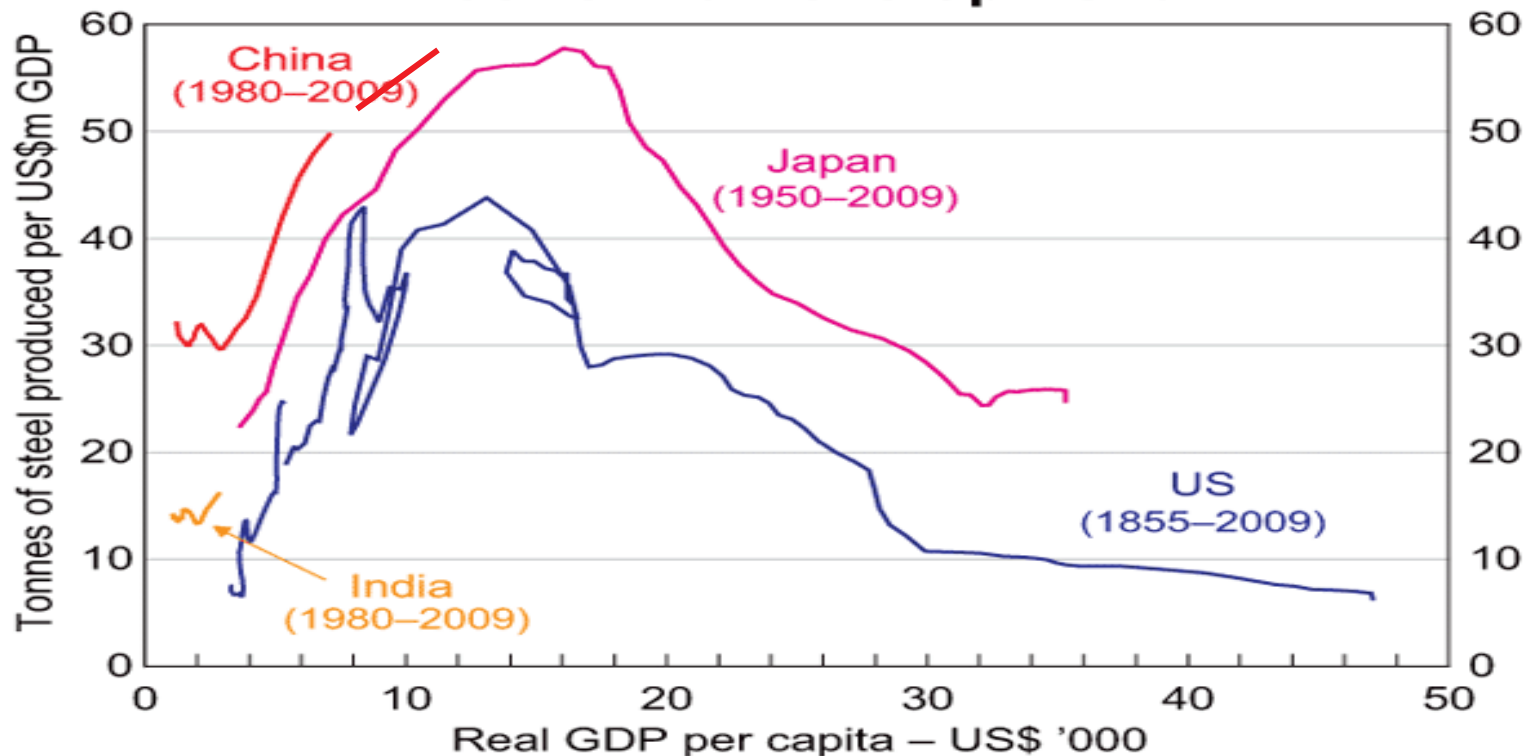
Ukraine, Russie,  
Chine, Turquie

Production d'acier par habitant en fonction du PIB par habitant



La prospective est un art difficile, surtout quand ça concerne l'avenir!

## Steel Production Intensity and Economic Development\*

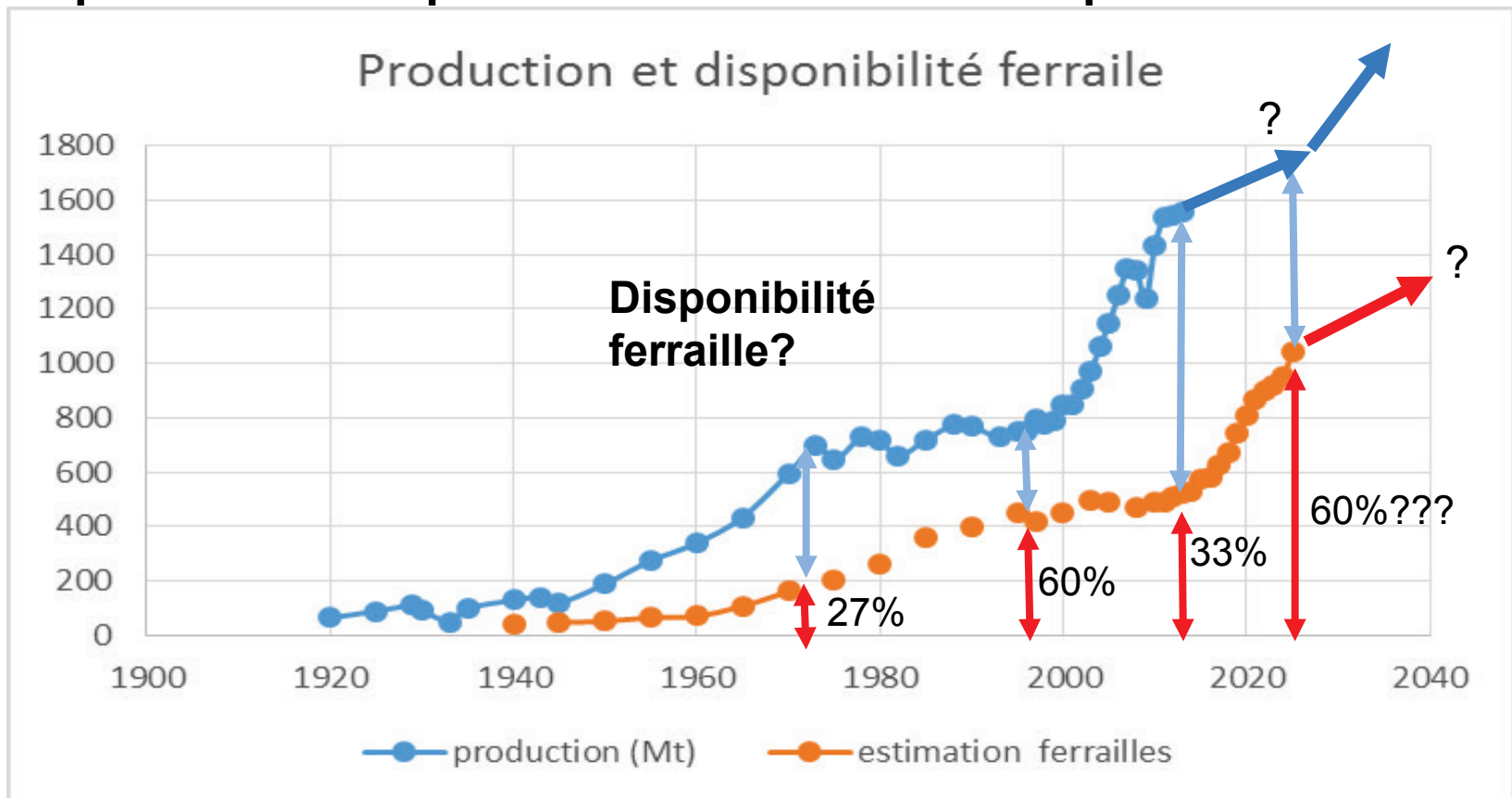


\* 2009 prices converted at 2005 PPP exchange rates; 5 year-moving-averages; US iron production intensity prior to 1897; Japan steel production is by fiscal year prior to 1980

Sources: Conference Board Total Economy Database (January 2010); IMF; Japan Iron and Steel Federation; Johnston and Williamson (2010); Maddison (2009); RBA; US Bureau of Mines; US Geological Survey; World Steel Association (worldsteel)

## Ira-t-on vers 2,7 milliards de tonnes?

- Pas de contrainte réelle sur la disponibilité du minerai de fer mais des problèmes de qualité .....et de prix!
- Pas de problème de disponibilité d'énergie mais des problèmes de qualité du charbon ..... et de prix!



# La période actuelle ressemble donc à 1973

- Avec quelques différences, toutefois...
  - ✓ La mondialisation a beaucoup évolué. Les grands groupes sont moins « nationaux », l'économie est beaucoup plus ouverte, avec des produits qui voyagent....bien que les états jouent encore un grand rôle.
  - ✓ Les aspects environnement n'avaient pas du tout la même priorité....
- Néanmoins, il est bon de relire l'évolution pendant cette période.
  - ✓ La crise a été profonde, sans doute moins bien maîtrisée que celle-ci.
  - ✓ Les produits longs ont plus souffert que les produits plats car plus liés à la période d'équipement du pays.
  - ✓ La recherche de la qualité et de produits plus adaptés aux besoins a remplacé la recherche de la productivité dans la période antérieure.
- C'est sur ce dernier point que je voudrais insister.

- Deux marchés principaux ont finalement « tiré » la qualité et l'innovation, tout en ayant un volume suffisant:
  - ✓ l'automobile
  - ✓ la production et le transport du pétrole et du gaz.
- Pour illustrer le propos, je me centre sur l'automobile

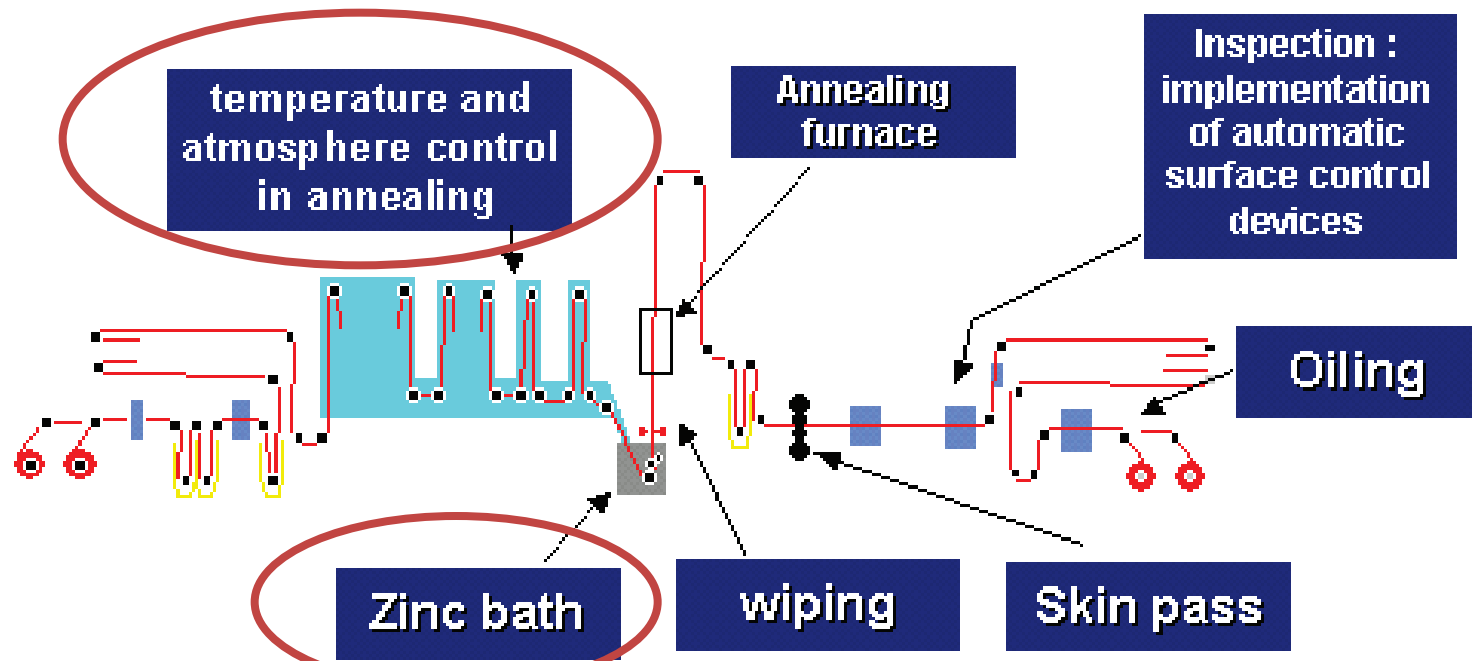
Il y a des demandes techniques importantes de ce secteur depuis 1973 à nos jours. La sidérurgie a tenté d'y répondre avec des problématiques techniques et scientifiques très pointues

Tout en restant: pas cher! Pas cher! Pas cher!



Vers la fin des années 60, une voiture, ça rouille.... Un travail très important: Galvanisation + Phosphatation + Peinture.

- Des investissements très importants et très automatisés
- Une face ou deux faces? -> deux faces mais pas forcément exactement les mêmes
- Des difficultés



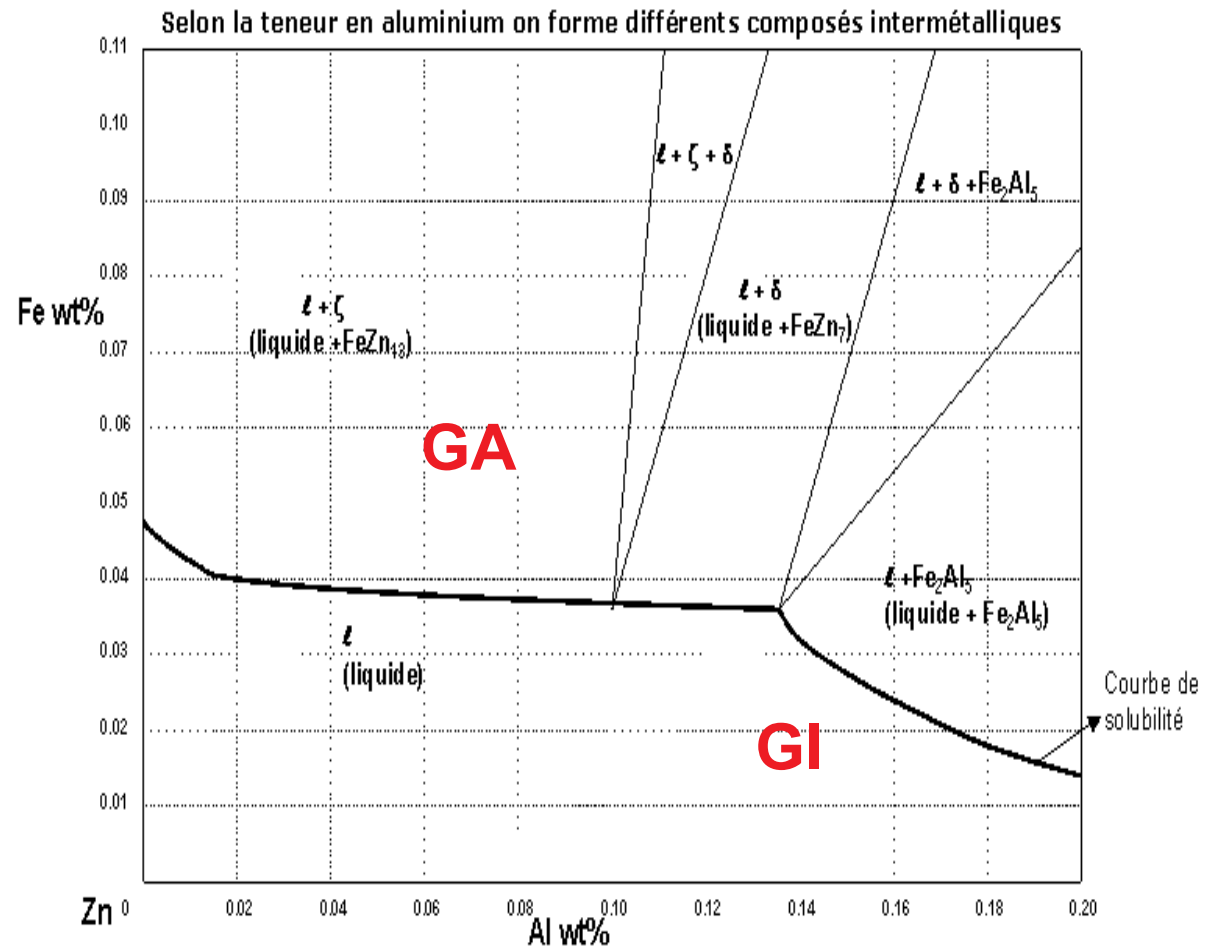
# La résistance à la corrosion: Des difficultés

Un acier galvanisé, ça se soude mal... -> **NSC** développe le

« galvannealed »  
ou GA. Une  
alliation Fer +  
Zn...

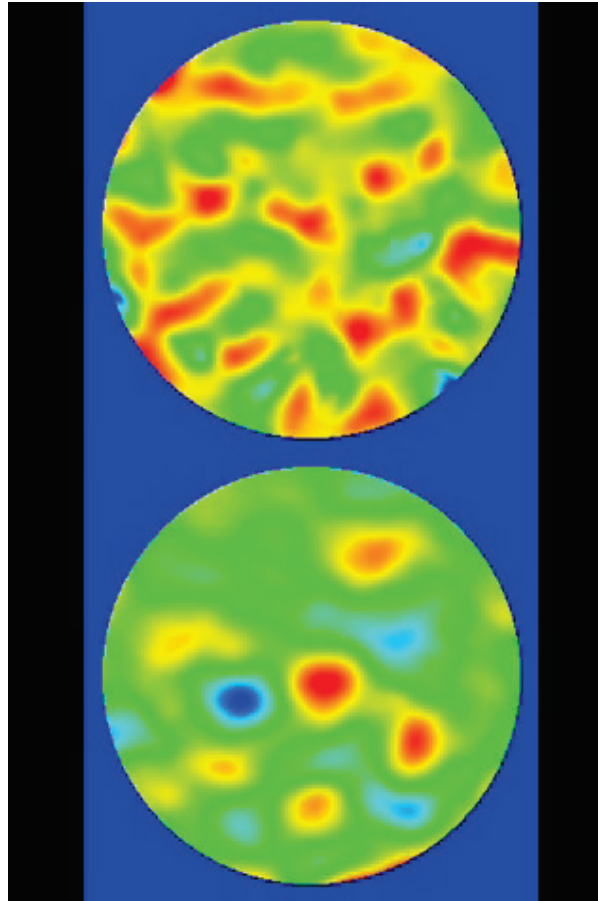
Cependant, ce  
genre de  
revêtement est  
assez fragile si  
les bonnes  
phases  
intermétalliques  
n'y sont pas.

## Diagramme d'équilibre Zn-Al-Fe à 465°C



Et l'aspect peinture est « moyen » pour la carrosserie que le client voit... On développe des lignes d'électrodéposition.  
**Usinor** trouve un moyen d'avoir un aspect peinture correct

Par le procédé de galvanisation. C'est le procédé Extragal (GI) : un ensemble d'innovations pour maîtriser les ondulations de la surface de zinc et les défauts de manque de métal.



**Peinture et caisson en position horizontale**

On voit réapparaître la rugosité du substrat.

**Peinture et caisson en position verticale**

Effet très clair de la gravité: on voit réapparaître également le substrat

# L'emboutissabilité: une suite d'outils à maîtriser.

Autre demande des automobilistes: aidez-nous à faire de jolies formes... C'est ça qui fait vendre. Emboutissabilité.

- Pas de contrainte majeure sur la résistance mécanique...

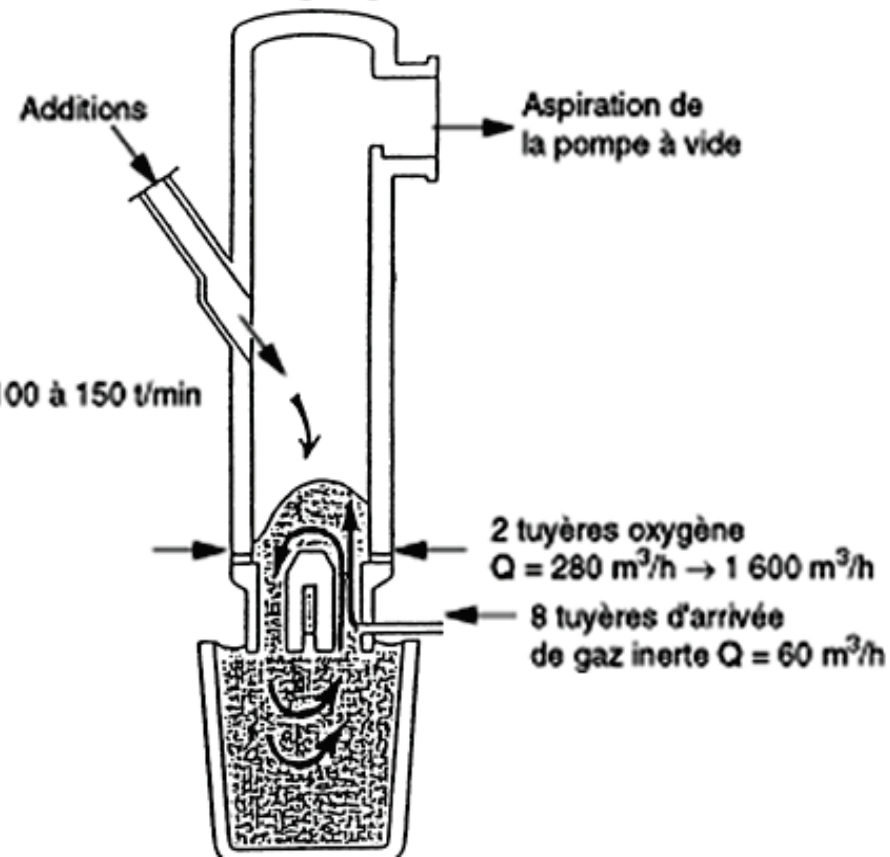
il faut donc des tôles très formables

→ Ceci a entraîné toute une série de modifications très importantes le long de la chaîne de production:

→ L'élaboration sous vide: C et N mini.

Procédé de dégazage sous vide RHOB

Sollac Dunkerque  
 Poche acier de 240 t  
 H : 10 m  
 Øi plongeurs : 0,6 m  
 Øi : 2 m  
 Immersion : 0,5 m  
 Vitesse de circulation : 100 à 150 t/min



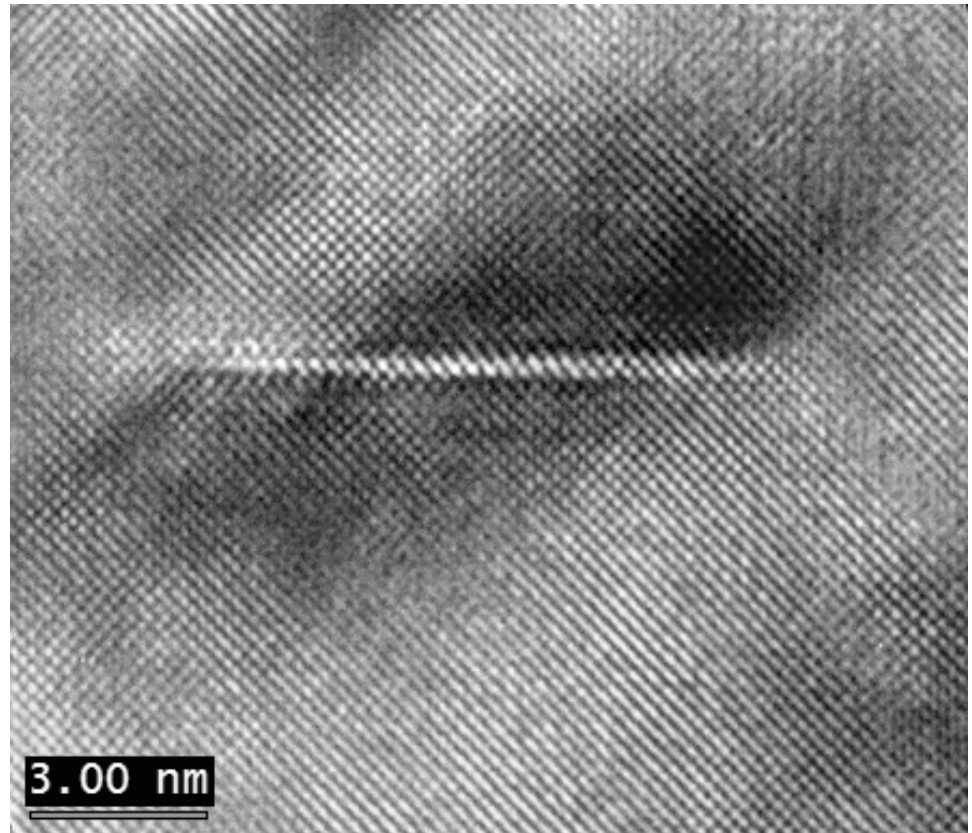
# L'emboutissabilité: une suite d'outils à maîtriser.

Captation du C et N restant, même après traitement sous vide, maîtrise de la taille de grain et de son orientation:

- introduction de quantités très bien calibrées de Ti, Nb, .. pour précipiter le C et N restant.

Maitriser la précipitation pour contrôler la taille de grain pendant le laminage à chaud.

Maitriser la texture pendant le recuit.  
 Développement des recuits continus « pensés » pour ces produits.

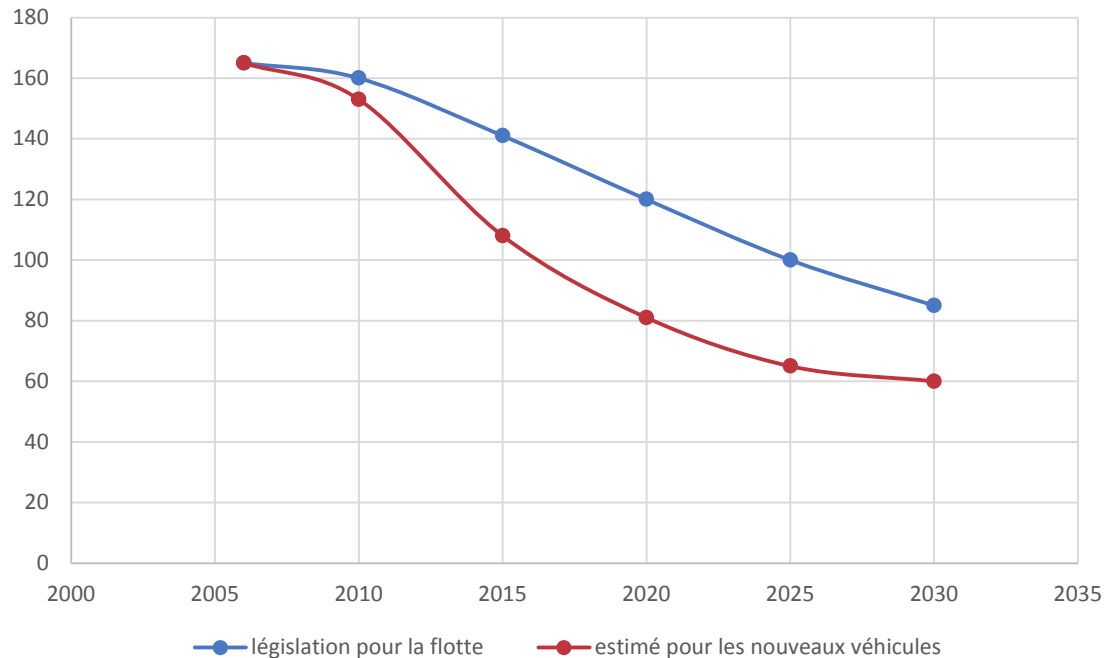


# Plus récemment

Une nouvelle demande est apparue plus récemment : celle d'alléger les automobiles, afin de diminuer leur consommation et, donc, leurs émissions de CO<sub>2</sub>. La législation Européenne prévoit plusieurs baisses sur les flottes de véhicules.

Pour les aciers, concurrence des alliages légers (Al, Mg) et des composites → renforcer la résistance des aciers pour baisser les épaisseurs mais.....

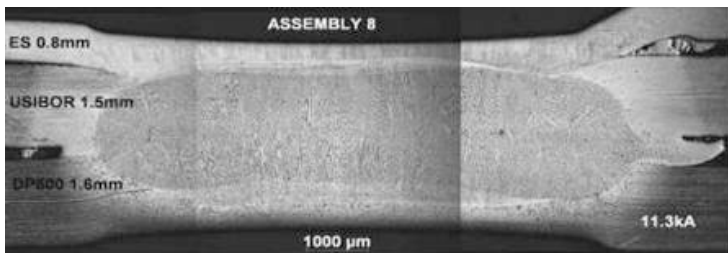
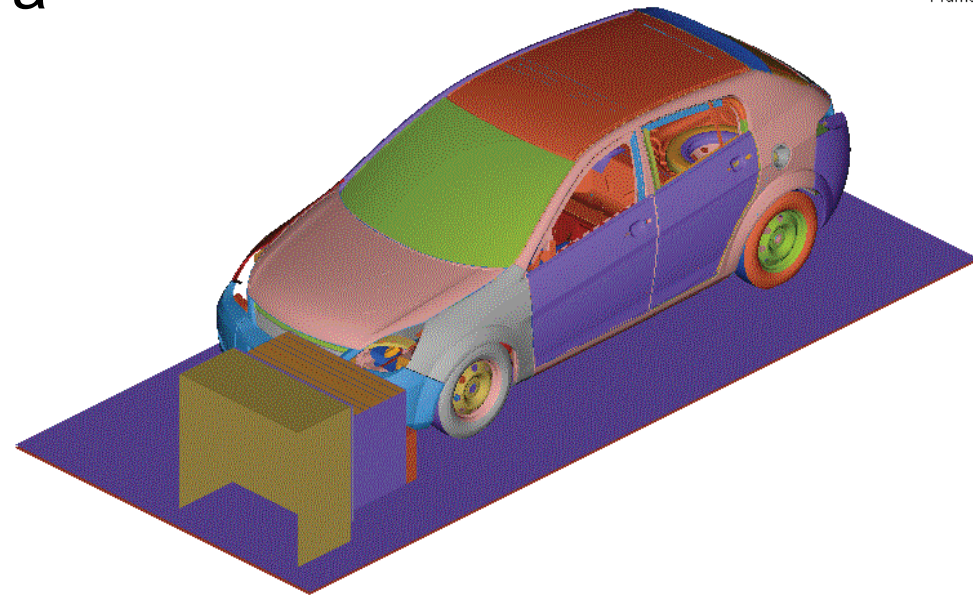
émissions de CO<sub>2</sub> en g/km pour la flotte de véhicules, en bleu et estimée pour les nouveaux véhicules, en rouge.



Sans détruire trop:

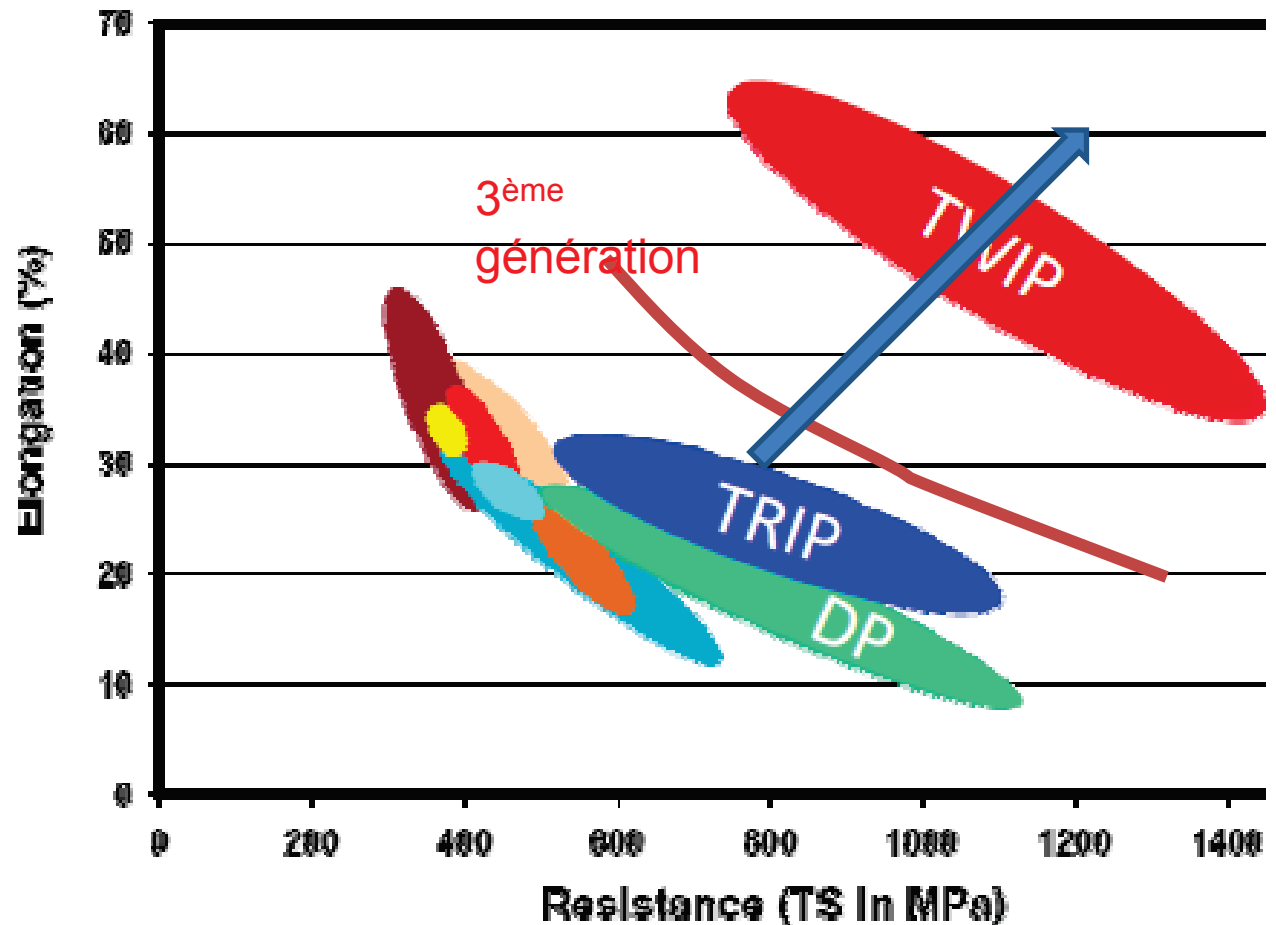
- La possibilité de mettre en forme
- La soudabilité ( garder des  $C_{eq}$  faibles)
- En améliorant la résistance au crash des véhicules
- En maintenant les performances de résistance à la corrosion
- Le tout , en grande quantité avec une qualité régulière...

LS-DYNA keyword deck by LS-Prepost  
Result : F:\WP3B\NEW\_VERSION\_FRONT\_BSCH\FRONTAL\iter2\_270310\d3plot  
Loadcase 1 : Time = 0.000000  
Frame 1



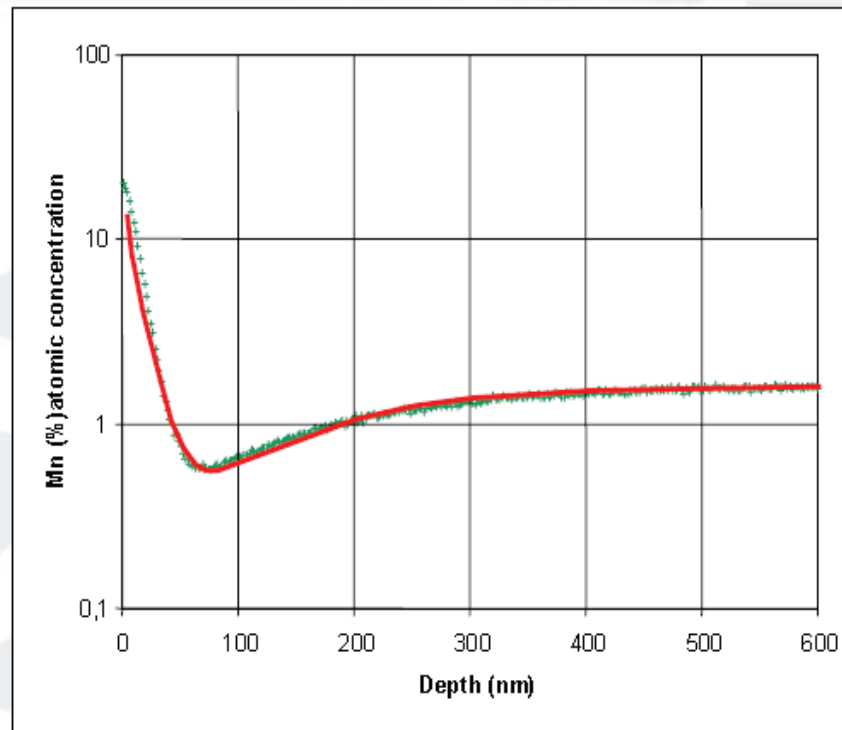
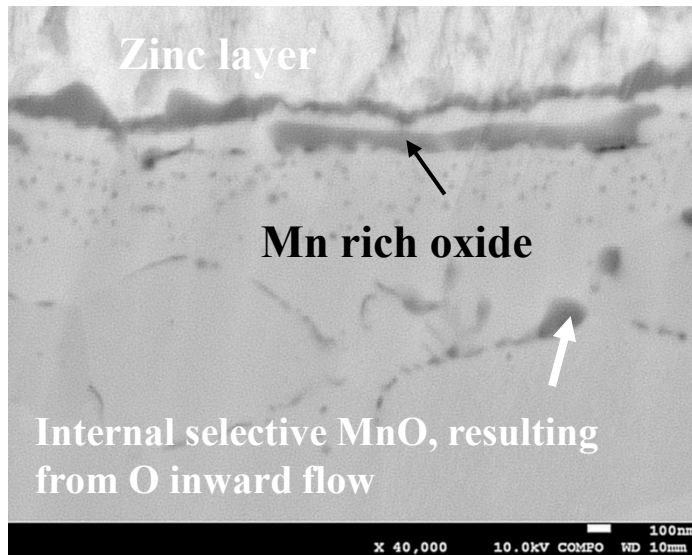
# Plus résistant... en restant formable

- Un gros travail d'optimisation des phases pour monter la résistance sans détruire la ductilité. Plusieurs générations de nouveaux aciers
- Des chimies adaptées et des traitements thermiques sophistiqués.
- Résistants à la corrosion?





Les nouveaux aciers contiennent Si, Mn, Al. Ces éléments s'oxydent au cours du recuit avant galvanisation. Il faut maîtriser l'atmosphère:  $P(O_2) = f(t)$  ....



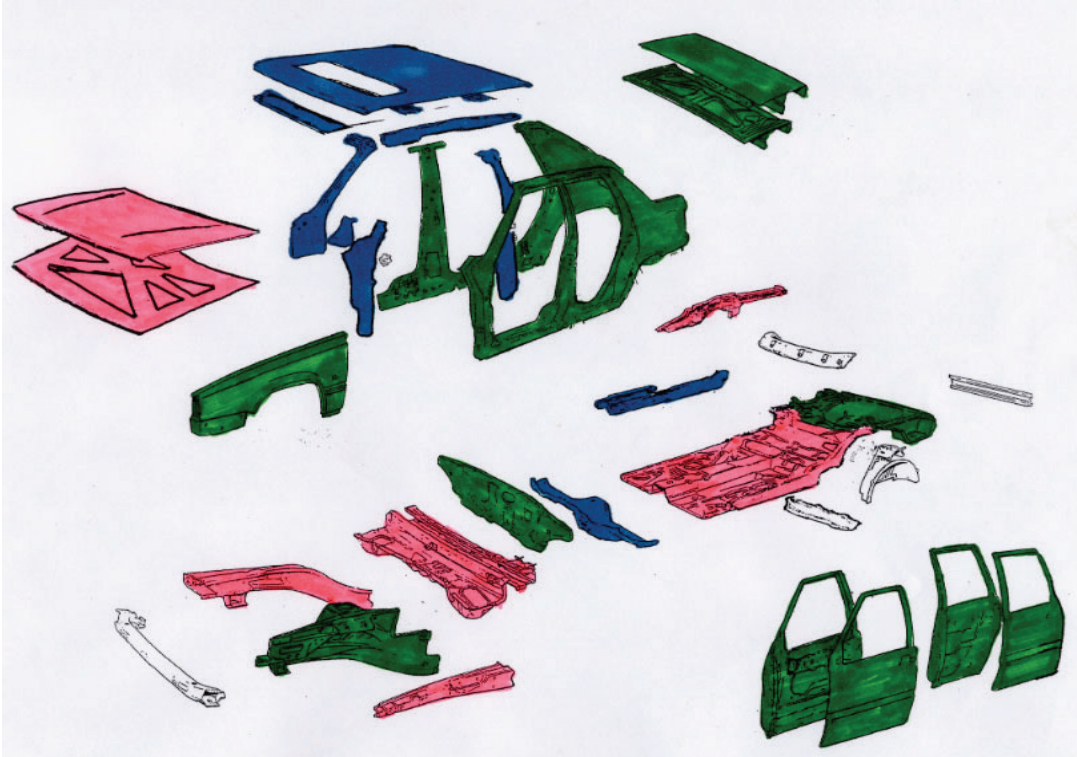
Measured :  
green curve

Model :  
red curve

# Les aciers HSS... partout. Quels outils?

Les voitures modernes incorporent de plus en plus d'aciers à hautes caractéristiques: HSS, VHSS, UHSS. Les outils actuels limités pour maîtriser l'atmosphère et le traitement thermique...  
Nouvelles lignes adaptées ou rupture?

- Cycle thermique particulier + gestion de l'atmosphère
- Revêtements sous vide?
- Ou le Traitement Thermique chez le client?



# Qu'en tirer pour aujourd'hui?

2013 n'est pas 1973.

- Assiste-on vraiment à une cassure? Si oui, l'Europe n'a pas d'autre choix que le haut de gamme.
- L'automobile cherche des solutions hors acier, notamment pour les pièces d'aspect.. L'acier restera pour les pièces de structure.
- Le marché de l'énergie est probablement très attractif mais que choisir? Éolienne, thermique (solaire, charbon, nucléaire) , extraction pétrole et gaz? Les outils éventuels sont très différents.
- Quel outil pour l'automobile? Un recuit avant galvanisation sophistiqué? Une rupture vers le vide? Un basculement vers des traitements thermiques chez le client?
- L'avenir est ouvert: c'est inquiétant ou c'est intéressant.