

Paris - 26 mars 2009

Le projet ITER

L'AFGC a organisé le 26 mars 2009, dans l'Auditorium de la FFB, son assemblée générale annuelle au cours de laquelle ont été remis les Prix Caquot et AFGC 2008.

Avant cette cérémonie nous avons proposé une présentation du projet ITER.

Rappel du programme

14h10 ITER : les principes et le projet de prototype de réacteur de fusion

Daniel Lecointre

14h30 Les études d'infrastructures amont : acheminement, fuseau de passage

Thierry Decot, CETE Méditerranée

14h45 L'aménagement des infrastructures pour réaliser le projet

Nadia Fabre, DREAL PACA, Maître d'Ouvrage

15h00 Le diagnostic des ouvrages nécessaires à l'accès au projet

Christophe Raulet, GETEC

15h15 Les études actuelles des aménagements

Olivier Bonifazi, Egis

ITER : les principes et le projet de prototype de réacteur de fusion

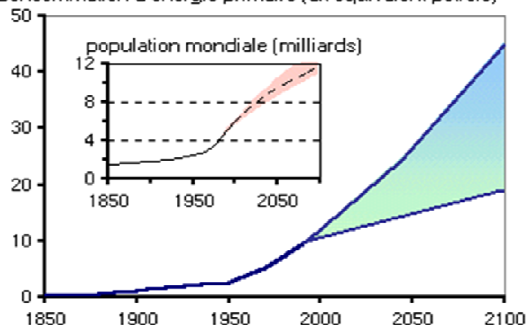
Daniel Lecointre

ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) l'énergie de demain ?

Evolution de la consommation d'énergie primaire :

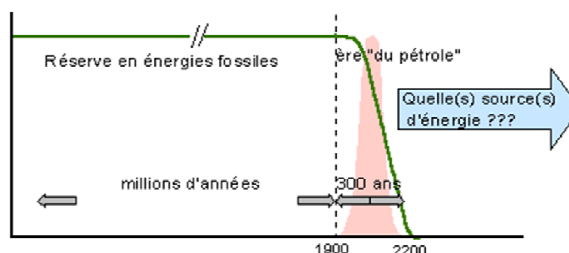
- population mondiale de 6 milliards en 2000 à 10 milliards en 2050
- augmentation des besoins des pays en voie de développement

Consommation d'énergie primaire (Gt équivalent pétrole)



Epuisement des ressources

- pétrole ~ 40 ans
- gaz ~ 60 ans
- charbon ~ 220 ans



Origines :

21 novembre 2006 - Établissement de l'organisation internationale ITER entre :

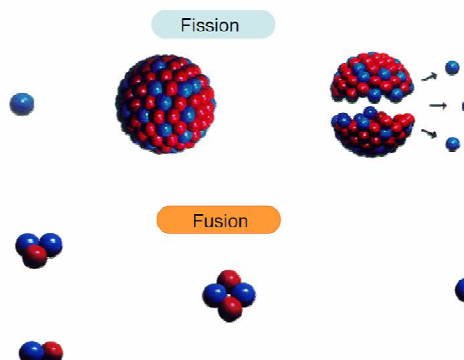
- Communauté européenne de l'énergie atomique («EURATOM»)
- République populaire de Chine
- République d'Inde
- Japon
- République de Corée
- Fédération de Russie
- États-unis d'Amérique (retirés depuis)

27 mars 2007 - Création d'une entreprise commune pour la mise en œuvre du projet ITER

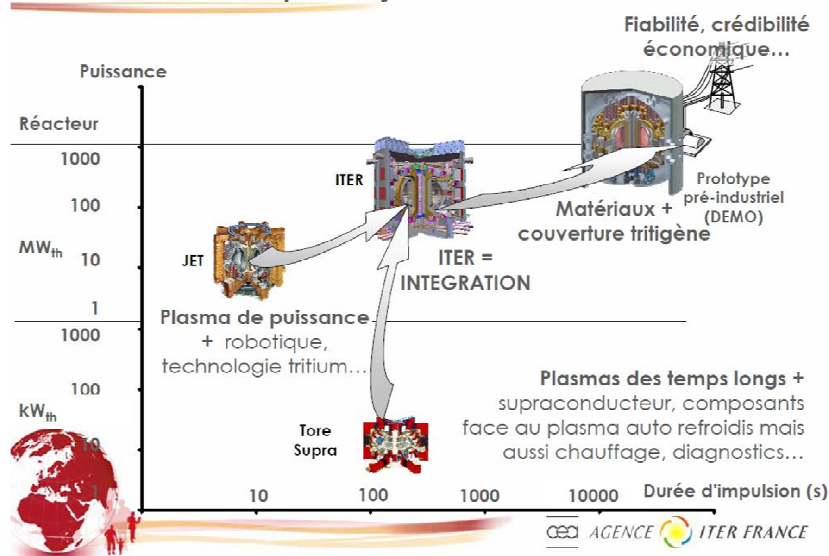
Coût indicatif

- Construction (10 ans)
 - Coût d'investissement total 3 960 M€
 - Ingénierie, R&D, management 610 M€
 - Dépenses spécifiques au site 100 M€
 - **Total pour les 10 ans 4 670 M€**
- Exploitation (par an, pendant 20 ans)
 - Dépenses d'exploitation 240 M€
 - Provisions pour démantèlement 25 M€
 - **Total par an 265 M€**
- **Total de l'opération 10 G€**
- Répartition entre tous les partenaires : 10% sauf Europe 50%

Rappel fusion / fission



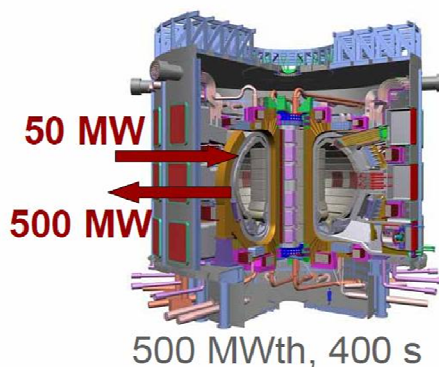
ITER : une étape majeure



Les objectifs du projet ITER

Réaliser et contrôler un **plasma** produisant une puissance de **fusion** 10 fois supérieure à celle qui le chauffe

Disposer des informations pour dimensionner les futures installations



Principales caractéristiques

	Tore Supra (Cadarache - 1988)	JET (Culham, GB)	ITER (Cadarache)
Puissance de fusion		16 MW	500 MW
Volume du plasma	30 m ³	100 m ³	840 m ³
Grand rayon du plasma	2,4 m	3,0 m	6,2 m
Petit rayon du plasma	0,72 m	1,25 m	2,00 m
Hauteur du plasma	1,4 m	4,2 m	6,8 m
Durée de maintien du plasma	6 mn	≤ 1 mn	6 mn à 16 mn

Autres caractéristiques

	Tore Supra (Cadarache - 1988)	JET (Culham, GB)	ITER (Cadarache)
Courant de plasma (MA)	1,7	5 - 7	15
Champ magnétique (T)	4,5	3,4	5,3
Durée des impulsions	mn	10	> 300 s
Type de plasma	D-D	D-D / D-T	D-T
Puissance de chauffage	~ 0	~ 1	> 10
Puissance neutronique	20 W/m ²	60 kW/m ²	0,57 MW/m ²

Sécurité

• Non emballement de la réaction

- conditions d'entretien de la réaction de fusion imposent un plasma très peu dense (qq g de combustible dans volume de plusieurs centaines de m³)
- la moindre perturbation non contrôlée entraîne le refroidissement rapide et arrêt de la réaction
- fonction de sûreté principale = confinement
- stratégie de confinement : soin particulier à cause de la présence de *tritium* (à diffusion élevée dans les matériaux)
- techniques éprouvées et qualifiées dans plusieurs installations dans le monde

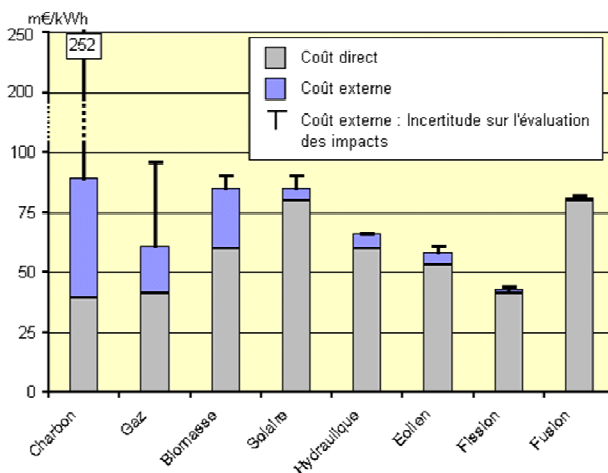
▪ Absence de déchets à vie longue

- Tritium fabriqué in-situ à partir du lithium
- Aucun des combustibles de base (deutérium, lithium) ainsi que le produit de la réaction (hélium) ne sont radioactifs
- A part le démarrage (avec faible charge de tritium), pas de transport de matière radioactive

▪ Très faible impact sur l'environnement

- étude de l'UE dans le cadre du programme externe : notion d'*externalité* associée à la production d'énergie : toute conséquence d'une activité non prise en compte dans le coût de cette activité génère une *externalité* (ou coût externe)

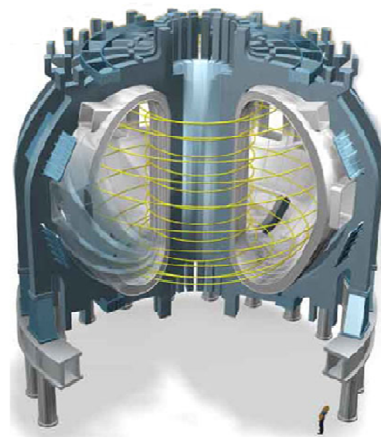
Economie



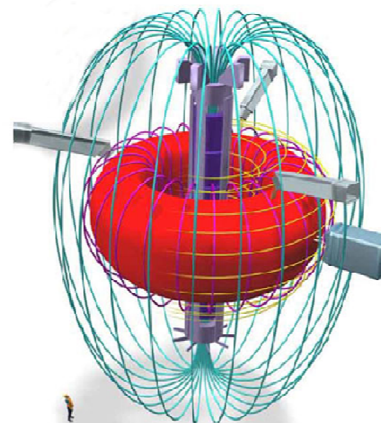
Bilan global de la fusion

Avantages	Inconvénients	Production de 1000 MWe pendant 1 an
• pas de pollution, ni de rejet de gaz à effet de serre • adaptée à la production à grande échelle • sûreté intrinsèque (emballement de la réaction impossible) • combustibles abondants et géographiquement également répartis • pas de déchets nécessitant un stockage à long terme	• faisabilité à démontrer • concerne le long terme (2050) • coût d'investissement important • technologie complexe	100 kg de D 150 kg de T

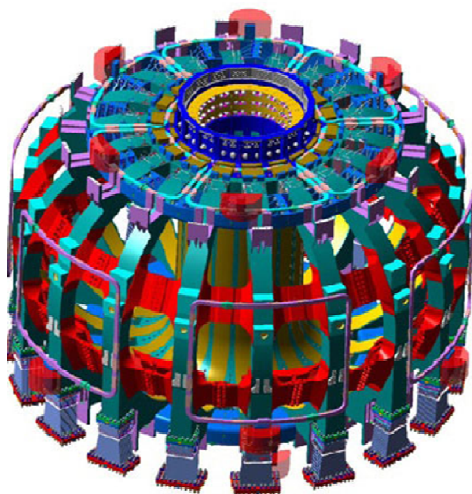
Quelques images



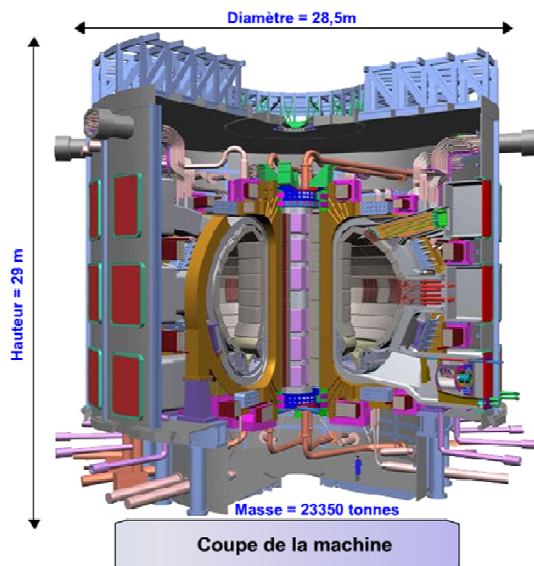
Vue d'artiste du champ toroïdal



Vue d'artiste du champ poloïdal



Principaux composants assemblés



Coupe de la machine



Un composant d'ITER (transport en un seul colis)

Etudes et missions du CETE

- Etudes de recherche et de définition d'itinéraires
- Missions d'Assistance au CEA pendant les études :
 - lors des réunions d'évaluation de La candidature Française par les experts internationaux
 - lors des réunions d'information et de concertation en Sous Préfectures et avec les communes concernées
 - lors des réunions d'information et de concertation avec les intervenants et services (ASF, ESCOTA, Base aérienne de Salon de Provence....)

Chronologie des études

Avril 2001 :

- Étude de faisabilité multimodale sommaire
- Etudes de détail des itinéraires multimodaux

Août 2001 : Etudes d'itinéraires routiers de base

Février/Mars/Décembre 2003 :

- Compléments pour variantes
- Impact des convois sur les chaussées (tronçon 10 km)

Octobre 2003 :

- AMO / Rédaction de 5 CCTP, BPU, DEQ
- Géométrie sur plans topo photogrammétrique 1/2000ème
- Inventaire et vérification des ouvrages d'art,
- Etat initial d'environnement,
- Dragage d'un chenal dans l'étang de Berre,
- Aménagement d'un quai au port de la Pointe

Les études d'infrastructures amont : acheminement, fuseau de passage

Thierry Decot, CETE Méditerranée

La demande

- Garantir la faisabilité d'un acheminement des composants du projet ITER depuis le littoral méditerranéen jusqu'au site de Cadarache
- Permettre d'étayer la candidature française en prouvant que l'acheminement est faisable et réaliste
- Concourir à positionner le site du CEA à égalité des sites concurrents, tous situés en bord de mer

Juin/Octobre 2005 :

- Itinéraire routier de base et ses variantes
- Approfondissement au 1/2000ème des études au 1/25000ème
- Estimation des coûts d'aménagement des itinéraires

Données d'entrée - Hypothèses d'études

Nombre et caractéristiques des convois non fixés à ce stade et précisés à l'avancement.

Plus de 100 colis arrivant en France par voie maritime à acheminer de la mer à Cadarache entre 2007 et 2011 dont :

- 9 de 700 T et 9 de 600 T,
- 36 de 350 T, 36 de 280 T

Débarquements possibles : Toulon, Marseille, Port de Bouc, Fos sur Mer, Berre, Saint-Chamas.

Gabarit des convois : la = 8,90m H = 8,20m

Données d'entrée - Destination Cadarache

Accès actuel à Cadarache via :

- Réseau routier (Autoroutes A7, A55, A51, RN96, RN113, RD952, RD autres ...)
- Réseau ferroviaire (Ligne Marseille-Briançon)

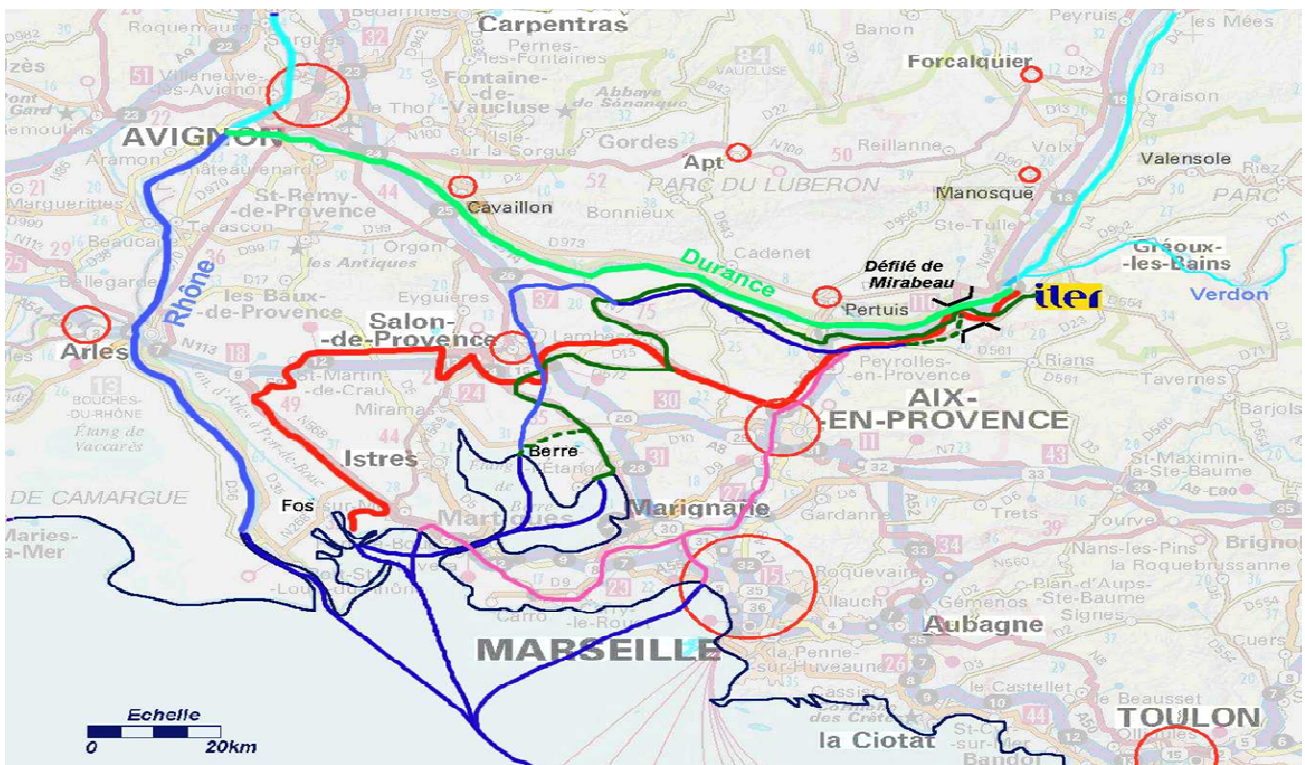
Données d'entrée - Arrivée de cargos par haute mer

Possibilités envisagées :

- Déchargement sur quai et stockage par levage hydraulique et/ou ripage ou roulage
- Transbordement du quai sur camions ou sur barges
- Transbordement en mer directement du cargo sur camions en attente sur barge

Les études - Prospective multimodale

- Ferroviaire : gabarits hors épure, sauf sur voie unique non électrifiée entre Aix - Pertuis - Meyrargues - Sisteron
- Aérien : poids maxi : dirigeable =100T, hélico =18T
- Fluvial
Canal EDF : tirants d'eau/d'air sous OA inadaptés, usines...
Fleuve : pas d'impossibilité jusqu'à Avignon
Rivière : tirants d'air des ouvrages, ZICO
- Routier/autoroutier : itinéraire habituel pour convois exceptionnels inadapté ; sur routes et autoroutes, présence d'ouvrages (hauteur libre PS 4,5 m, portance des PI)
- Mixte Routier/Fluvial : routes, pistes, fleuve, canal (cumul des problématiques modales routière et fluviale)



Critères de recherche : itinéraire exploitable 4 ans par convois : La=10m, H=10,1m, Lg=47m , Masse=750t

Recherche d'un itinéraire par tronçons en limitant :

- le nombre de franchissements d'A7 et du TGV
- les traversées de zones urbaines denses
- le nombre de gestionnaires

Et n'ayant :

- pas de bâti de proximité et d'obstacles proches
- pas de PS et peu de PI de brèches >10 m
- pas ou peu d'alignements d'arbres
- pas ou peu de réseaux (PTT, EDF...)

En privilégiant les tronçons :

- au tracé en plan compatible avec la giration des convois
- au profil en long plat sans « bosses » et « creux » en pentes et rampes douces (<4%)
- aux chaussées élargissables sans engendrer de forts impacts environnementaux
- aux coûts d'aménagement acceptables

En satisfaisant au maximum aux critères prédéfinis :

- itinéraire autoroutier non retenu (nombreux PS)
- arrivées par mer à Toulon et Marseille non retenues (traversée de sites urbains denses)

Recherche de l'origine concentrée à Fos/Mer et à l'étang de Berre

- Saint Chamas
- Port de la Pointe

Recherche effectuée sur le terrain et au 1/25000ème par sections et constitution d'un itinéraire complet par assemblage des sections avec localement des variantes

Résultats des études

- Faisabilité assurée de l'acheminement des composants ITER par le mode routier.
- Identification et définition des principaux aménagements à réaliser sur un itinéraire de base et sur ses variantes (1/25 000ème)
- Etudes complémentaires (1/2 000ème) pour préciser les aménagements en vue de préparer le dossier de DUP.
- Coût de l'aménagement évalué à 83 M€ 2006

L'aménagement des infrastructures pour réaliser le projet :

Nadia Fabre, DREAL PACA, Maître d'Ouvrage

La Mission ITER

Une équipe interministérielle chargée de :

- accompagner le projet en liaison avec tous les partenaires : élus, responsables d'ITER et services de l'État concernés
- préparer les conditions d'accueil d'ITER et optimiser ses retombées au plan régional

Les journées techniques

- veiller au traitement des mesures d'accompagnement et au respect des délais

Les mesures d'accompagnement

- L'aménagement d'un itinéraire routier d'acheminement de charges exceptionnelles
- La création d'une école internationale
- La maîtrise du foncier en vue de la réalisation de logements et l'implantation d'entreprises
- L'emploi et la formation
- L'accueil des entreprises et le développement économique local
- Les enjeux environnementaux et agricoles

Pourquoi transporter des composants ?

- Une partie des contributions des partenaires internationaux se fera « en nature » par la fourniture de certains composants du réacteur de recherche ITER
- Une arrivée des éléments par la mer (Fos/Mer)
 - Par Navires depuis les pays d'origine jusqu'à Fos/Mer
 - Un acheminement à assurer ensuite de Fos/Mer à Cadarache par barge jusqu'au port de la pointe à Berre puis par la route

Quels modes de transport ?

- Un trajet de nuit pour éviter de gêner la circulation
- Un accompagnement sécurisé (signalisation, police, pompiers)
- Avec des équipes techniques (enlèvement et remise de la signalisation amovible et temporaire)
-



La machine ITER

- Dimensions du réacteur: h=75m (cf échelle humaine)
- 300 éléments indivisibles à transporter
- Élément le plus lourd: 530 T, emballé= 600T
- Avec le convoi = 900T

Quel nombre de convois et sur quelle durée ?

- 300 convois prévus sur une durée de 5 ans environ pendant la période de construction d'ITER
 - 100 utiliseront les itinéraires habituels des convois exceptionnels de Fos à Cadarache
 - 200 utiliseront un itinéraire spécialement aménagé entre Berre et Cadarache
 - 170 tractés - vitesse maxi 30 km/h : trajet 1 nuit
 - 30 auto-tractés - vitesse maxi 5 km/h : trajet en 5 nuits
- Soit 1 convoi tous les 10 nuits en moyenne sur l'itinéraire

Calendrier

À partir de 2011,

Un convoi circulera tous les 10 jours en moyenne, de nuit, pendant 5 ans environ, à une vitesse de 5 km/h pour les plus lents, et de 30 km/h pour les plus rapides.

Un parcours routier de 100 km à adapter

- Privilégiant l'aménagement des voies existantes
 - Préserver le cadre de vie
 - Améliorer la sécurité et la conditions de circulation actuelles par des aménagements pérennes
- Nécessitant des acquisitions foncières
 - Élargir l'emprise de certaines voies (15km de RD, 10km de VC)
 - Créer des pistes provisoires ponctuellement
 - Indemnisation des propriétaires par l'État (Protocole TGV actualisé)

Principaux travaux à réaliser de Berre à Cadarache

- Renforcement ou remplacement de 25 ponts
- Création d'un quai de débarquement à Berre
- Traversées d'autoroute de nuit à aménager
- Aménagement de carrefours, dont une vingtaine de giratoires
- Élagage, abattage et replantation d'arbres
- Rectifications ou Élargissement de routes (ex: virages du Garri , défilé de Mirabeau)
- Modification des équipements routiers (candélabres, panneaux, îlots)
- Déplacement de réseaux (EDF, FT, GDF, GRT, RTE, pipelines, RFF...)



Itinéraire ITER de Berre à Cadarache : des travaux en cours sur 100 km

- Mise en service de l'itinéraire fin 2009 (convois test 2010)
- Enquête publique préalable à la DUP/mise en compatibilité des POS/PLU des 16 communes traversées: 20 nov-20 décembre 2006 = arrêté pref DUP 16 Avril 2007
- 4 Enquêtes publiques "loi sur l'eau": du 20/2 au 23/3/07
- 4 Enquêtes parcellaires : 03 et 07/2007+12/07+03/08
- 4 Arrêtés « loi sur l'eau » : juin 2007
- Acquisitions foncières de mars à mi 2008 (4 rdonnances)
- Travaux d'aménagement de l'itinéraire: fin 2007 - fin 2009
- 15 marchés publics Travaux : 5 OA + 6 Infra sur 5 secteurs géographiques + 1 Elagage + 1 Plantation + 1 TM: quai à Berre + 1 marché finitions (en cours)

La majorité des appels d'offres remportés par des entreprises régionales

Coût global de l'ordre de **110 M€** :

- **72 M€** à la charge du **Conseil Général 13**
- **le reste** à la charge de **l'État**

- ➔ **13 marchés publics** de travaux pour **80 M€**
- ➔ **8 Groupes BTP**: Vinci, Spie, Bouygues, NGE, Guintoli, Eiffage, Gagne, Fayat
- **28 Entreprises** dont 21 de PACA : Eurovia, TP Spada, Colas, Valérian, Sofast, Sacer, Etpo, Jean Negri, DTP, Heaven Climber, Razel, Figuière, Eiffage TP, Appia 13, Simeco, GTM, Screg, Bec, Chantiers Modernes, Franki, Guintoli.
- Autres régions: Accma, Matière, Gagne, Eiffel, Botte Fondations, GTS, DV Construction
- **70 sous-traitants** la plupart de PACA

Actuellement, 200 personnes travaillent sur l'itinéraire. Au total, ces chantiers emploieront 400 personnes

Des travaux en cours : itinéraire de Berre à Cadarache



Création d'un quai de débarquement à Berre

Les journées techniques

Berre l'Étang

- Création d'une piste pour traverser le site LYONDELLBASELL
- Élargissement de la route du Grand Port et de la piste d'exploitation des Salins du Midi
- Aménagement d'une aire d'attente (oiseaux)
- Création d'une piste à travers les Canières débouchant à proximité du cimetière
- Aménagement du giratoire RD 21/ RD 21d

De Berre l'Étang à La Fare les Oliviers

- Création d'un pont provisoire sur la voie ferrée et surélévation des lignes électriques à très haute tension

RD 113

- Création d'une piste pour traverser l'Arc à gué

La Fare les Oliviers

- Adaptation de l'îlot central du giratoire sur la RD 113

Langon

- Aménagement de la traversée de l'autoroute A7 à niveau
- Élargissement des accotements de la RD 15 et adaptation du réseau d'irrigation
- Aménagement d'une piste le long du canal EDF, en rive gauche

Pélissanne

- Aménagement de la traversée de l'autoroute A7 à niveau
- Élargissement des accotements de la RD 15 et adaptation du réseau d'irrigation
- Reconstruction du pont de la Touloubre et au dessus du Valard sur la RD 15
- Adaptation des îlots des 4 giratoires sur la RD 572 et la RD 15, surélévation d'une ligne électrique THT

Lambesc

- Aménagement d'un pont sur le canal de Marseille sur la RD 15
- Construction d'un pont provisoire sur le chemin de Sufferchoix
- Sur les RD 15 et RD 917, aménagement des îlots centraux de giratoires
- Sur la RD 917, renforcement d'un pont sur le Lavaldehan
- Sur la RD 7n, reconstruction d'un pont sur le Lavaldehan et renforcement des deux ponts situés sur la RD 66 et la RD 67
- Création d'une piste provisoire en contre-allée pour préserver l'alignement de platanes de la RD 7n

Vernègues - Charleval - La Roque d'Anthéron

Vernègues / Cazan

- ♦ Création d'une rampe pour relier la RD 7n et la voie communale

Charleval

- ♦ Reconstruction du pont sur le canal des eaux de Marseille sur la RD 22
- ♦ Surélévation d'une ligne THT

De La Roque à Saint- Christophe

La Roque

- ♦ Élargissement des accotements de la voie longeant le canal
- ♦ Construction d'un mur de soutènement (mémorial de Fenouillet)
- ♦ Élargissements ponctuels d'accotements sur la RD 561.
- ♦ Aménagement d'une piste pour contourner Saint Christophe
- ♦ Construction d'un pont et d'un remblai provisoires sur le canal de Marseille sur la RD 561

De Rognes à Saint-Estève Janson

Rognes

- ♦ Rectification des virages du Garri
- ♦ Aménagement définitif qui améliorera la sécurité

Saint-Estève-Janson

- ♦ Construction de deux nouveaux ponts définitifs (canal SEM et EDF)
- ♦ Aménagement de trottoirs dans la traversée

Le Puy- Ste Réparate

- ♦ Adaptation des lots centraux des carrefours
- ♦ Création d'un pont provisoire sur le Grand Vallat
- ♦ Création d'un pont provisoire sur la Gavaronne
- ♦ Aménagement de la traverse de l'autoroute niveau
- ♦ **RD 15** : élargissement de la voie, rectification des virages, rétablissement des réseaux d'irrigation et création de fossés pour les eaux pluviales
- ♦ Construction d'un nouveau pont sur le canal du Moulin
- ♦ Déplacement du passage niveau de la voie ferrée

De Peyrolles à Jouques

- ♦ Élargissement des accotements des voies communales des Vieilles Iscles et du Plantin
- ♦ Renforcement du pont de la RD 96 sur le ruisseau du Réal Plantin
- ♦ Construction d'un nouveau pont sur la RD 96 au dessus du canal EDF
- ♦ Reconstruction du pont sur le Réal



Pose de la charpente métallique du demi-tablier du nouveau pont le 30 août dernier

De Jouques à Saint-Paul

Élargissement définitif du défilé de Mirabeau

- ♦ Création d'un nouveau mur de soutènement paysagé
- ♦ Aménagement de deux traversées de l'autoroute A51 à niveau
- ♦ Création d'une rampe entre l'autoroute et la RD 952

Saint-Paul-lez-Durance

- ♦ Déplacements de lampadaires et d'un feu de circulation

Cadarache

- ♦ Modification d'îlots centraux de chaussées et de giratoires

Un chantier respectueux de la faune et de la flore

■ Protection

- des chauves-souris avec le Groupe Chiroptères de Provence
- De la saladelle de Girard
- Vérification de la présence de castors
- Préservation des oiseaux à Berre, dans la zone des Salins (natura 2000)

■ Suivi environnemental du chantier

- Respect des règles de récupération et tri des déchets, d'abattage des arbres, de protection des cours d'eau, limitation du bruit ...
- Vérification des documents et visites de terrain inopinées.

- Aucune habitation détruite, arbres d'alignement préservés. Dans les bosquets impactés, pour un arbre coupé, deux seront replantés

Le diagnostic des ouvrages nécessaires à l'accès au projet

Christophe Raulet, GETEC

Objectifs et contexte de l'étude

- Compte tenu de la date prévisionnelle de mise en service de la machine ITER et de l'ordonnancement des tâches à exécuter pour respecter ces délais et notamment l'acheminement des composants lourds, le Groupe de Travail « ITER Transport », qui émane du Comité Régional de Pilotage présidé par le Préfet de Région, a souhaité que soient réalisés tous les recueils d'information pouvant préparer le démarrage des études d'APS.
- Notre étude, réalisée de Mars 2004 à Mai 2005, s'inscrit dans la perspective de l'élaboration des dossiers nécessaires à l'obtention d'une Déclaration d'Utilité Publique.
- Les enjeux étaient :
 - d'analyser l'état pathologique des ouvrages,
 - d'étudier les effets du passage des convois sur leur structure,
 - pour les ouvrages insuffisamment dimensionnés : d'identifier l'ensemble des contraintes, d'examiner la faisabilité et de chiffrer le coût des aménagements nécessaires pour rendre le franchissement possible, l'objectif étant de préconiser une solution pour le passage des convois,
 - de dresser la liste et de chiffrer les investigations et études complémentaires à envisager pour les stades ultérieurs d'études et notamment la phase postérieure à la DUP d'élaboration des projets.



OA 1R7 - 4 voûtes en maçonnerie



OA 5R7 - Pont en dalle armée (PSDA)



OA 27 - Pont voûte en maçonnerie



OA 32 - Pont à poutres précontraintes (VIPI)



OA 34 - Tunnels en béton armé avec mur de soutènement



OA 1R4 - Buse métallique

Phasage des études avec point d'arrêt entre chaque phase

- Phase 1 : Recherche, recueil et examens des dossiers d'ouvrages et des données des questionnaires
- Phase 2 : Inspections détaillées et relevés géométriques
- Phase 3 : Vérifications par comparaison de sollicitations
- Phase 4 : Caractérisation des matériaux, sondages géotechniques, levés topographiques, reconnaissances radar, investigations diverses, ...
- Phase 5 : Vérification par recalcul partiel ou complet
- Phase 6 : Préconisation d'une solution de franchissement
- Phase 7 : Suivi et finalisation de l'étude

Principes des points d'arrêt

- Chaque point d'arrêt conditionne le passage à la phase ultérieure des études.
- Il liste les résultats des études de la phase en cours et propose le passage de certains ouvrages en phase ultérieure d'étude ou d'investigations (rôle de « filtre »), au travers de propositions d'ordres de service qui font partie intégrante des points d'arrêt.
- La levée des points d'arrêt est établie par le CEA sur conseils, avis et observations du CETE.

Forme du marché

- Phases 1, 2, 3 et 7 en tranche ferme,
- Phases 4, 5 et 6 en tranche conditionnelle,
- Investigations, reconnaissances (phase 4), recalculs (phase 5) et avant-projets de franchissement (phase 6) commandés par 4 ordres de service établis :
 - sur propositions du groupement dans le cadre des levées de points d'arrêt,
 - en fonction des résultats des reconnaissances et études antérieures, au cas par cas pour chaque ouvrage,
 - sur la base de bons de commande à prix unitaires par nature d'investigations et nature d'études.

Répartition des études au sein du groupement

Les études étaient réparties au sein du groupement de la façon suivante :

- ❖ **GETEC** : mandataire, pilotage, coordination, contrôle externe, comptes-rendus de réunion, gestion des sous-traitants (géotechnique, signalisation, moyens d'accès, géomètres), études de phases 1 et 2 sur 23 ouvrages et participation aux études de phase 6 sur l'ensemble des O.A.,
- ❖ **GETEC Développement** : Études de phase 3, 5 et 6 sur O.A. en maçonnerie, métal, mixte et B.P.,
- ❖ **SEDOA** : Études de phase 1 et 2 sur 29 ouvrages,
- ❖ **SUD ETUDES** : Études de phases 3, 5 et 6, sur ouvrages en B.A. et B.P.,

- ❖ **LERM** : Études de phase 4 (radar, résistance des maçonneries, radar en sondages, capacimétrie, investigations diverses, ...),
- ❖ **FUGRO Géotechnique** : Sondages et reconnaissances, notamment sur les O.A. en maçonnerie.

Phase 1 : Recherche, recueil et examens des données des questionnaires

Après recherches et recueils des dossiers d'ouvrage, la première étape est l'inventaire détaillée et l'analyse exhaustive de chaque dossier d'ouvrage afin de répondre en particulier aux questions qui suivent :

- *Quelle est l'année de construction de l'ouvrage ?*
- *Selon quels règlements l'ouvrage a-t-il été calculé et conçu ?*
- *A-t-il fait l'objet de dérogations réglementaires ou particulières ?*
- *L'ouvrage a-t-il été dimensionné pour des charges militaires ou exceptionnelles ?*
- *L'ouvrage a-t-il réparé, conforté, modifié ou élargi ?*
- *Si oui, sur quelles bases de calculs et de règlements ?*

Importance des données d'entrée

- Importance et rigueur de la première phase d'analyse et d'exploitation des dossiers d'ouvrage, qui conditionne l'exploitation des données qui serviront à toute l'étude pour les phases ultérieures.
- Un contrôle précis (contrôle externe renforcé croisé) du recensement des données, de l'inventaire de chaque dossier d'ouvrage et du tableau récapitulatif de synthèse a été mis en place.
- Analyse de l'ensemble des données afin de synthétiser les informations nécessaires à l'étude (date de construction, coupe transversale, biais, règlements de charges et de calculs, charges civiles et militaires, charges exceptionnelles, renforcement, réparation, élargissement, type de câbles, procédé de précontrainte, fe, fc28, acier, ...).
- Inventaire pouvant être assez succinct pour certains OA et beaucoup plus long pour d'autres

Levée de point d'arrêt Phase 1 - Inspections, relevés géométriques

Pour chaque ouvrage, un inventaire et une analyse exhaustive du dossier d'ouvrage a donc été réalisée afin :

- d'affiner les nécessités de réalisation d'une IDP, par rapport à celles prévues et par rapport à l'ancienneté et la qualité de la précédente,
- de définir la nécessité d'un relevé géométrique complémentaire par rapport aux plans disponibles et aux modifications intervenues,
- d'établir un tableau de synthèse des données importantes pour l'étude,
- de proposer au CEA et au CETE la levée du point d'arrêt en définissant la liste des ouvrages à étudier en phase 2.

Phase 2 : Inspections détaillées et relevés géométriques

- **L'ouvrage est-il en bon état ?**

C'est à dire est-il classé dans des catégories équivalentes aux catégories 1 ou 2 au sens de l'I.Q.O.A. (Image de la Qualité des Ouvrages d'Art) ?

II s'agit de l'état de l'ouvrage non compris l'état des fondations.

- **L'ouvrage a-t-il déjà été réparé ?**

Cette question vise les réparations structurelles de l'ouvrage. Ne sont pas concernés par exemple les ragréages locaux, etc...

Ces réparations ont-elles fait l'objet de justifications par le calcul ?

- **L'ouvrage a-t-il déjà été modifié ?**

Ces modifications peuvent être de deux sortes :

- alourdissement des équipements,
- élargissement par suppression ou diminution de la bande d'arrêt d'urgence,...

- **Ces modifications ont-elles fait l'objet de justifications par le calcul ?**

Levée de point d'arrêt - phase 2 - Diagnostic des ouvrages

Synthèse des familles d'ouvrages identifiées	Nombre d'ouvrages
Ouvrage en assez bon état pour faire l'objet d'un calcul de comparaison de sollicitation	42
Ouvrages en état médiocre ou réservé pouvant néanmoins faire l'objet d'un calcul de comparaison de sollicitations	3
Ouvrage pour lequel un calcul de comparaison de sollicitations a été retenu sans connaissance de l'état de l'ouvrage	2
Ouvrage en mauvais état ne nécessitant pas de calculs de comparaison de sollicitations	4
Ouvrage pour lequel un calcul de comparaison de sollicitations n'a pas été retenu	4

Méthodologie de phase 3

- Critères principaux du convoi :
 - le poids à l'essieu,
 - la distance entre essieu,
 - le poids total du convoi.
- Recueil des données de l'ouvrage :
 - son état,
 - sa géométrie interne et externe,
 - sa morphologie,
 - sa date de construction.
- Analyse des données :
 - compatibilité géométrique entre le convoi et l'ouvrage,

Phase 2 : Diagnostic des O.A.

- L'étude prévoyait, à l'issue de la phase 2, une répartition de chaque ouvrage, en distinguant ceux qui sont en bon état de ceux qui ne le sont pas, l'objectif étant de conclure de façon définitive sur l'aptitude de l'ouvrage à supporter le passage des convois ITER, après comparaison des sollicitations.
- Notre groupement a proposé de déroger implicitement à cette démarche en étendant la comparaison des sollicitations à des ouvrages en assez bon état, en estimant que cette comparaison permettrait de conclure directement à la nécessité de leur reconstruction (majoration supérieure à 150 %, par exemple), évitant ainsi la phase de recalcul devenue trop luxueuse pour conclure à la non-admissibilité.
- Cette option a été jugée intéressante si on prend soin d'évaluer de façon précise la détérioration des caractéristiques de l'ouvrage. En effet, la comparaison favorable de sollicitations d'un ouvrage en état moyen ne permettrait pas de conclure, de façon automatique, sur son aptitude à supporter le passage des convois ITER.

- examiner les éventuelles restrictions de circulation à imposer au convoi

Morphologie des convois

- ✓ Caractéristiques des composants ITER les plus lourds :
 - ❖ 19 charges de 530 tonnes (8,50 m de large, 17,30 m de long, 9,10 m de haut).
 - ❖ 9 charges de 600 tonnes (8,50 m de large, 14,10 m de long, 7,45 m de haut)
 - ❖ 28 convois autopropropulsés sur 3 ans à partir de mi 2009

- ✓ Au total, environ 300 composants à acheminer en convois exceptionnels (deux configurations sont envisagées pour chaque type de composant).
- ✓ Période d'acheminement des pièces : 5 ans.

Prise en compte des convois

- Les quatre types de convois pressentis pour transportés les éléments du projet ITER sont testés sur chaque ouvrage,
- Le convoi est supposé circuler seul, quelles que soient la largeur et la longueur du pont,
- Dans le sens longitudinal, il est disposé pour obtenir l'effet le plus défavorable,
- Dans le sens transversal, il est disposé au milieu de la chaussée (il n'est pas tenu compte d'un excentrement accidentel) ou dans la position la plus favorable si l'ouvrage a été élargi,
- Les convois franchiront l'ouvrage au pas, sans circulation simultanée d'autres véhicules ni charge de trottoir. Il n'est donc pas pris en compte de majoration dynamique sur ces convois ; leur action est simplement pondérée par un coefficient 1,05 pour tenir compte d'un éventuel déséquilibre des charges par essieu,
- Le calcul des coefficients de répartition transversale est effectué à l'aide de la méthode de Guyon-Massonnet, qui permet de déterminer l'influence d'un chargement en fonction de sa position transversale sur le tablier.

Principes de vérification de phase 3

- La comparaison des sollicitations est effectuée avec les charges d'exploitation des règlements en vigueur à la date de réalisation des ouvrages dans la mesure où celle-ci est connue. Le cas échéant, elle est effectuée en regard du fascicule 61 titre II du CPC.
- Le convoi ITER passera seul sur l'ouvrage à l'exclusion de toute autre charge. Il passera dans la position transversale la plus favorable sur l'ouvrage, dans la limite des contraintes géométriques imposées par la structure ou le tracé.
- Pour les ponts en maçonnerie notamment, les calculs comparent les effets des convois ITER avec ceux des charges civiles définies par le fascicule 61 titre II du CPC. Il a été convenu que le calcul de comparaison de sollicitations (phase 3) n'avait pas d'intérêt direct et que les recalculs d'ouvrages à l'aide du programme VOUTE et sur la base de reconnaissances géotechniques étaient préférables (calculs de phase 5 basés sur des reconnaissances de phase 4).

Principe de comparaison :

- Les sollicitations de référence calculées sont le moment fléchissant, l'effort tranchant et les réactions d'appuis. La comparaison est menée selon le processus suivant :
 - ❖ Détermination des courbes enveloppes de sollicitations sous charges de calcul.

Les journées techniques

- ❖ Détermination de la charge de calcul prépondérante.
- ❖ Calcul des sollicitations (courbes enveloppes) sous les quatre charges du projet ITER.
- ❖ Détermination des sections les plus sollicitées
- ❖ Pour les sections déterminées précédemment, comparaison en % des sollicitations entre la charge de calcul prépondérante et les charges du projet ITER.
- Les interprétations des résultats sont réalisées suivant la méthodologie suivante :
 - ❖ Comparaisons des différents convois ITER entre eux.
 - ❖ Comparaison des rapports maxima pour chaque cas de sollicitations (charge de calcul prépondérante et charges ITER).
 - ❖ Calcul du rapport maximum pour chaque charge ITER.

Principes d'admissibilité des O.A. à l'issue de la phase 3

- Si les conclusions des inspections détaillées et des calculs de comparaison de sollicitations sont favorables, les convois ITER passeront sur l'ouvrage concerné sans nécessité de compléments (calcul ou investigation), il n'y aurait donc pas de phase 4, 5, 6.
- Les calculs ont donc été menés de façon exhaustive en flexion longitudinale, transversale et au niveau des réactions d'appui pour vérification des descentes de charges et de l'effort tranchant.

Méthodologie de phase 3

- L'analyse des résultats par ouvrage a permis de définir sa capacité à être « réutilisé », suivant 3 cas :
 - ❖ Cas 1 : Les sollicitations développées par les convois ITER ne sont jamais supérieures à celles provoquées par les surcharges d'exploitation actuelles : l'ouvrage peut-être réutilisé en l'état (sous réserve des conditions géométriques et de son état).
 - ❖ Cas 2 : Les sollicitations développées par les convois ITER sont localement plus importantes que les sollicitations actuelles : l'ouvrage peut être réutilisé moyennant des renforcement(s) réaliste(s) à définir dans la phase 6 de l'étude.
 - ❖ Cas 3 : Les sollicitations développées par les convois ITER sont globalement plus importantes que les sollicitations actuelles : l'ouvrage ne peut être réutilisé sauf renforcement(s) économiquement irréalistes, voire impossible; dans ce cas il a été préconisé une démolition / reconstruction à définir dans la phase 6 de l'étude.

Levée de point d'arrêt - phase 3 - Comparaison des sollicitations

- Préconisations des investigations pour proposition de l'ordre de service N°2,

- Passage en phase 5 de 7 ouvrages, hors O.A. en maçonnerie (vérification du comportement de cadre et portiques, vérification de dalles de transition, recalculs de buses métalliques sur la base d'investigations),
- Passage direct en phase 6 de 23 ouvrages (y compris 2 ouvrages en maçonnerie).

Phase 4 – Intervenants

- LERM : Radar, radar en sondages, humidité par capacimétrie, résistance des pierres et bétons, résistance et nuance sur aciers,
- FUGRO Géotechnique : Carottages, essais pressiométriques, sondages destructifs avec enregistrements de paramètres,
- Cabinet PERNOT : Levés topographiques

Principes retenus pour les reconnaissances des O.A. en maçonnerie

- Principes de base retenus pour les reconnaissances d'une voûte afin de permettre sa caractérisation :
 - 1 carotté en clef (épaisseur de la douelle + nature et hauteur du matériau de remplissage),
 - 2 carottés au niveau des culées avec démarrage en destructifs (épaisseur et variation de la douelle + nature et hauteur du matériau de remplissage) avec prolongation en essais pressiométriques sous les semelles (caractérisation des fondations) avec positionnement dissymétrique pour optimiser les informations sur les largeurs de semelles,
 - Compléments éventuels par radar en sondages; pas de sondages carottés aux reins,
 - Prélèvement de la pierre pour essais de compression en laboratoire (2 prélèvements par carottage diamanté sous eau),
 - Eventuelle reconnaissance Radar des intrados et extrados (détermination des variations de géométrie de la douelle et identification des zones de décohéssion du remplissage).

Phase 4

- Problématiques pour les O.A. en maçonnerie :
 - Géométrie interne inconnue : voûte - culée
 - Évaluation des matériaux : hétérogénéité - état d'altération
- Techniques mises en œuvre :
 - Sondages géotechniques : carottage
 - Radar de surface et en sondage : réflectométrie radar
 - Humidimètre capacitif : estimation de l'humidité relative
- Résultats :
 - Caractérisations mécaniques des matériaux : maçonnerie - béton (R_c , M_v , E , $H\%$)
 - Définition de la géométrie : épaisseur voûte - largeur culée

Mesures de l'humidité relative dans l'épaisseur d'une voûte en pierre de taille



Applications du radar géophysique de surface et en sondage :

Détection d'ouvrages enterrés

- Succession d'ouvrages avec voûtes borgnes
- Objectifs:
 - définir l'épaisseur des parements
 - dimensionner les parties enterrées sous la chaussée
 - reconnaître qualitativement le remplissage des voûtes borgnes

Phase 5 : Vérification par recalcul complet (ou partiel)

- Dans le cas où des dépassements apparaissent entre sollicitations développées dans toutes les parties de l'ouvrage (dalle, entretoises, poutres, appuis...) par le transport exceptionnel et sollicitations développées par les charges civiles et/ou militaires en vigueur à l'époque de la construction de l'ouvrage, dans la mesure où ces dépassements ne sont pas excessifs ou lorsque la sécurité vis à vis des E.L.U. risque de ne pas être assurée, "un recalcul" s'avère nécessaire,
- Très peu de recalculs ont été nécessaires car les calculs de phase 3 ont permis « d'éliminer » beaucoup d'ouvrages,
- Quelques recalculs « partiels » pour vérifier les effets de la poussée des terres sur le comportements des cadres et portiques, et étudier les comportements des dalles de transition (sans vérification de leur état),
- Quelques recalculs de buses métalliques sur la base des investigations de phase 4.

Levée de point d'arrêt - phase 5 - Recalculs totaux ou partiels

- 12 ouvrages admissibles, y compris sur les variantes de tracé étudiées,
- Préconisations de vérification de l'état des dalles de transition et traitement en conséquence pour 4 OA sur variante autoroutière,
- Etudes de phase 6 sur 3 ouvrages de l'itinéraire de référence (1 voûte, 1 dalle d'élargissement accolé d'OA maçonnerie, 1 voûte mixte maçonnerie-béton).

Objet et attendu des études de phase 6

Les études de phase 6 ne sont ni des études préliminaires d'ouvrages d'art non courant (EPOANC) au sens de la circulaire du 5 mai 1994, ni des études d'avant-projet au sens de la loi MOP.

Elles constituent des études préalables destinées à orienter les choix, à alimenter la réflexion pour le cadrage de ces études ultérieures.

Ces études s'attachent donc à :

- identifier l'ensemble des contraintes,
- chiffrer le coût des aménagements nécessaires au franchissement en préconisant une solution (en analysant notamment la possibilité de renforcement en place ou de reconstruction),
- dresser la liste des études et investigations à prévoir, ainsi que leurs coûts, en préparation de ces études ultérieures.

Analyse des possibilités de renforcement et/ou de remplacement

Les solutions pour un ouvrage n'offrant pas la sécurité suffisante pour le passage des convois ITER, à cause d'un état défectueux ou d'une capacité portante structurelle limitée, ont été classées en 4 familles de solutions définies dans le cadre de notre étude :

- ❖ Solution A : Renforcement de la structure existante pour permettre le passage des convois ITER.
- ❖ Solution B : Construction d'un ouvrage « provisoire » spécifique aux convois ITER distinct de l'ouvrage existant mais en conservant l'ouvrage existant pour le passage de la circulation courante.
- ❖ Solution C : Construction d'un ouvrage neuf distinct de l'ouvrage existant permettant à terme de supporter les deux trafics et de remplacer et/ou d'abandonner la structure existante.
- ❖ Solution D : Construction d'un ouvrage neuf à la place de l'ouvrage existant (éventuellement par demi-chaussée), qui nécessairement supportera à terme les deux trafics.

Phase 6 - Solution A

Cette solution consiste à conforter et/ou réparer la structure existante afin de permettre le passage en sécurité des convois ITER.

• Avantages

- Bonne insertion du projet par rapport à l'existant.
- Ne nécessite aucune emprise foncière supplémentaire.
- Aucun aménagement des accès n'est à prévoir.
- Optimisation de l'investissement par la réutilisation de l'existant.

• Inconvénients

- Perturbations importantes sur la circulation existante pouvant jusqu'à imposer la déviation du trafic.
- Ne participe que très partiellement à l'amélioration du réseau existant.
- On peut considérer que le trafic ITER n'engendrera pas de désordres structurels sur le pont existant, si l'ouvrage est correctement renforcé (bonne connaissance de l'ouvrage dans son intégralité, bonne conception de la réparation ad hoc et surtout bonne réalisation des travaux de confortement).
- La solution retenue peut cependant entamer le gabarit de passage des véhicules sous les P.S. ou sur les côtés, suivant la solution technique proposée.

Phase 6 - Solution B

Cette solution consiste à construire une structure entièrement neuve, distincte de l'ouvrage existant et uniquement destinée à permettre le passage des différents convois du projet ITER.

• Avantages

- Economique, en limitant les caractéristiques du tablier au strict nécessaire pour le passage des convois
- L'ouvrage pourra être démonté en fin d'opération, ce qui limite l'impact sur l'environnement.
- Quasiment aucune incidence sur la circulation existante.
- Aucune incidence du trafic ITER sur l'état structurel du pont existant.
- Sécurité optimale pour le passage des convois ITER.

• Inconvénients

- Nécessité d'avoir une emprise foncière compatible avec l'aménagement de ce nouveau franchissement, tant pour l'ouvrage que pour ses accès.
- Toute la structure est à construire : fondations, appuis, tablier, sans pouvoir bénéficier de l'existant.
- Le coût de construction des accès à l'ouvrage depuis l'itinéraire existant pourrait compenser les économies faites par ailleurs.
- Ne participe pas à l'amélioration du réseau existant.

Phase 6 - Solution C

Cette solution consiste à construire une structure entièrement neuve, permettant le passage du trafic actuel

et des convois ITER, distincte de l'ouvrage existant. Après basculement de la circulation, l'ouvrage existant peut être démolé.

- **Avantages**

- Amélioration des infrastructures routières en remplaçant un ouvrage ancien par un ouvrage neuf à capacité portante améliorée.
- Permet de revoir localement l'adéquation de l'infrastructure avec son environnement
- Quasiment aucune incidence sur la circulation existante.
- Aucune incidence du trafic ITER sur l'état structurel du pont existant.
- Sécurité maximale pour le passage des convois ITER.

- **Inconvénients**

- Nécessité d'avoir une emprise foncière compatible avec l'aménagement de ce nouveau franchissement, tant pour l'ouvrage que pour ses accès.
- La nouvelle infrastructure doit avoir au minimum des caractéristiques routières compatibles avec celles du tracé existant.
- Toute la structure est à construire : fondations, appuis, tablier, sans pouvoir bénéficier de l'existant.
- Solution vraisemblablement coûteuse (acquisition des terrains, réalisation de la structure, aménagement des accès et démolition de la structure existante).

Phase 6 - Solution D

Cette solution de franchissement consiste à remplacer le tablier existant, non adapté, par une nouvelle structure plus performante et dimensionnée afin de répondre correctement aux sollicitations engendrées par le passage des convois ITER.

- **Avantages**

- Amélioration des infrastructures routières en remplaçant un ouvrage ancien par un ouvrage neuf à capacité portante améliorée.
- Bonne insertion du projet par rapport à l'existant
- Ne nécessite aucune emprise foncière supplémentaire.
- Aucun aménagement des accès n'est à prévoir.
- Optimisation de l'investissement en récupérant les parties d'ouvrage existant compatibles avec le nouvel aménagement : fondations, appuis, ...
- Aucune incidence du trafic ITER sur l'état structurel du pont existant.
- Bonne sécurité pour le passage des convois ITER.

- **Inconvénients**

- Perturbations importantes sur la circulation existante pouvant jusqu'à imposer la déviation du trafic soit ponctuellement, soit pendant toute la durée des travaux.
- Il faut adapter la structure nouvelle aux caractéristiques imposées par la conservation de certaines parties de l'ouvrage existant.

Exemple : Solution ouvrage mixte tri-poutres étudiée pour :

- conserver au mieux le profil en long des accès,
- conserver un écartement limité des poutres, permettant de limiter l'épaisseur de la dalle en béton (et donc le poids propre de la structure),
- conserver au mieux la répartition des efforts sur les chevêtres des culées.

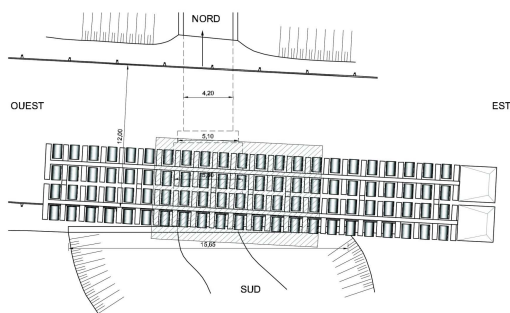
Reste la problématique de « déconstruction » à étudier pour plusieurs ouvrages concernés (sciage, délançage, grutage, ...)

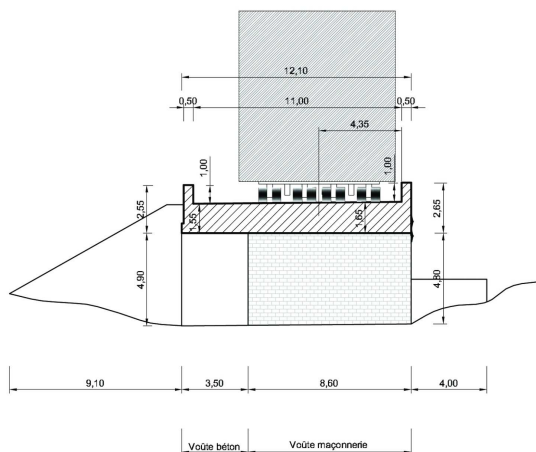
Phase 6 : Contexte général des conclusions

- L'étude se limite volontairement à l'examen des solutions locales de franchissement des ouvrages au cas par cas. Compte tenu du cadre de la mission, elle ignore les solutions tendant à globaliser la réflexion sur plusieurs ouvrages.
- Les études de phase 6 ne comprennent pas la prise en compte des emprises et des problèmes de domanialité ni les conditions de trafic et d'exploitation et elles ne sont pas basées sur des reconnaissances géotechniques spécifiques.
- Les études n'intègrent que les contraintes formulées au cours de l'étude et n'intègrent pas par conséquent les résultats des études complémentaires à réaliser qui sont prescrites dans les conclusions de chaque étude de phase 6 pour chaque ouvrage (environnement, hydraulique, Loi sur l'Eau, etc ...).
- Tous ces facteurs avec leurs incidences propres seront à étudier dans le cadre des futures études de maîtrise d'œuvre.
- Ces futures études devront commencer en fonction de chaque ouvrage soit par des études préliminaires au sens de la circulaire du 5 mai 1994, soit par des études d'avant-projet au sens de la loi MOP (voir par des études complémentaires de diagnostic).

Quelques franchissements illustrés

- Pour les ouvrages admissibles, analyse du positionnement transversal optimal pour le convoi et définition des conditions de passage,
- Remplacement, dans certains cas, d'un seul tablier sur les 2 qui composent l'ouvrage,
- Implantation en plan et en coupe transversale des convois sur les ouvrages





Quelques quantités sur les investigations réalisées

- 14 demi-journées d'auscultation Radar sur OA maçonnerie,
- 1 analyse physico-chimique de béton,
- 7 prélèvements et caractérisation de béton,
- 17 prélèvements et caractérisation de pierre,
- 1 prélèvement et caractérisation d'armature,
- 285 ml de forages pressiométriques,
- 239 ml d'essais pressiométriques,
- 183 ml de forages carottés.

Conclusions

Sur l'itinéraire de référence comprenant 36 ouvrages pour 57 ouvrages étudiés (en comptant les tabliers doubles) au total :

- 10 ouvrages admissibles (6 voûtes en maçonnerie, 1 pont dalle B.A., 1 cadre en B.A., 1 voûte en béton, 1 galerie creusée),
- 23 ouvrages à remplacer,
- 3 ouvrages seulement avec possibilité de confortement (2 en maçonnerie en 1 en B.A.)
- 20,3 M€ HT pour le remplacement et confortement de ces 26 O.A. de l'itinéraire de base.

Les points particuliers restants à traiter à l'issue de notre étude

- Les O.A. de moins de 5 m. d'ouverture
- Les murs de soutènement
- Les chaussées et corps de voûte sur O.A.
- L'inventaire exhaustif et la prise en compte de l'incidence des contraintes d'exploitation,
- L'incidence exhaustive des contraintes naturelles (environnement, hydraulique, zone classée, ...),
- Préconisations dans le cadre du passage des convois :
 - mise en charge progressive des ouvrages lors des phases de test préalables au passage des convois (passage d'un convoi « à blanc »),
 - instrumentation des ouvrages afin de surveiller et de mesurer l'effet des convois sur toutes les structures,
 - inspection détaillée des ouvrages après passages des convois.

Quelques réflexions sur une telle étude :

- Possibilité d'optimiser le phasage des études (phase 3 avec relevés géométriques avant phase 2, car inspections détaillées inutiles pour les ouvrages non admissibles),
- Intérêt d'un groupe de travail AFGC : « Conception et réalisation d'un itinéraire à grand gabarit pour transports exceptionnels : conseils et recommandations pour les Maîtres d'Ouvrage et les Maîtres d'Œuvre » ?
- *Cas particuliers des ouvrages en maçonnerie qui nécessitent plus de reconnaissances (avec des itérations dans différentes campagnes de reconnaissances pour tendre vers la géométrie réelle), donc plus de temps d'étude; mais in finé, ce sont quasiment les seuls ouvrages existants à pouvoir résister à de telles charges...*

Les études actuelles des aménagements

Olivier Bonifazi, Egis

Programmation des Etudes et Travaux

- Avant-Projet (AVP) : Décembre 2005 à Juin 2006
- Projet (PRO) : Juin 2006 à Février 2007
- DCE : Août 2007
- Démarrage des travaux : Septembre 2007
- Mise en service : 2009

Les Ouvrages d'Art

- 27 Ouvrages d'Art existants d'ouverture supérieure à 5 mètres
 - Tabliers à poutres précontraintes VIPP
 - Tabliers de faibles portées (dalles ou poutres)
 - Voûtes en maçonneries (certaines déjà élargies avec structures « hybrides »)
 - Cadres ou portiques béton armé.
- 118 ouvrages existants d'ouverture inférieure à 5 mètres
- Les ouvrages du défilé de Mirabeau

Les convois ITER

Quatre convois « Enveloppes »

Dénomination	Poids (t)	Long (m)	Larg (m)	Pression (t/m²)	Essieu		
					Nombre	Esp. (m)	Charge (t)
Mammoet 600t	877.0	36.40	5.33	4.52	26	1.40	33.731
Nicolas 600t	773.0	34.10	6.38	3.55	22	1.55	35.136
Mammoet 530t	703.0	28.00	5.33	4.71	20	1.40	35.150
Nicolas 530t	703.0	34.10	6.38	3.23	22	1.55	31.955

- Charges « maîtrisées » : Pondération des charges limitée à 1,05
- Convois roulant à vitesse réduite : Pas de majoration dynamique

- Position du convoi prédéfinie : Excentricité transversale de 25 cm
- Effort horizontal de motricité jusqu'à 90 T (nombre d'essieux tracteurs sur OA - pente)
- Prise en compte de l'aléa sismique

Les Ouvrages d'Art d'ouverture > 5 m

Les principes d'aménagements retenus à l'issue de l'AVP :

- OA existant en mauvais état sur tracé « rectifiable » : **Ouvrage définitif en parallèle (5 OA)**

Exemple des VIPP sur canal EDF



- OA existant en mauvais état sur tracé non « rectifiable » : **Ouvrages définitifs en place (8 OA)**

Exemple des Ponts cadres et assimilés de faibles ouvertures



Les journées techniques

Exemple des Ponts à travées isostatiques de faibles portées



Exemple des ouvrages voûtes



Cas particuliers

- Aucune restriction de circulation sur l'ouvrage
- Pas de rectification de tracé possible (foncier - urbain)



Le défilé de Mirabeau

- Route existante à flanc de falaise et en bordure de la Durance
- Largeur insuffisante (encombrement et giration des convois)

- Pas de remblai dans la Durance
- Site classé
- Soutènement existant avec ouvrages voûtés incorporés
- Aménagement sur 350 mètres



Les journées techniques

Les petits ouvrages d'ouverture < 5 m

118 ouvrages recensés
Pas de récolement disponible

Appréciation de la capacité portante « théorique » des ouvrages

- Comparaison des « pressions » exercées sur l'ouvrage, entre les charges ITER et les charges « réglementaires » pour lesquelles l'ouvrage est « sensé » être dimensionné.
 - Méthodes de calculs développées dans les guides du SETRA (dalots, voûtes, buses métal)
 - Abaques du Fascicule 70 du CCTG pour les buses de petits diamètres.

- Prise en compte de l'état de l'ouvrage

Convoi test (Tandem de charges identiques à deux essieux ITER)

- Validation de l'approche théorique

Existence possible d'autres ouvrages non repérés