

CONSTRUIR **ACIER**

FILIÈRE D'EXCELLENCE POUR L'ENVIRONNEMENT

Les voies de la décarbonation pour une éco-conception des OA en Acier

Michel Royer-Muller, ConstruirAcier



Les réponses de l'acier aux défis de l'économie circulaire

| L'acier décarboné

| L'optimisation dans la conception

| La vie en œuvre

| Recyclage et réemploi en fin de vie

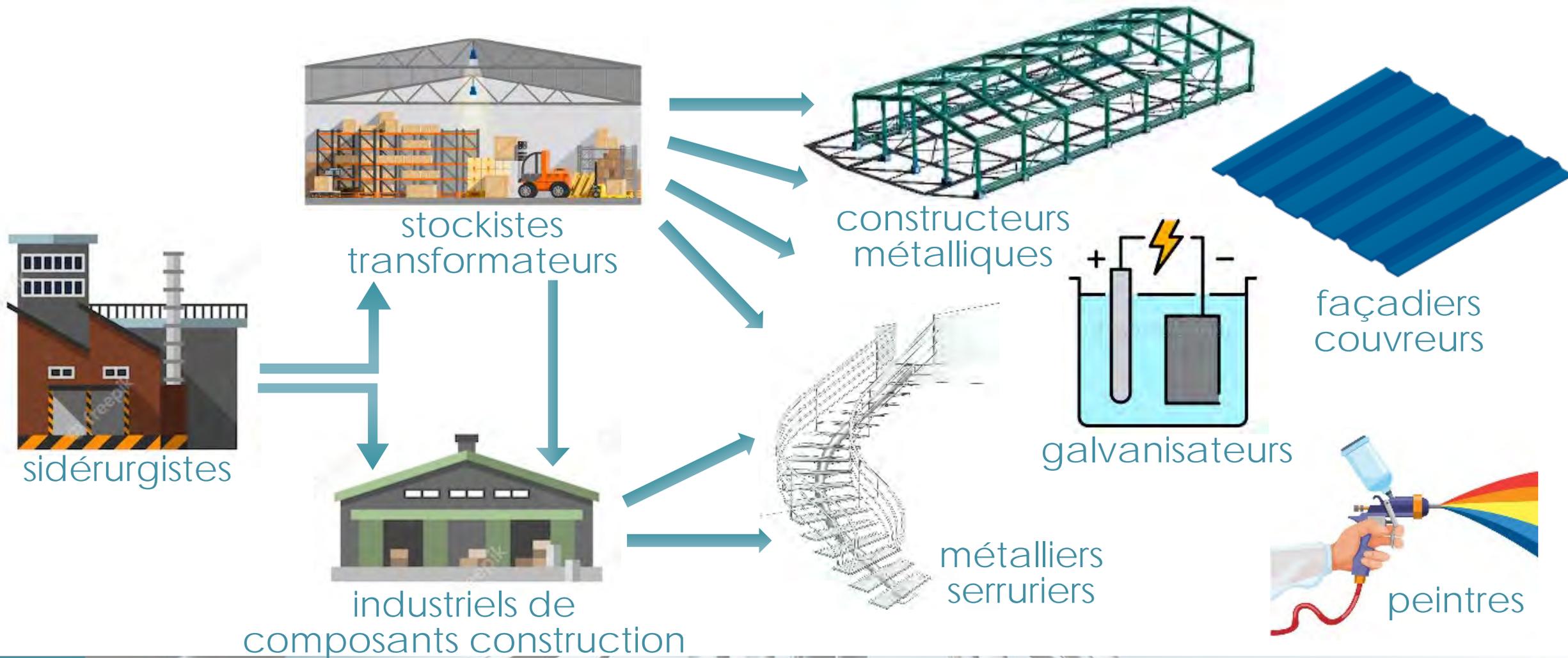
La « filière acier construction » »

- Sidérurgistes
- Distributeurs, transformateurs
- Constructeurs métalliques
- Métalliers
- Organismes professionnels
 - CTICM
 - SCMF
 - Enveloppe Métallique du Bâtiment
 - FFDM
 - L'Union des métalliers
 - L'AFTA.P
 - Galvazinc
 - Filière Peinture Anti-corrosion

| 175.000 emplois / 20.000 sites / 40 Md € C.A.



La diversité des métiers de la filière acier construction



Acier : le matériau

- Acier = Fer (Fe) + Carbone (C) avec $C \leq 2\%$
 - 2 grandes familles : aciers non alliés ou alliés (présence d'autres composés)
- Il existe donc des aciers !



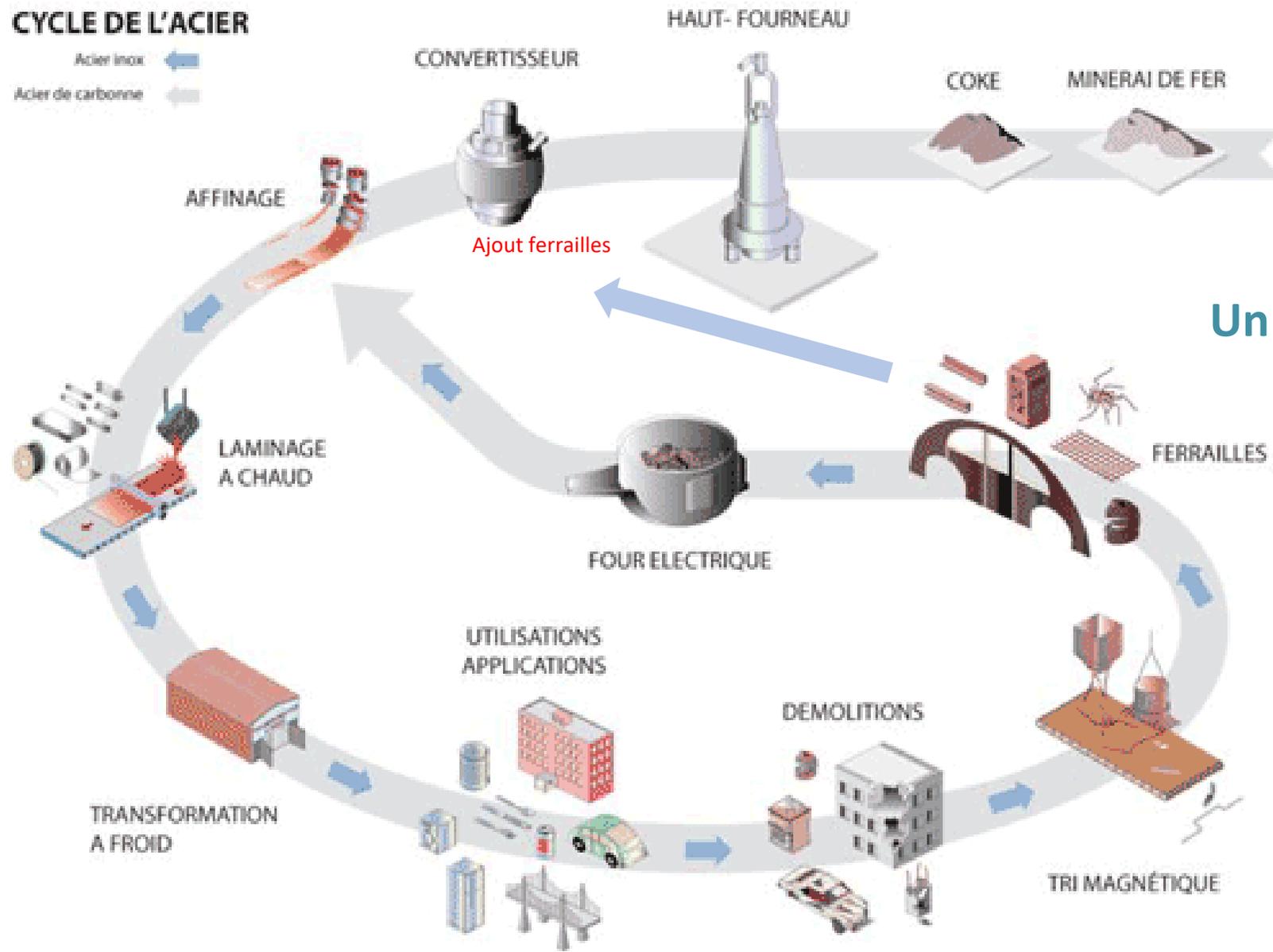
Le Fer (Fe) : gisement abondant

- 6ème composant dans l'Univers
 - 5 % de la masse de la croûte terrestre, 35 % de la masse de la Terre (noyau + manteau)
 - Le Fer est l'élément le plus abondant sur Terre (comparable en masse avec l'O₂)
- acier, matériau « géo-sourcé »



CYCLE DE L'ACIER

Acier inox ←
Acier de carbone ←



Un cycle en boucle fermée



Demain : l'acier décarboné

La filière sidérurgique sur la voie de l'acier « vert »

Objectifs :

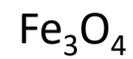
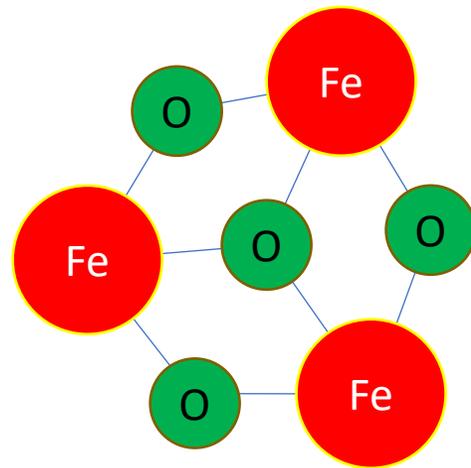
- réduction des émissions CO₂ de **30 à 55% en 2030** ;
- acier **neutre en CO₂ en 2050** pour les principaux sidérurgistes

Rappel : deux voies de fabrication :
filière fonte / filière électrique (ou « ferrailles »)

Aujourd'hui : la quantité de ferrailles disponibles ne permet pas 100% filière électrique. On tend vers 60% filière Haut-Fourneau / 40% filière Electrique en Europe.

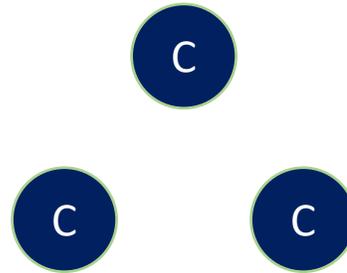


Production d'acier primaire : phase 1 au haut-fourneau

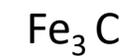
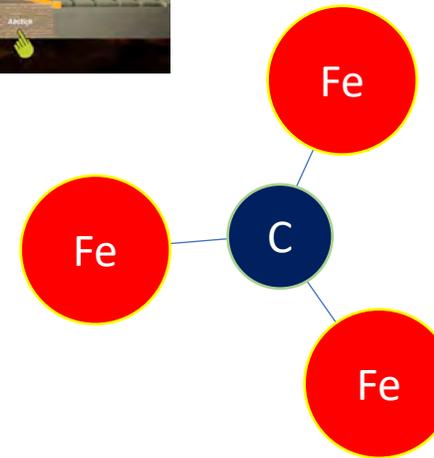


Magnétite

+

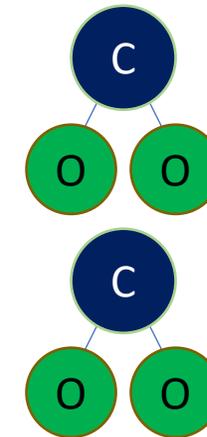


coke



fonte

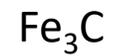
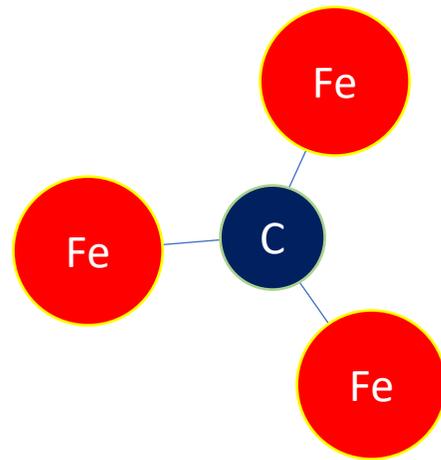
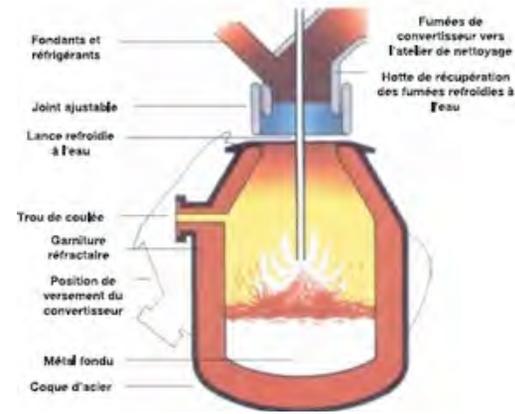
+



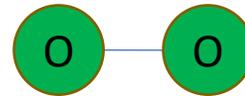
dioxyde de carbone



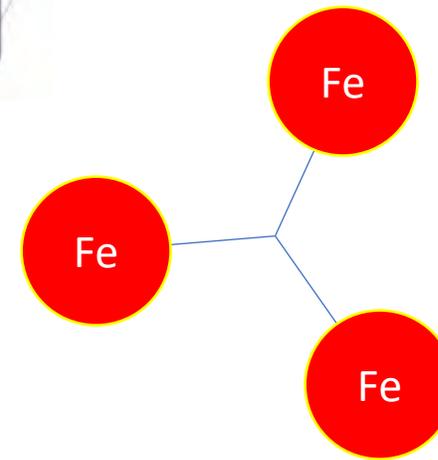
Production d'acier primaire : phase 2 au convertisseur



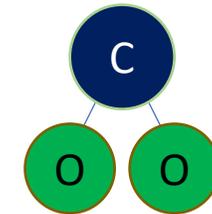
Fonte



dioxygène



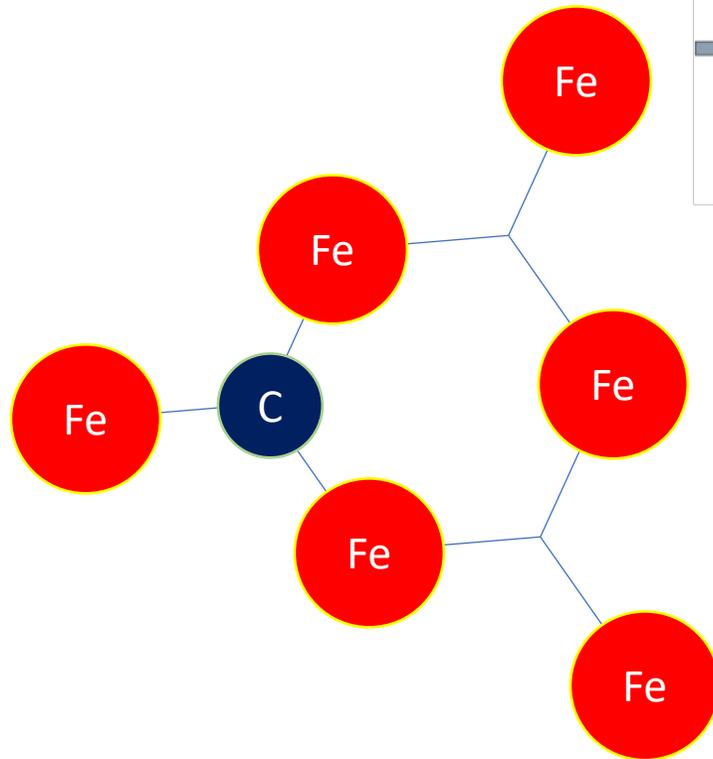
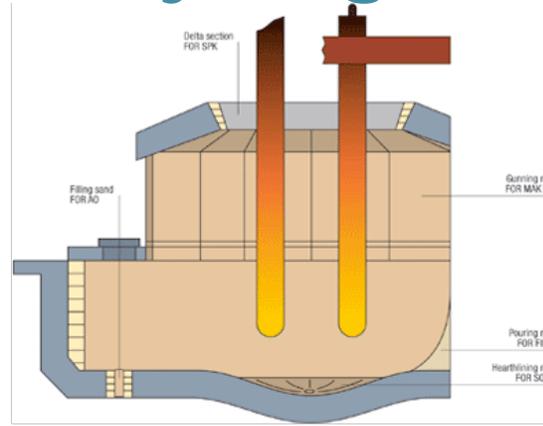
fer (acier)



dioxyde de carbone

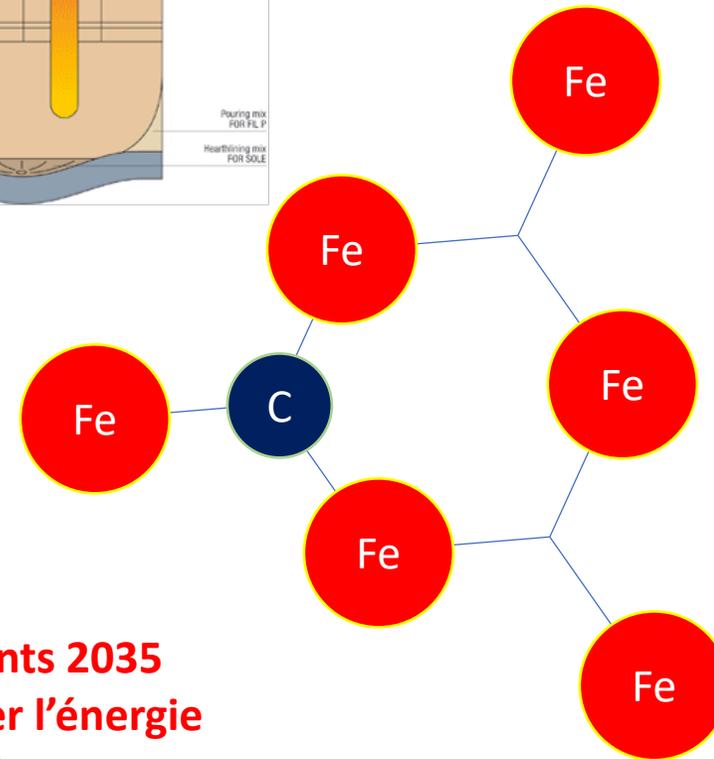


Production d'acier par recyclage



acier

**Engagements 2035
Décarboner l'énergie**



acier



La transformation est déjà en marche!

Utiliser de **l'électricité** provenant d'énergies **renouvelables** (solaire, éolienne) et non fossile pour les aciéries (surtout électriques) et toutes les étapes de fabrication

Capter, purifier et **liquéfier** le CO₂ ou le **valoriser** (partenariat Air Liquide ou production de bio-éthanol en Belgique)

Au haut-fourneau : remplacer le charbon par du **Gaz naturel**, puis...

Utiliser de **l'hydrogène** au lieu du gaz naturel pour la réduction du minerai de fer sans émission de CO₂.

...Puis de l'hydrogène décarboné c'est à dire produit à partir d'électricité propre

Augmenter la part de ferrailles utilisées (augmenter la récupération de ferrailles en Europe, dans le Monde)

Remplacer le coke par de l'hydrogène (progressivement)

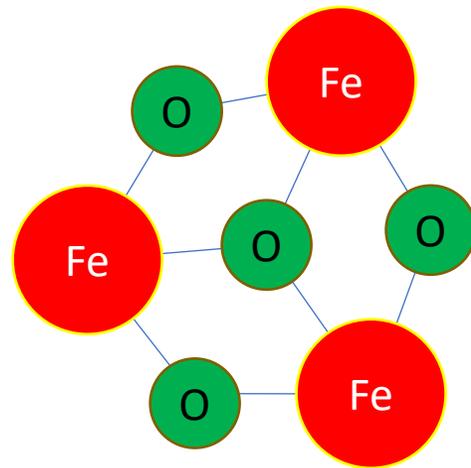
- Il n'y a plus de libération de CO_2 mais de H_2O (=eau)
- Aujourd'hui : $\text{FeO}_2 + \text{C}$ (coke) \rightarrow Fe-C (fonte, acier) + CO_2
- Demain : $\text{FeO}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{Fe} + \text{H}_2\text{O}$
- Coût important qui doit diminuer

Apport de carbone seulement à la station d'affinage

Conversion des outils industriels : des milliards d'€ engagés dans sidérurgie

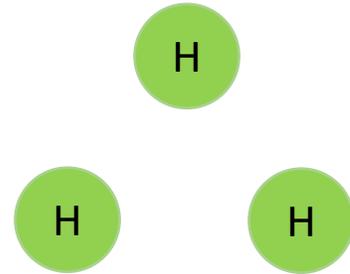
Objectif final 2050 mais déjà de forts engagements avant 2030

Production d'acier avec de l'HYDROGENE

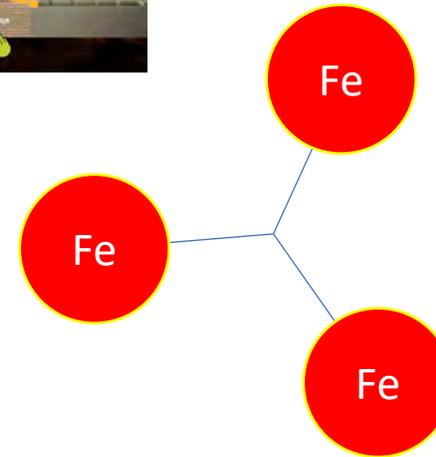
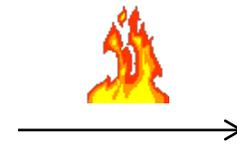


Magnétite

+

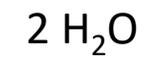
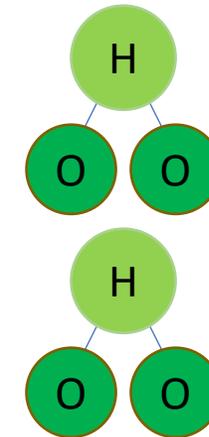


hydrogène



fer

+



eau



L'optimisation dans la conception



L'optimisation dans la conception

Très longue **durabilité** des structures en **acier** (ponts, bâtiments), grâce à la galvanisation et la protection anti-corrosion (structures visibles, d'entretien aisé, remises en peintures, etc...)

Nuance d'acier ↔ réduction de la quantité d'acier

- **recours aux aciers HLE** – à haute limite d'élasticité, pour diminuer l'épaisseur (donc le poids, donc les émissions GES)

ex: aujourd'hui acier courant S355,

→ utilisation accrue de **S460** (disponibilité OK ! et même **S500**)

- utilisation **aciers autopatinables W** : ils ne demandent aucune (re)mise en peinture

- utilisation de HLE + W ;

- utilisation de poutres hybrides (355/460)

Conception optimale : préfabrication, démontabilité, évolutivité

Conception de ponts (semi-) intégraux

Mixité des matériaux : l'acier se mixe avec le béton, avec le bois, avec le verre

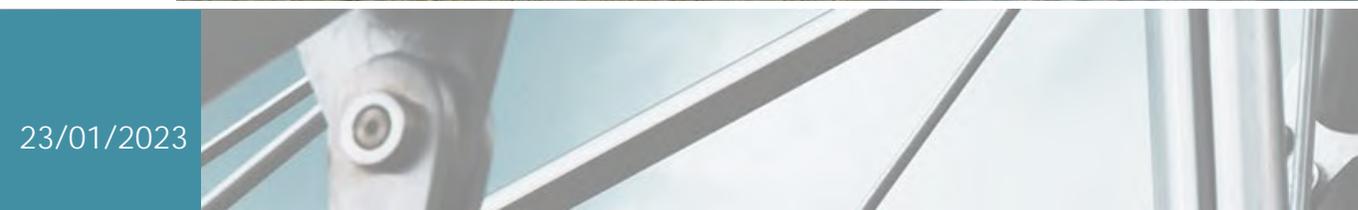
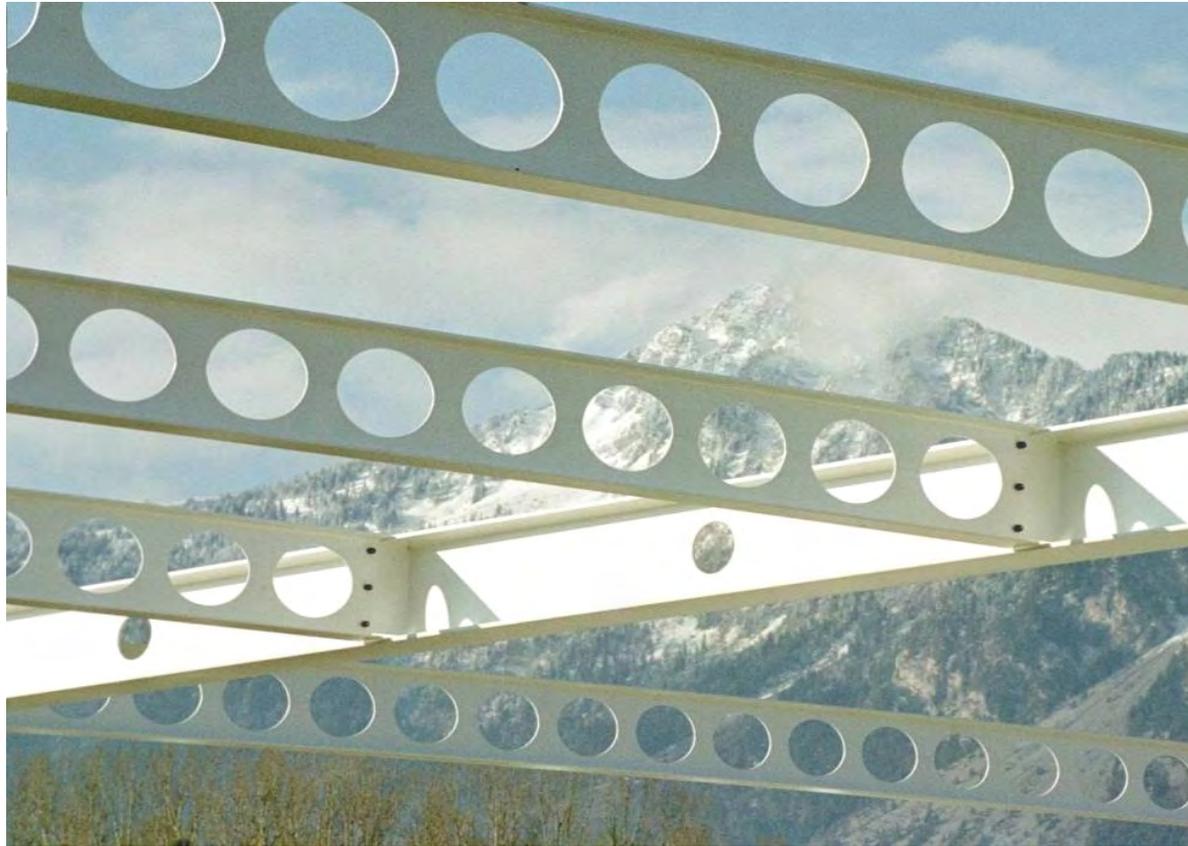


Viaduc de Millau



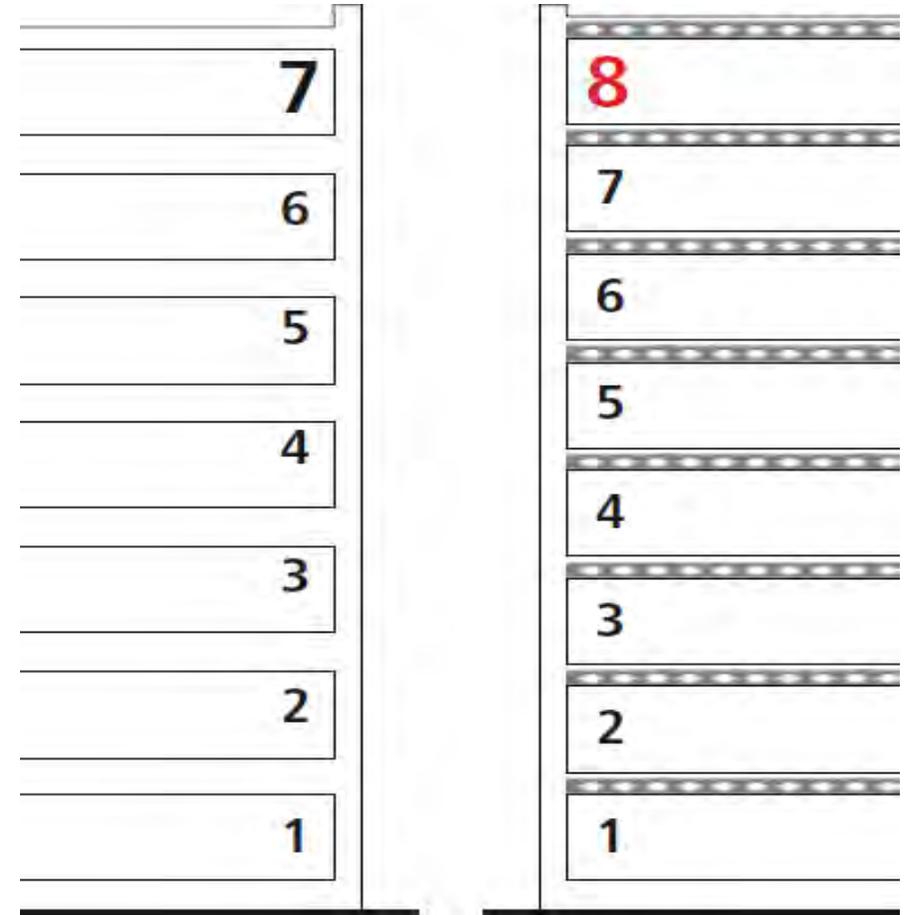
Construction métallique : 3 techniques combinées

1 - La poutre cellulaire



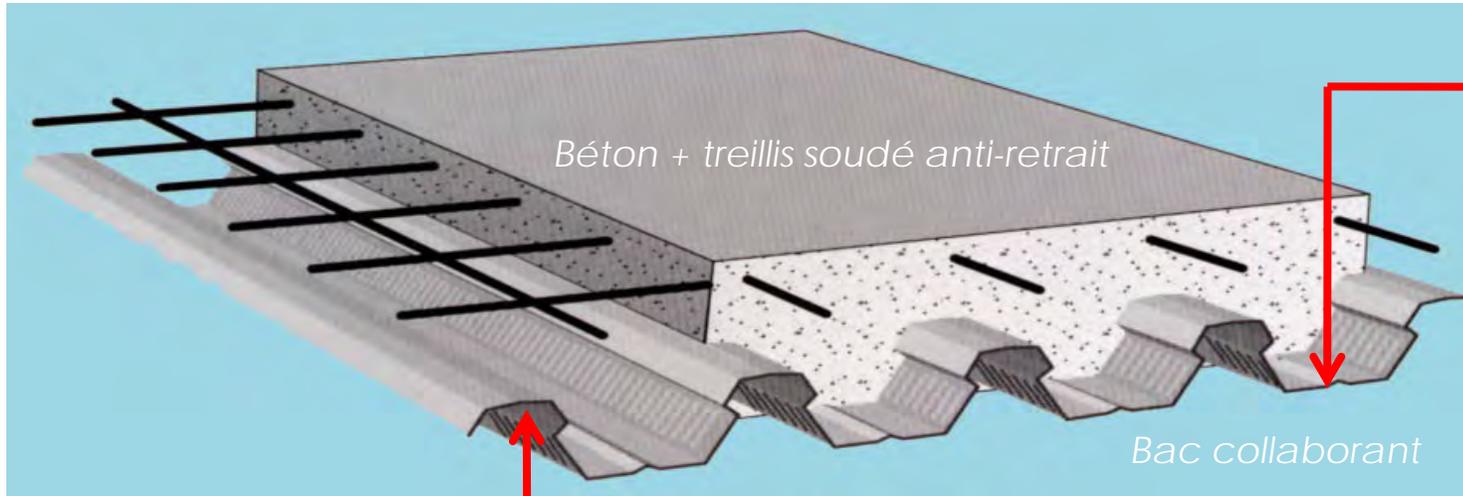
Construction métallique : 3 techniques combinées

1 - La poutre cellulaire



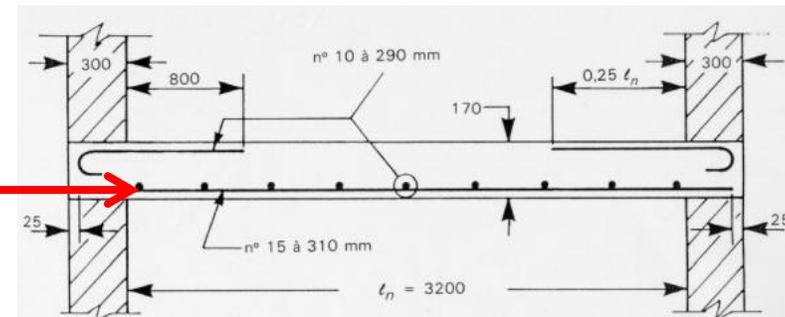
Construction métallique : 3 techniques combinées

2 - Le plancher collaborant



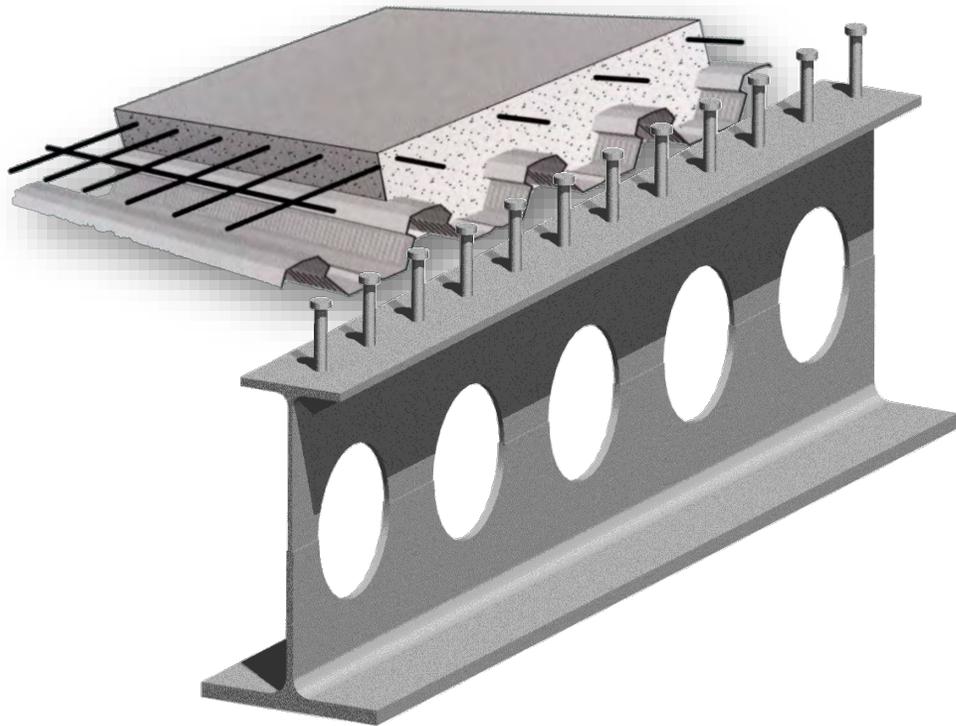
Reprise des efforts de traction

Remplacement des aciers de BA.



Construction métallique : 3 techniques combinées

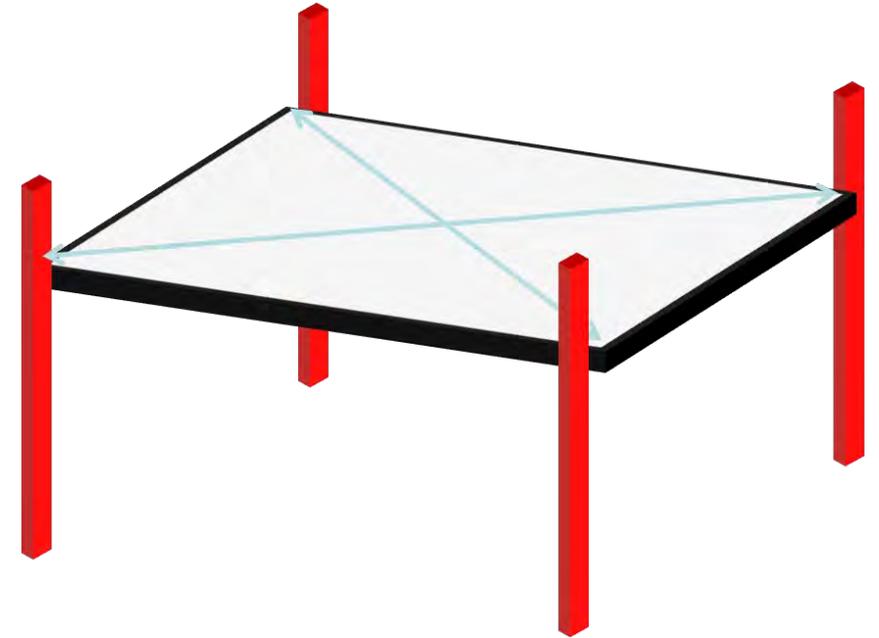
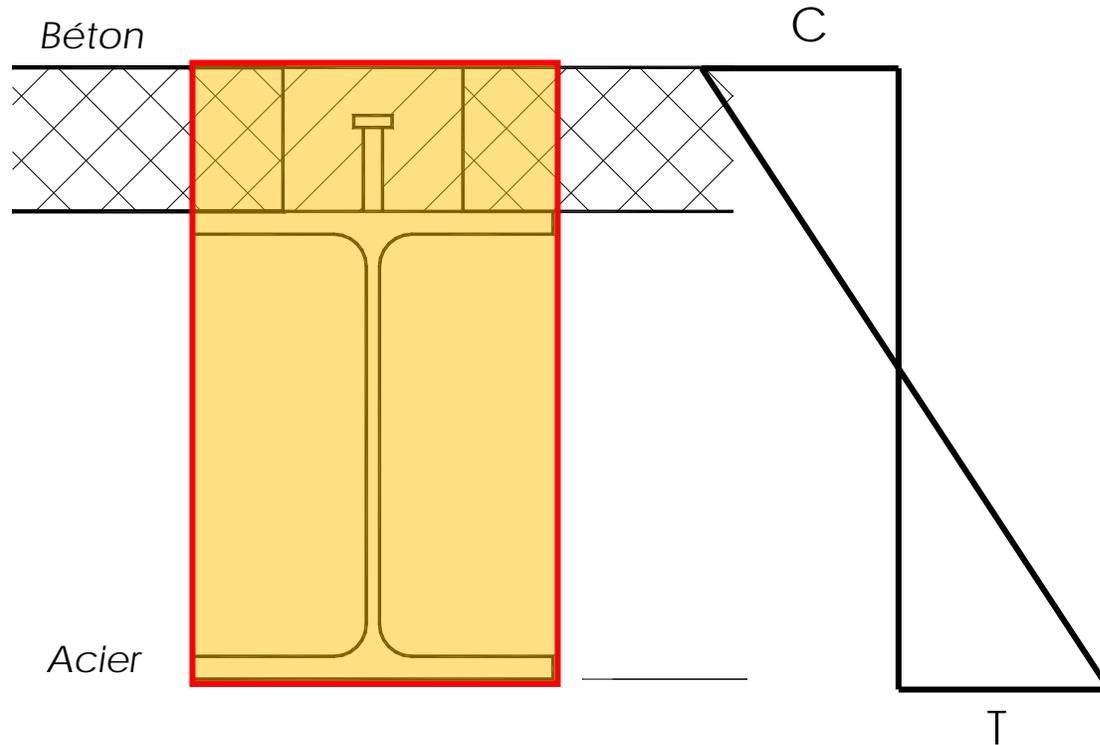
3 – La construction mixte



Bipoutre mixte / possibilité de poutres hybrides

Construction métallique : 3 techniques combinées

3 – La construction mixte



Autres pistes évoquées dans le GT Afgc

- | Réduire le gaz, le soudage
- | Aciers plus faciles à souder, à assembler
- | Optimiser la technique de soudage



| La vie en œuvre



La vie en œuvre

Réversibilité, **flexibilité**, et surélévation des **bâtiments**

L'acier est LE matériau de la réhabilitation

Élargissement, agrandissement **d'ouvrages d'art** –
adaptation à de nouvelles contraintes (pont sur le Tage
à Lisbonne)

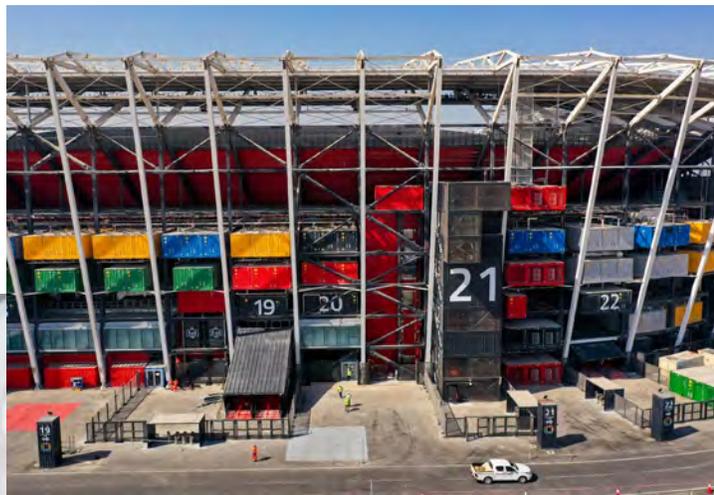
Pont à tabliers séparés : maintenance optimale (pas de
bouchons)

Exemples de stades démontables ou reconfigurables
(J.O. Londres, Paris, stade Qatar)



Passerelle d'Olivet

Viaduc de Guerville



Stade 974 Qatar

| Recyclage et réemploi en fin de vie



Recyclage et réemploi

Un cycle de vie en boucle fermée

L'acier n'est jamais un déchet : il est sa propre matière première.

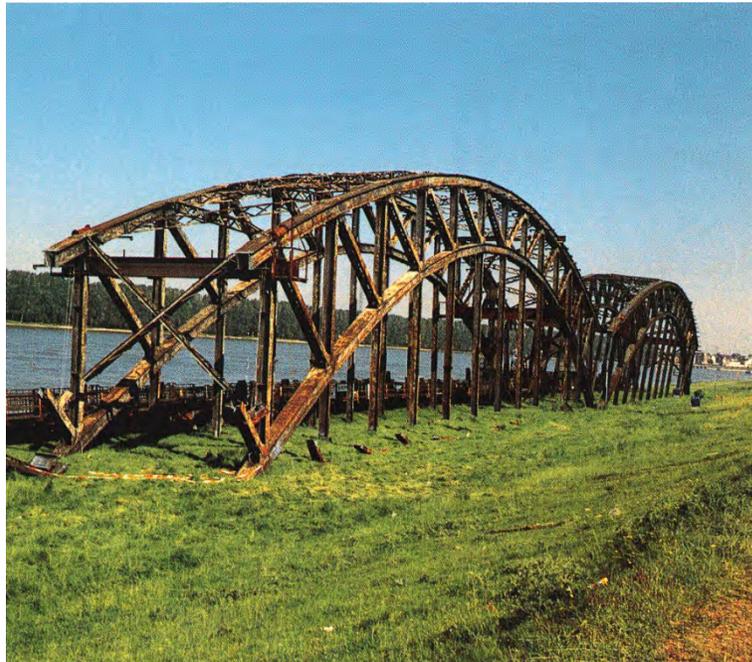
Tri, récupération, recyclage ...et réemploi

Les produits acier dans la construction : recyclés de 85 à 90% (99% dans l'automobile)

L'acier **se recycle** en boucle fermée : pour refaire de l'acier (contenu recyclé 40% en Europe) – module D de l'ACV



Déconstruction propre



Démontage du pont de Hammer à Düsseldorf



Démontage du pont ferroviaire de Pontoise (1861 – 1999)

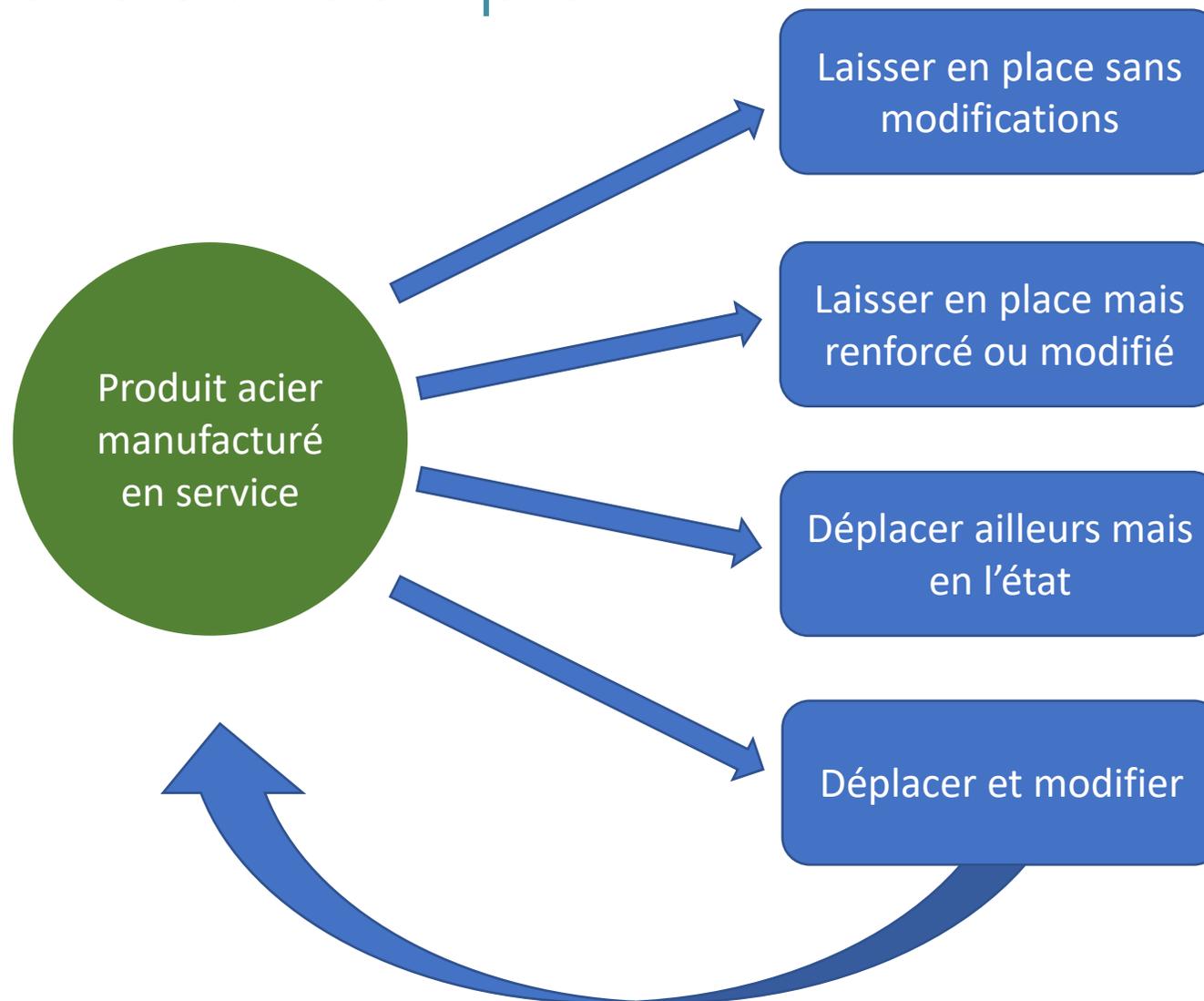
Focus : le réemploi, une valeur séculaire



Source gallica.bnf.fr / BNF

Foire à la ferraille, Boulevard Richard-Lenoir – 1922

Les 4 options du réemploi



Déplacé ailleurs et sans modification



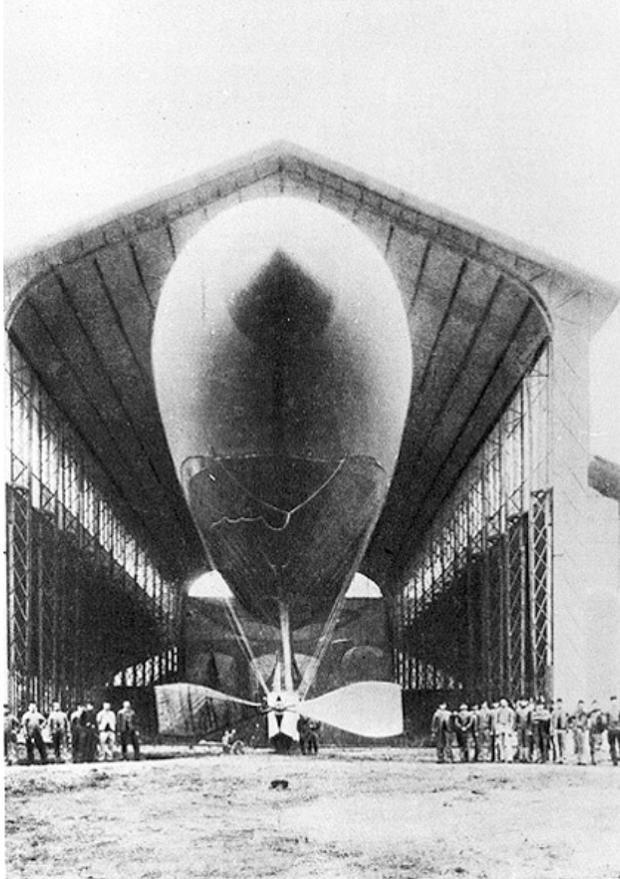
Sources : <http://paris1900.lartnouveau.com>



*Pavillon Baltard (ex- Pavillon n°8 des halles de Paris)
Nogent-sur-Marne, 1976*



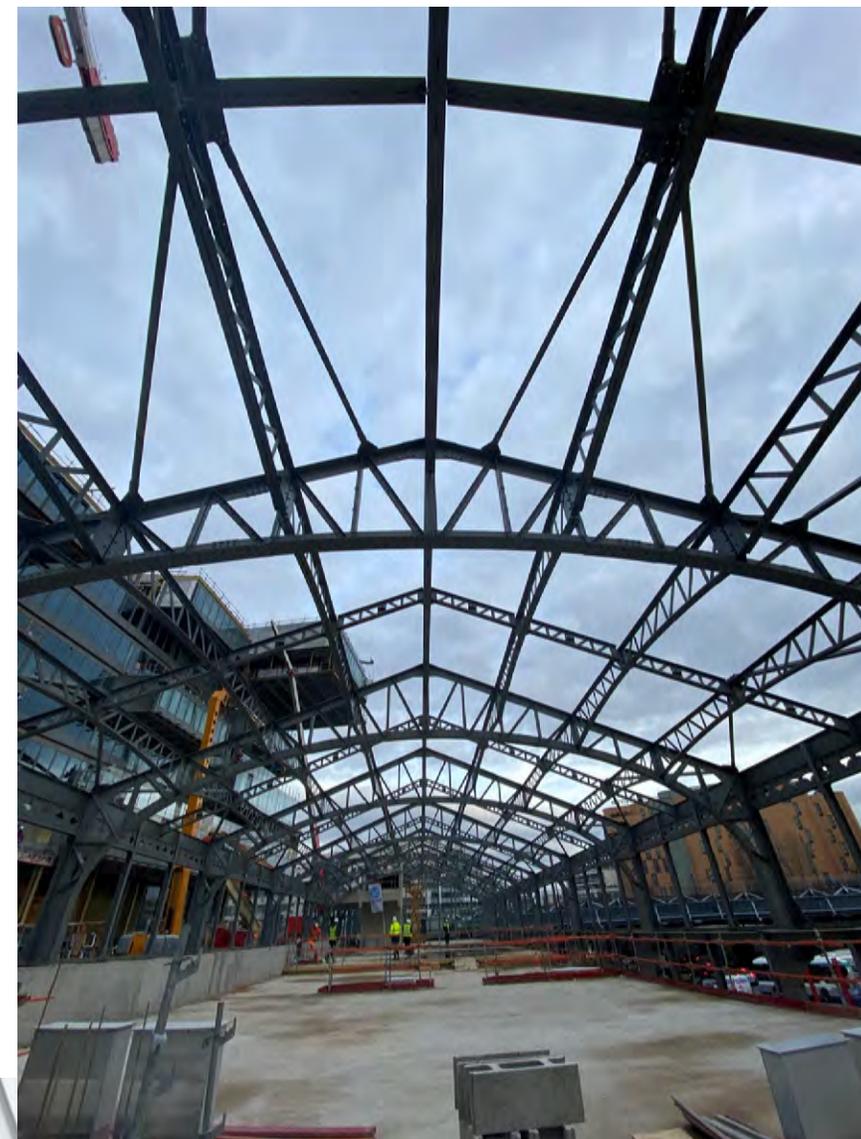
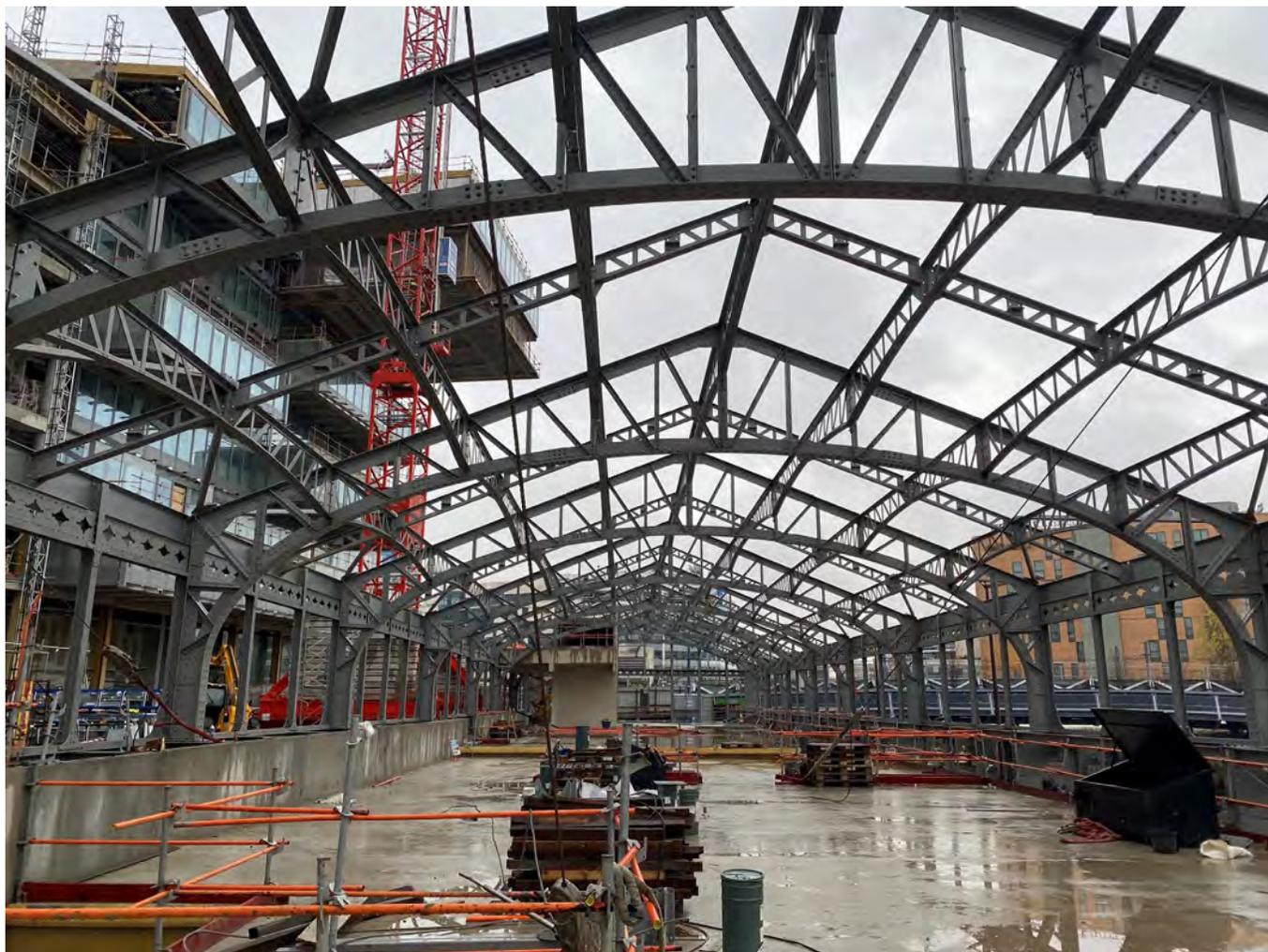
Déplacé ailleurs et avec modifications



*Hangar Y à Meudon :
déménagement 1880 et rehausse des poteaux*



Et aujourd'hui...



Immeuble Bridge – Siège Orange, Issy les Moulineaux, 2021, Viguier Architecture

Réemploi de ponts militaires ou Unibridge



Ponts Unibridge[®] développés par Matière : <https://www.matiere-tp.com/fr/produit/unibridge/>



Pour en savoir plus

| Groupe de travail AFGC Eco-Conception des OA en acier (et mixte)

| Dossier dans notre revue Matières : <https://www.construiracier.fr/magazine-matieres/>



DÉCAR-BONNE ANNÉE



En 2023, l'acier décarboné
conduit la ville vers 2050.

CONSTRUIRACIER

FLIÈRE D'EXCELLENCE POUR L'ENVIRONNEMENT