GC'2011

CACHAN
22 et 23 mars

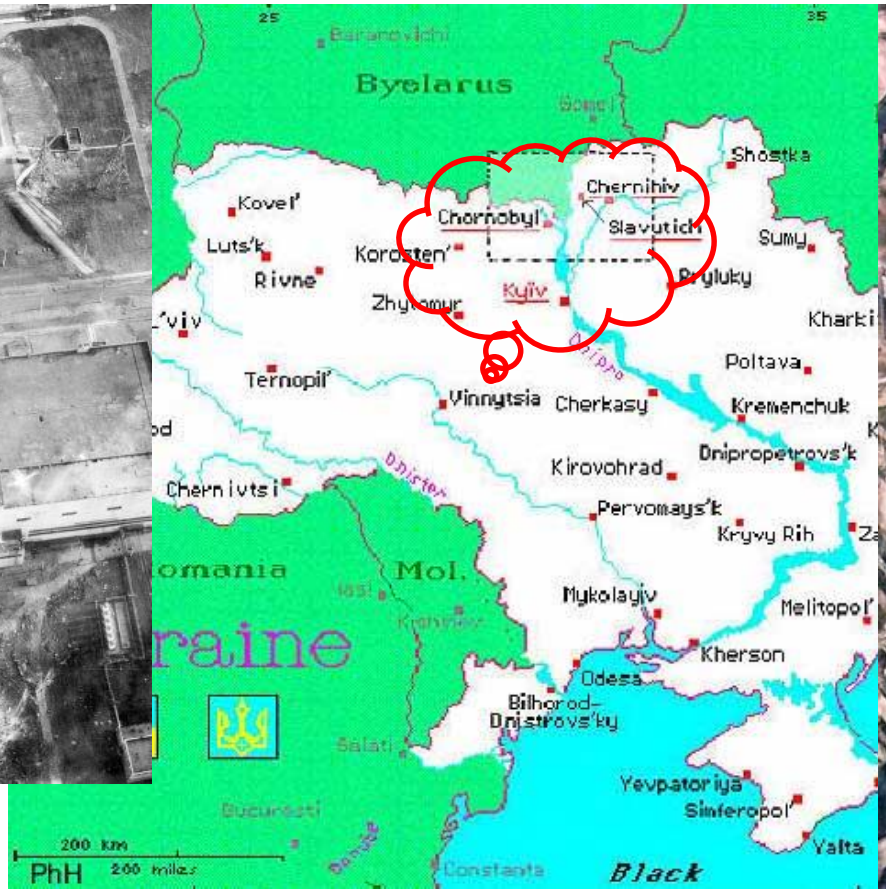
Denis ETIENNE – *BOUYGUES TP*

Arche de Tchernobyl : un ouvrage métallique de durée 100 ans sans maintenance

Session 1 : Innovation dans le génie civil au service de la conception

Un peu d'histoire …





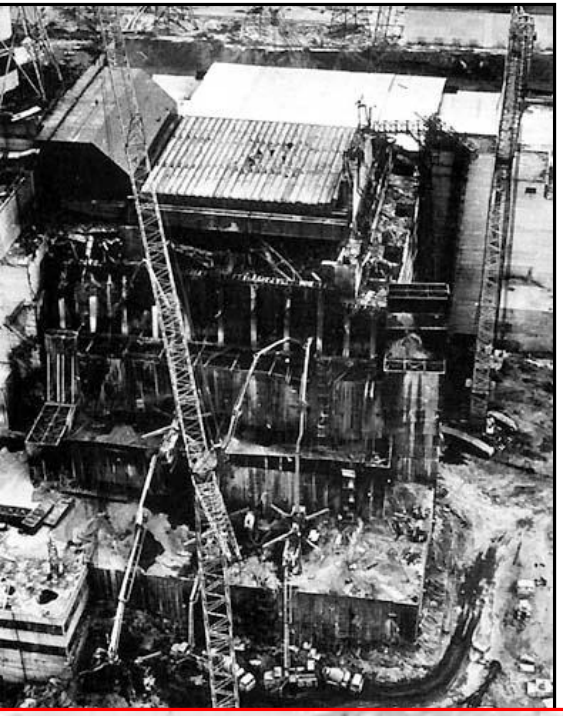


26 avril 1986 : explosion du réacteur n° 4 de la centrale de Tchernobyl (100Km au nord de Kiev)

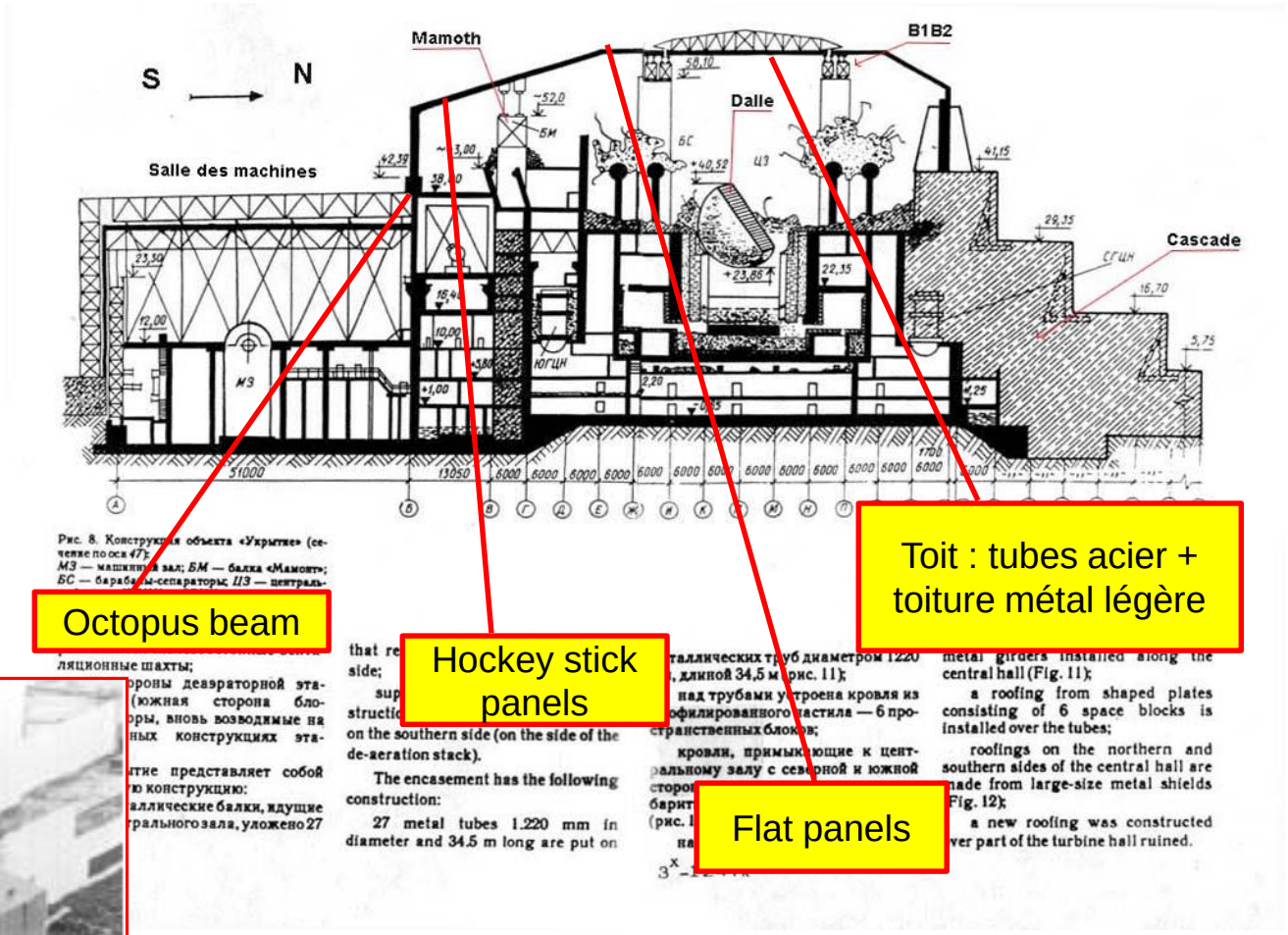
190 tonnes de combustible nucléaire (Uranium) restent prises dans un amalgame vitrifié de déchets de béton et d'acier, une tonne de poussières est chargée de produits radioactifs.

Les 3 autres réacteurs sont arrêtés depuis 2002 :

Le Sarcophage (Object Shelter)



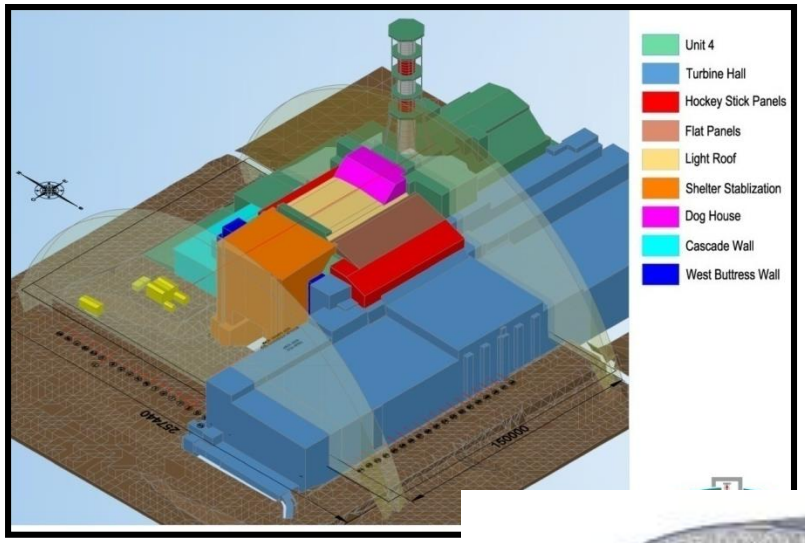


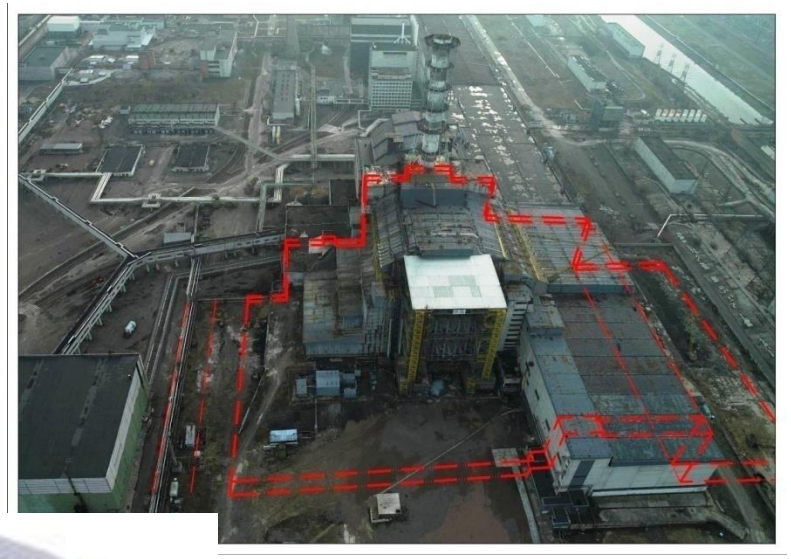


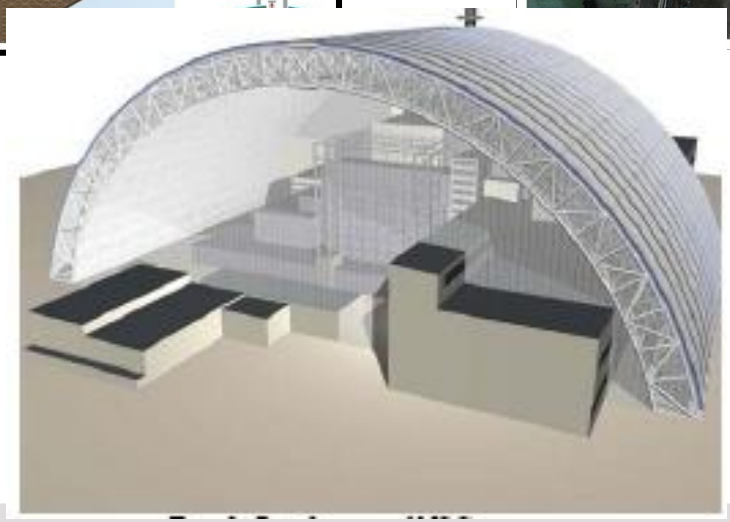
Réalisation du sarcophage (Object Shelter) entre mai et novembre 1986 !!

Le projet du New Safe Confinement (NSC)

Risque d'effondrement du Shelter "provisoire" (corrosion, séisme, tornade …) → Réalisation d'un ouvrage de confinement "sûr" , le NSC : tâche 22 du SIP (Shelter Implementation Plan) : démantèlement du sarcophage, puis enlèvement des déchets radioactifs et du combustible nucléaire.







Les fonctions du NSC et les intervenants

1 : Confinement des poussières radioactives et protection du sarcophage contre les actions climatiques

Le NSC n'est pas une protection contre les rayonnements

2 : Support/moyens/infrastructure pour le démantèlement des structures instables du sarcophage (Object Shelter) puis des RAW et FCM :
ponts roulants, systèmes électriques, eau (supply et sewage), ventilation, moyens de manutention, accès (y compris issues de secours), communication, système de commande (ICS), bâtiments techniques.

Financement : pays donateurs → Chernobyl Shelter Fund

BERD : la Banque Européenne pour la Reconstruction et Développement , gestion du CSF

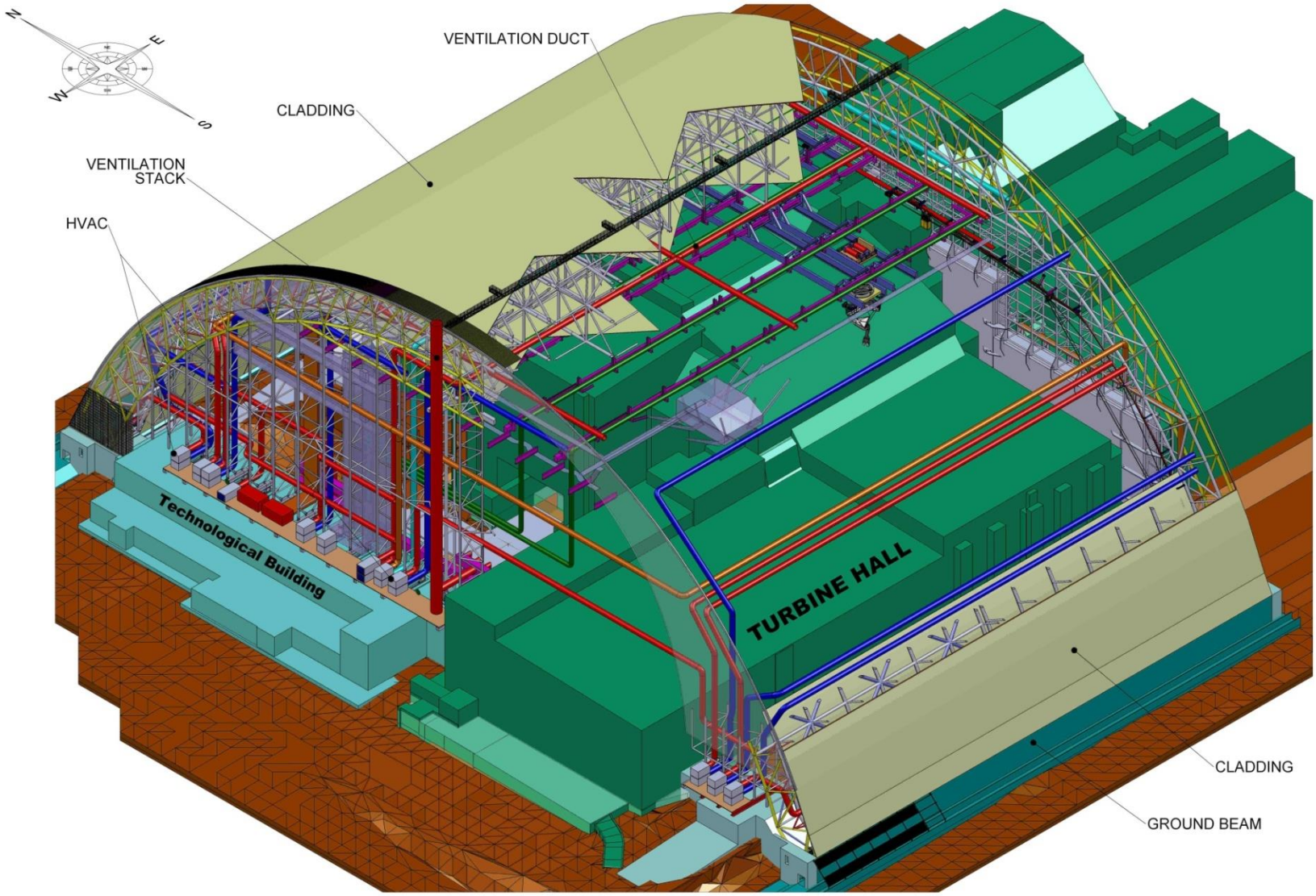
CHNPP : Chernobyl Nuclear Power Plant : le "client"

PMU : Project Management Unit (le "maitre d'oeuvre"), association de Battelle et Bechtel , a realisé le concept design du projet NSC

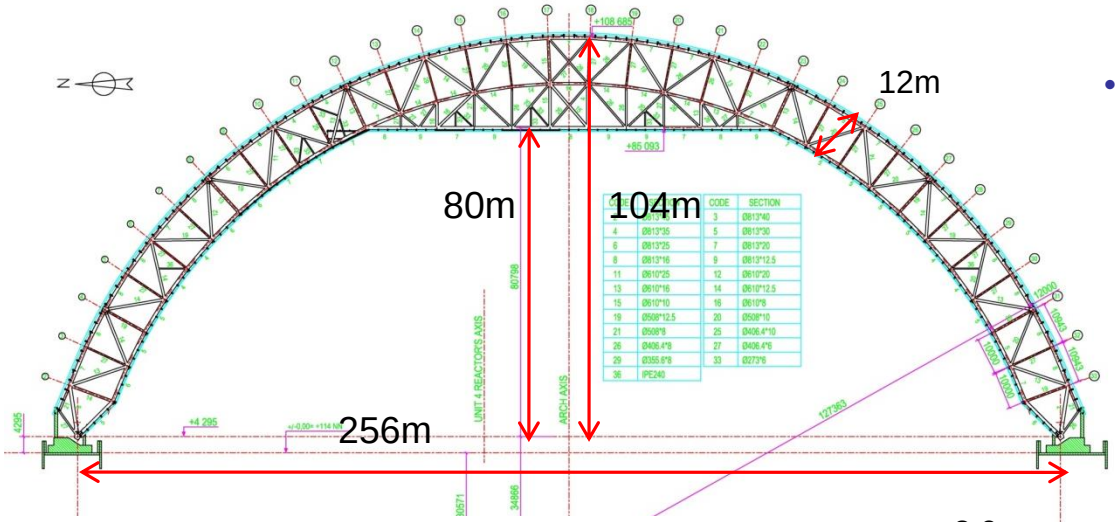
Autorité de Sureté Ukrainienne ("Régulators") et tous ses instituts Ukrainien "experts"

NOVARKA : JV Vinci GP et BYTP : design et réalisation de l'arche et des systèmes associés → le New Safe Confinement (NSC)

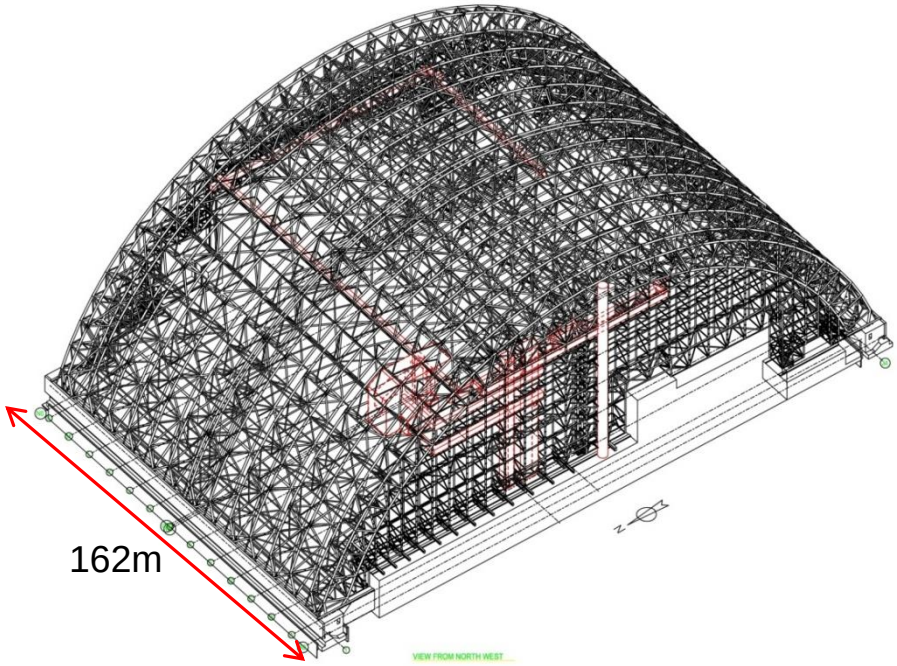
Le New Safe Confinement (NSC)

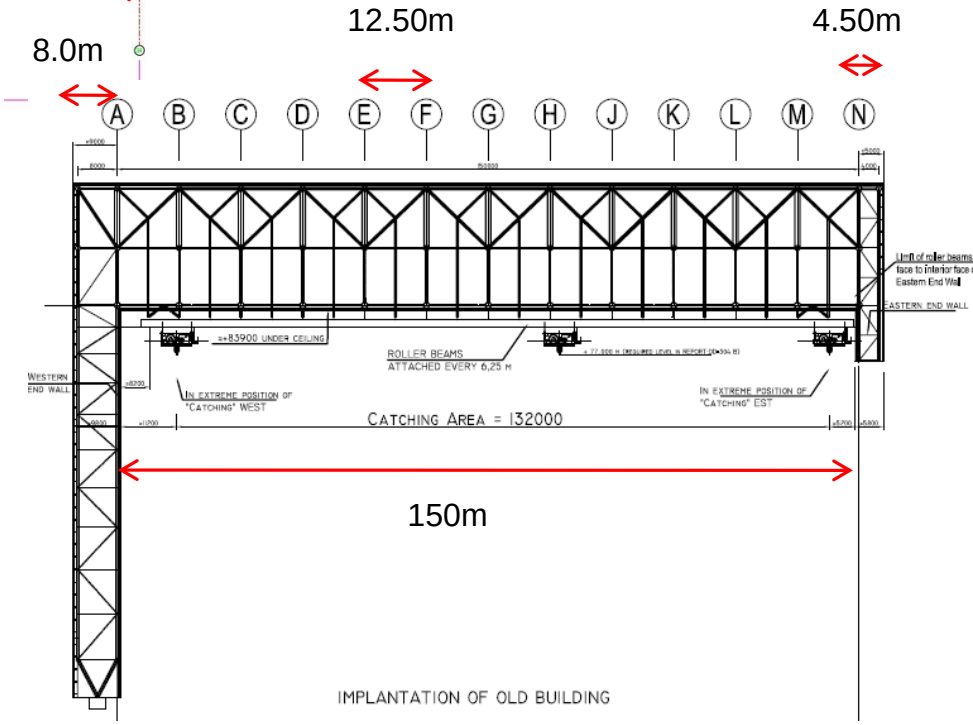


Steel Arch



- 16 Arches (Tubes) - Nuance S355 – Diam (813mm / ép 12.5mm à 45mm), reposant sur 2 longrines en béton armé par l'intermédiaire d'appareils d'appuis à pot.



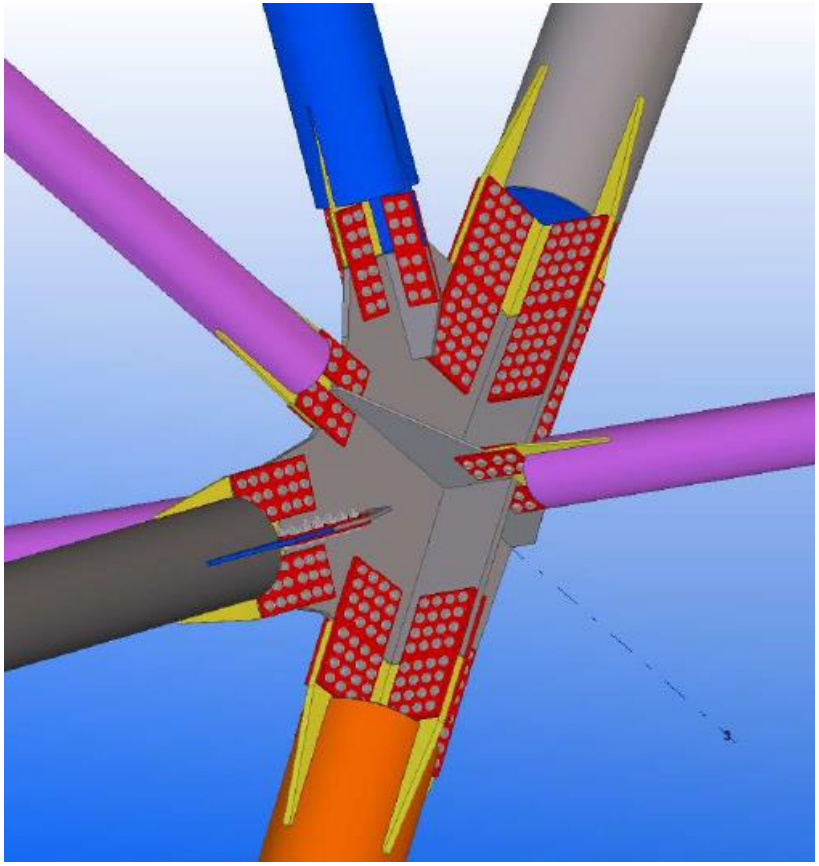


STEEL ARCH

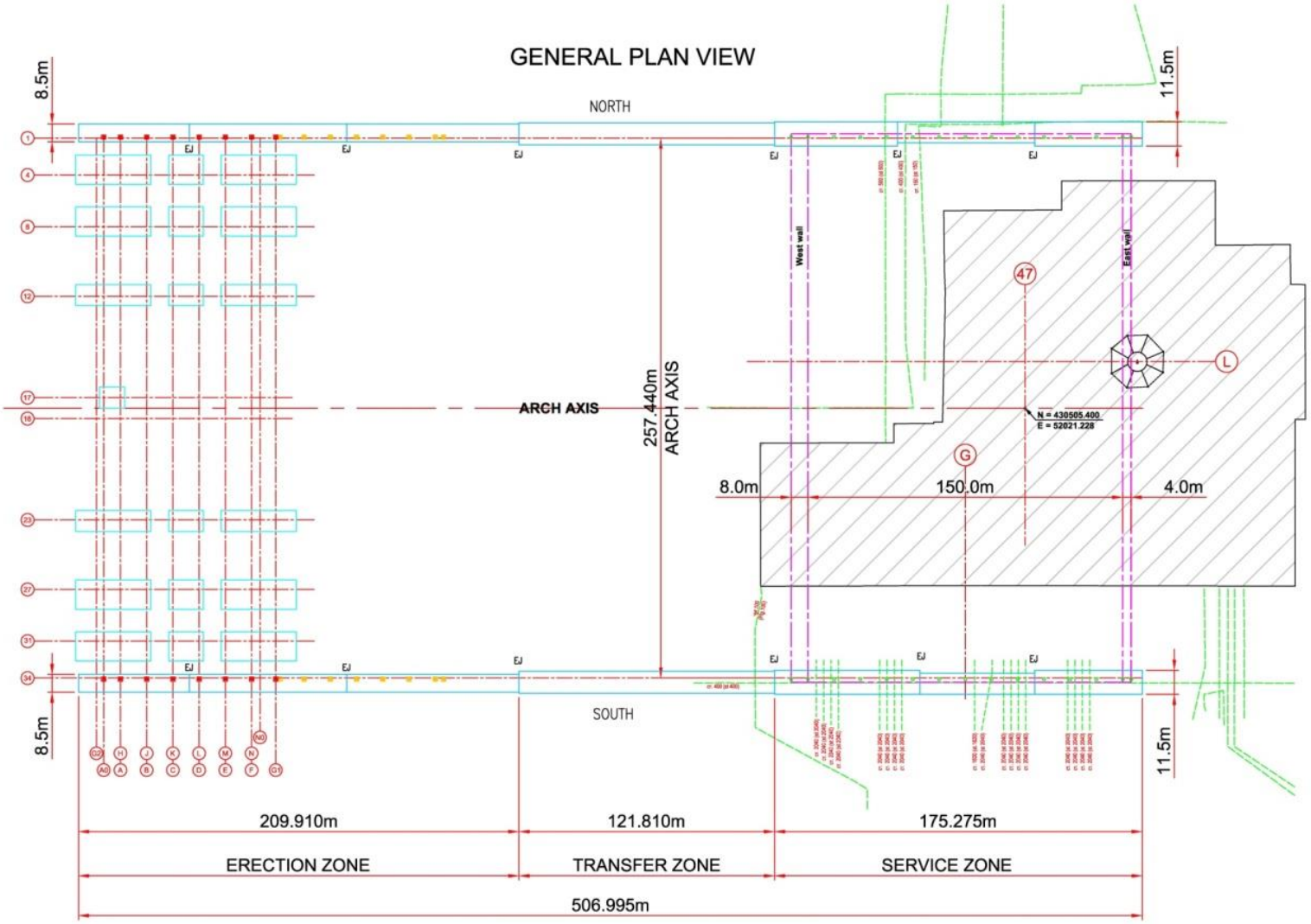
- Assemblage Boulonné précontraint
  (~350 000 Boulons HV - Diam 30mm)

- Pannes acier galvanisé , espacement 2.75m

- Poids de l'Arche:
  - Charpente (avec pannes) : ~ 23 000T
  - Bardage: ~ 6 400T
  - Poids Total avec équipements: ~ 32 000T

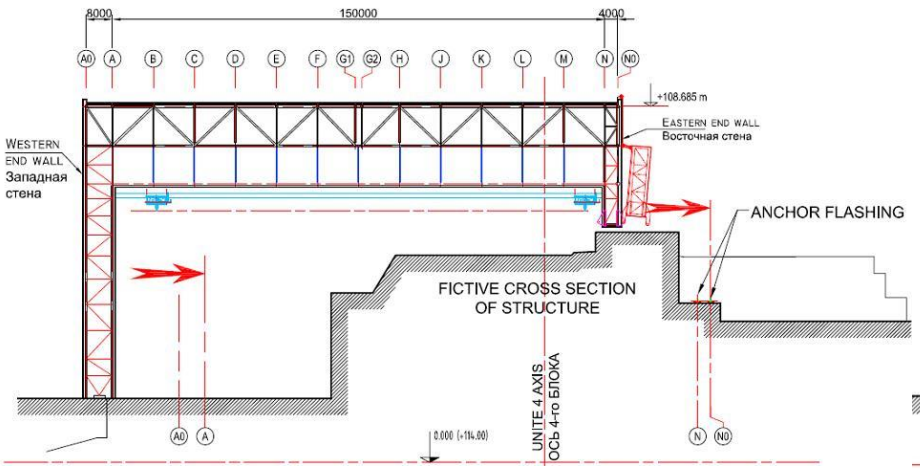


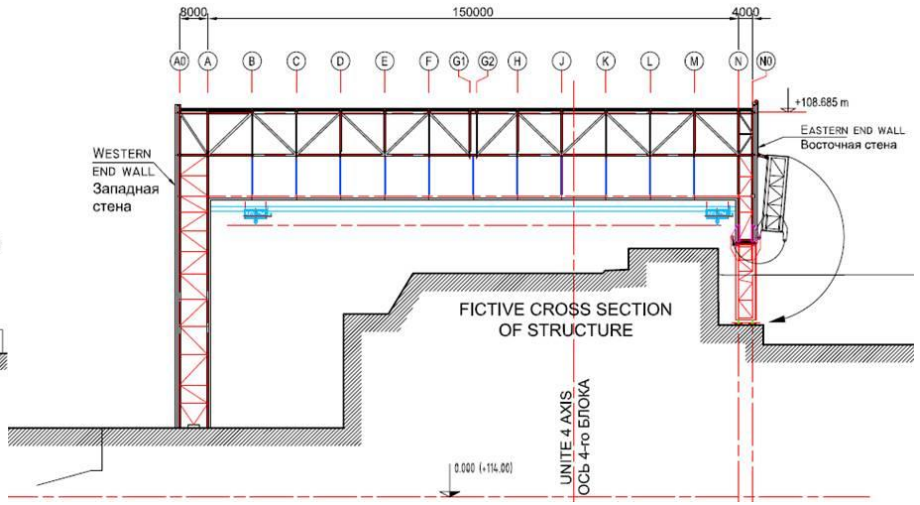
Construction

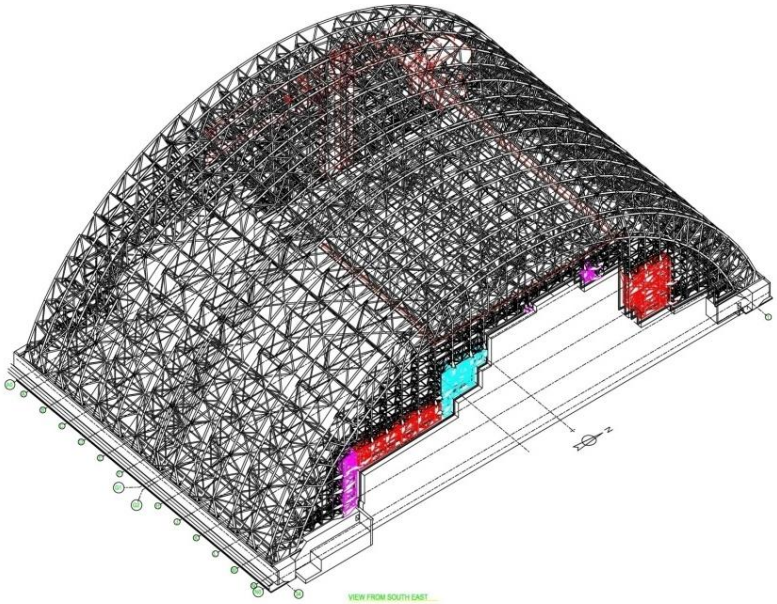


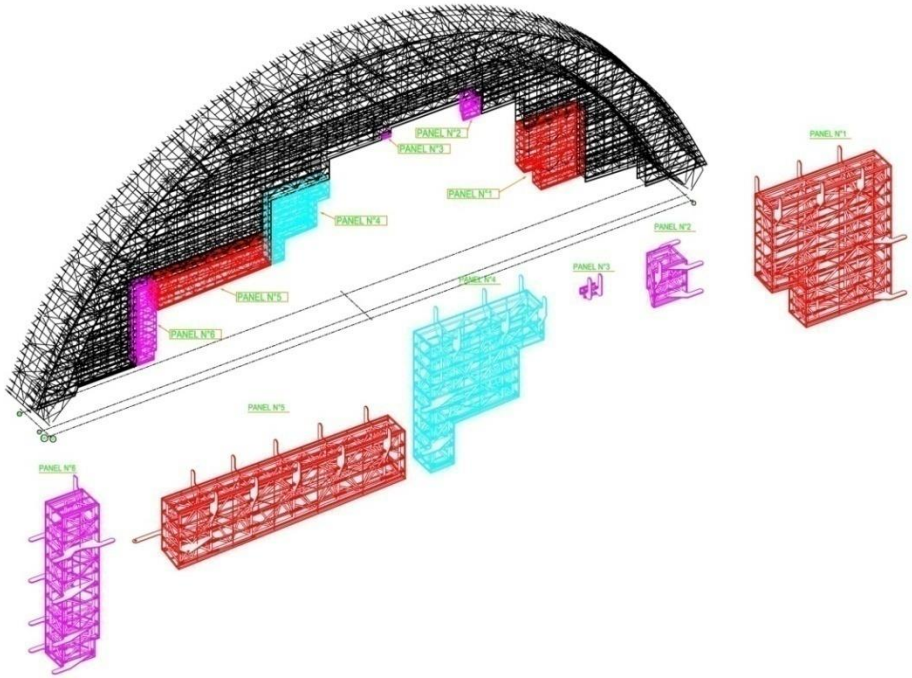
Steel Arch

Tilting panels mur est









Bardage (cladding)

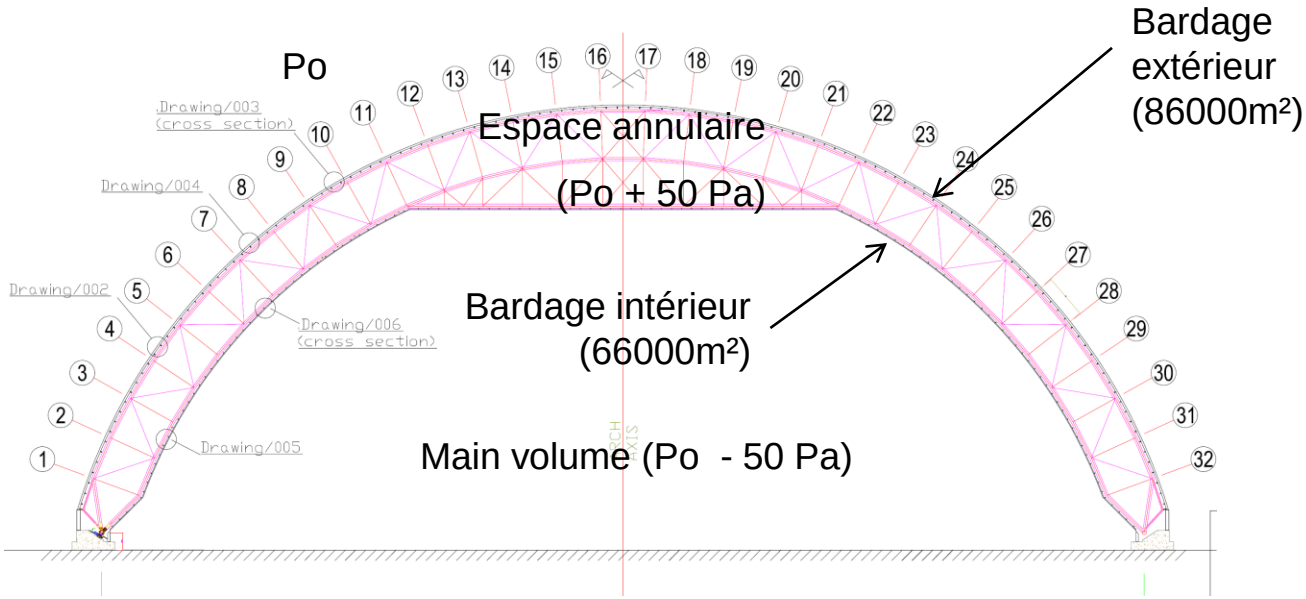
La structure métallique est à l'intérieur d'un espace clos → espace annulaire fermé par un bardage interne et un bardage externe.

Confinement du main volume → assuré par le bardage intérieur et la mise en surpression de l'espace annulaire.

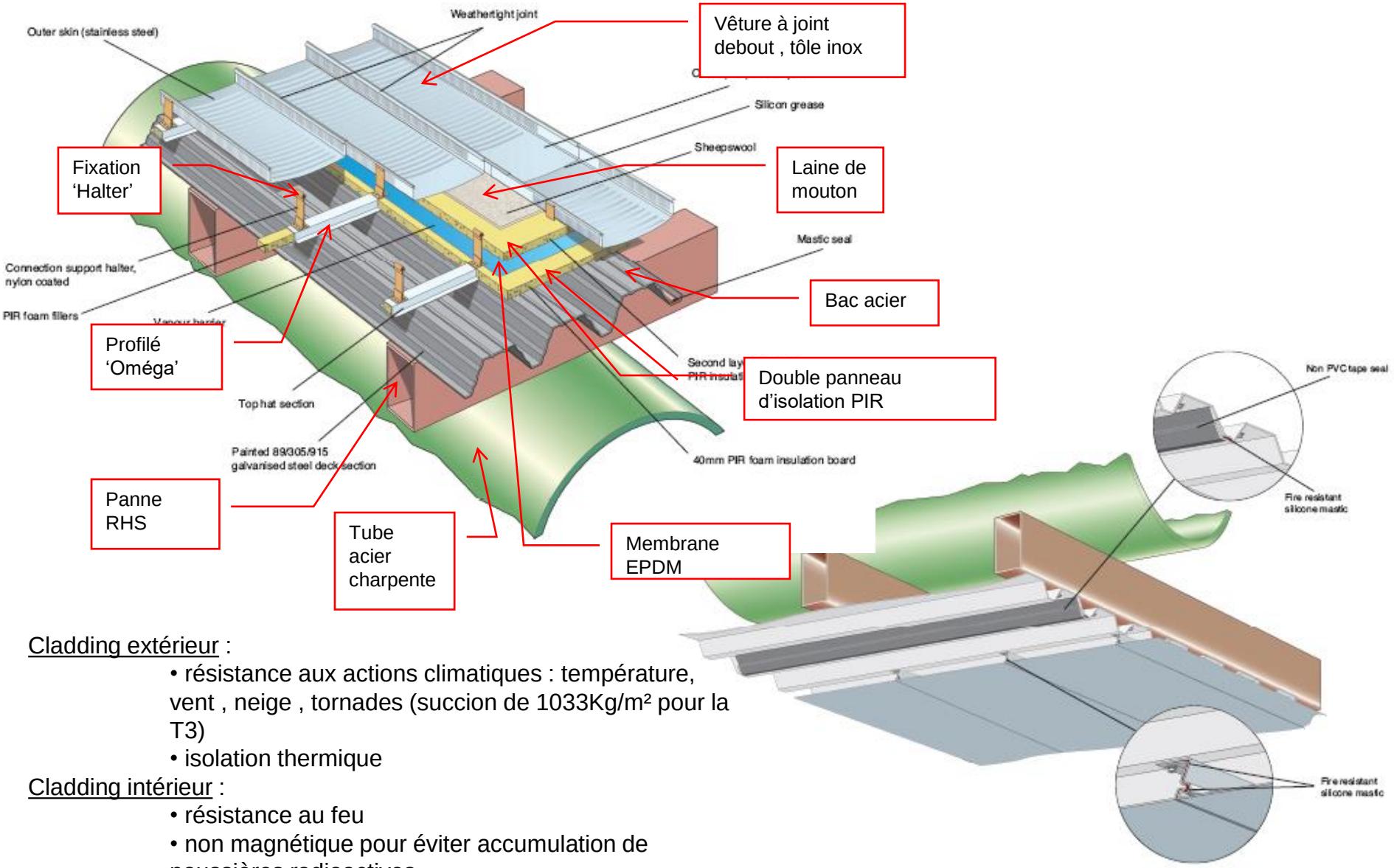
- Ventilation
- Bardages intérieur et extérieur « étanches à l'air » : fuite limitée à 65l/m²/h

Le bardage ne protège pas des rayonnements

Pas d'altération sous l'effet des radiations (10Rem / h pendant 100 ans)



Bardage (cladding)



<u>Cladding extérieur</u> :

- résistance aux actions climatiques : température, vent , neige , tornades (succion de 1033Kg/m² pour la T3)
- isolation thermique

<u>Cladding intérieur</u> :

- résistance au feu
- non magnétique pour éviter accumulation de poussières radioactives

DURABILITE 100 ANS DU NSC

Durée de vie (minimum) du NSC = 100ans (complexité et longueur des opérations de démantèlement jusqu'à l'enlèvement total du combustible nucléaire)

Le niveau de radioactivité au dessus du sarcophage interdit toute opération de maintenance planifiée avec intervention humaine.

La charpente métallique et les 2 claddings doivent donc être conçus pour durer 100 ans sans avoir recours à des opérations d'entretien ou de remplacement.

Principale cause de dégradation → corrosion de la structure métallique et des composants métalliques des claddings.

- phase de construction : corrosivité C3 (moyenne)
- vie de l'ouvrage après mise en service : corrosivité C2 (basse)

DURABILITE STRUCTURE METALLIQUE

1. Complexe de peinture anticorrosion pour les premières années (construction, début mise en service)
2. Contrôle du taux d'humidité relative dans l'espace annulaire sous les 40% grâce à un système de ventilation.

Peinture bicouche (tubes, profilés, tôles des assemblages):

- Couche primaire silicate d'ethyle riche en zinc (> 85%), épaisseur moyenne de 80 µm, chargée d'assurer la protection de l'acier.
- Seconde couche epoxy, épaisseur moyenne de 50 µm, protection de la 1ère couche contre tout endommagement pendant les phases de manutention et de construction.

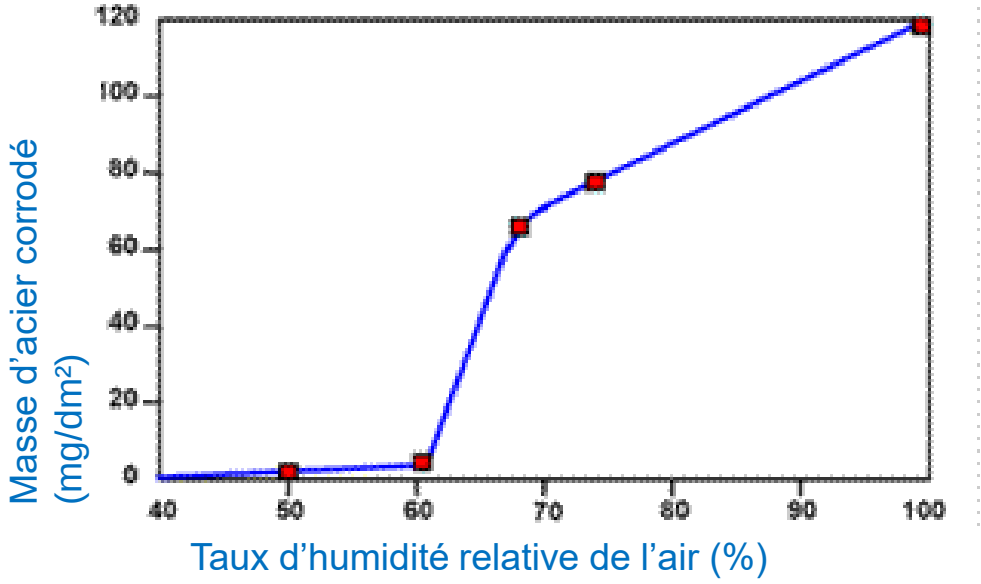
Boulons galvanisés.

→ Garantie minimum 15 ans

DURABILITE STRUCTURE METALLIQUE

Contrôle du taux d'humidité relative dans l'espace annulaire grâce à un système de ventilation.

Principe basé sur les travaux de recherche de W.H.J VERNON : Corrosion atmosphérique de l'acier négligeable si taux humidité relative de l'air < 40%



Le taux d'humidité relative (ou degré d'hygrométrie) est le rapport entre la pression partielle de la vapeur d'eau contenue dans l'air sur la pression de vapeur saturante de l'eau, à une température donnée.
L'humidité (absolue) mesure par contre la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air.

DURABILITE STRUCTURE METALLIQUE

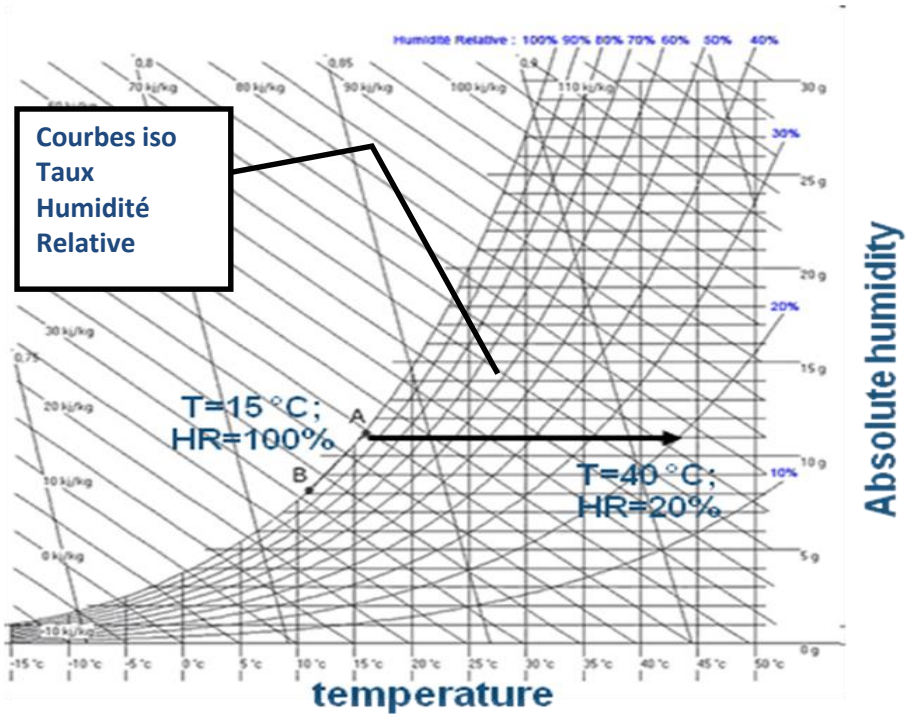


Diagramme de Molier

Variation du taux humidité relative dans l'espace annulaire :

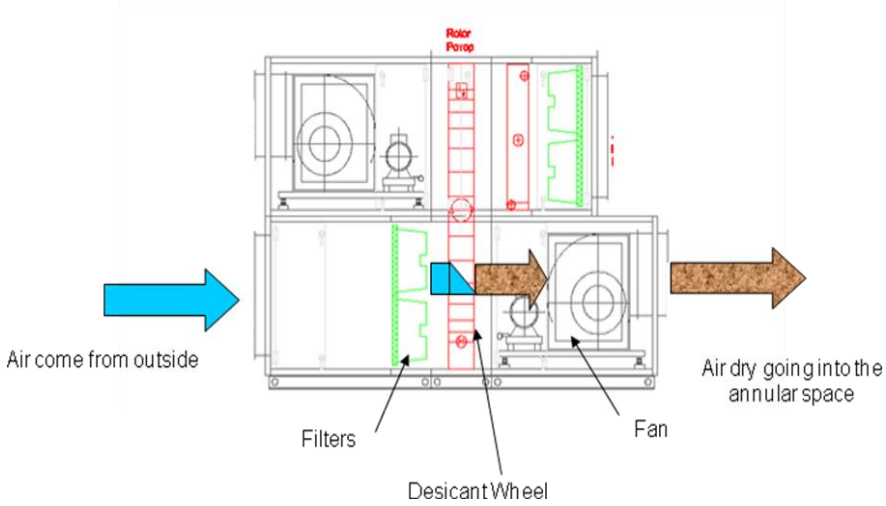
- Humidité de l'air insufflé pour compenser les fuites (jusqu'à 45 000m3/h)
- Température de l'air

DURABILITE STRUCTURE METALLIQUE

Solution la plus économique (évite d'avoir à chauffer l'espace annulaire) :

- Déshumidification de l'air insufflé
- Recirculation avec déshumidification de l'air à l'intérieur

Fonctionne même à basse température.





DURABILITE CLADDING

- Matériaux non métalliques (isolants, membrane EPDM, …) : justification par essais de vieillissement thermique accéléré + effet des irradiations.

- Matériaux métalliques et situés en dehors de l'espace annulaire en inox.

+ matériau isolant (EPDM) entre éléments inox et éléments acier galvanisé (corrosion par couplage galvanique)