

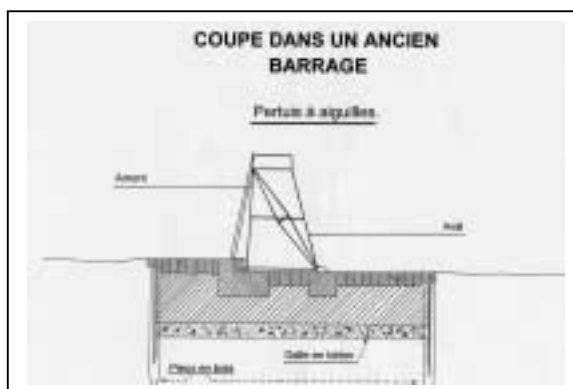
MODERNISATION DE LA HAUTE MEUSE

Cette note de synthèse sur la modernisation de la Haute Meuse est dédiée à tous les agents des Voies hydrauliques qui ont exercé, avec beaucoup de courage, un métier difficile sur les vieux barrages de la Meuse en furie et en ont été victimes.

1. Rappel historique

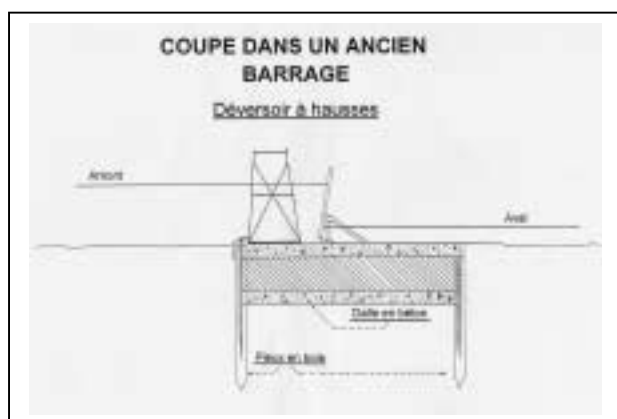
Dans la deuxième partie du 19^{ème} siècle, l'industrie se développe dans le sillon Sambre et Meuse.

Afin de répondre au besoin d'axes de communication devenus nécessaires pour permettre l'essor de l'industrie, il devient nécessaire de relier les bassins de Liège et Charleroi à la mer et aux pays voisins par une voie navigable permettant, en tout temps, un mouillage de 2,2 m correspondant au gabarit nécessaire pour un bateau de 600 T. ("Campinois").



Pour atteindre cet objectif, il faut aménager la Meuse.

Les inventions du barrage à "fermettes et aiguilles" par l'ingénieur français Poirée en 1834 et du barrage à "hausses" par l'ingénieur français Chanoine en 1857 sont des éléments déterminants dans la première modernisation de la Haute Meuse.



En effet, la grande innovation de ces 2 types de barrage est qu'ils peuvent être entièrement couchés en période de fortes eaux. La hauteur de chute de ces barrages est limitée à $\pm 2,5$ m pour des raisons de manœuvre manuelle.

Le choix d'installer des barrages mixtes (Poirée-Chanoine) a été motivé pour des raisons de souplesse d'exploitation.

C'est ainsi qu'à partir de 1868, la haute Meuse a été dotée de 9 complexes "Ecluse-Barrage".

La navigation est en plein essor, les responsables de l'époque, conscients de l'avenir, optent pour des écluses de 100 m x 12 m ce qui permet le passage des grosses unités rhénanes (1350 T).

Les travaux de cette première modernisation de la Meuse se sont terminés en 1880.

2. Problèmes rencontrés

Jusqu'après la guerre (1940-1945), à l'exception de travaux ponctuels, les travaux de la première modernisation ont donné entière satisfaction.

Cependant, l'évolution de la technique ouvre des perspectives insoupçonnées un siècle plus tôt. L'évolution de la législation sociale, les conséquences des fortes crues de 1926 et les progrès technologiques ont soulevé les problèmes suivants :

- la manœuvre des barrages manuels est dangereuse et pénible. Hommage doit être rendu à toutes les personnes qui ont été accidentées et qui parfois y ont perdu la vie.
- en période d'étiage ¹, ces barrages ne sont pas suffisamment étanches que pour pouvoir garantir le tirant d'eau minimum.
- comme la hauteur de chute peut difficilement dépasser 2,5m, le seuil du barrage représente un obstacle à l'écoulement en période de fortes crues ce qui est défavorable pour les inondations.
- ces barrages présentent progressivement de sérieux signes de vétusté.

Dès 1930, la Meuse entre Namur et la frontière néerlandaise entre dans une phase de nouvelle modernisation. C'est en 1980 que sera prise la décision de poursuivre les travaux de modernisation en amont de NAMUR.



Manœuvres sur l'ancien barrage de Hastière
© MET - D. 434 - 98/03315

¹ Période de basses eaux

3. Deuxième modernisation de la Haute Meuse

De 1954 à 1982, les travaux de modernisation effectués en amont de Namur sont partiels, ils ont précisément pour but de permettre la navigation des unités de 1350 tonnes jusqu'à GIVET.

En 1982, les travaux de modernisation entre Namur et Andenne sont en voie d'achèvement, il reste donc à prendre une décision pour les 50 km de la haute Meuse.

Comme pour la Meuse moyenne, il est nécessaire de remplacer les 9 barrages existants par des ouvrages modernes.

Deux solutions sont envisagées :

- soit poursuivre la modernisation de la Meuse de la même manière qu'en aval de Namur, c'est-à-dire en réduisant le nombre de biefs et en construisant des écluses de grandes dimensions accessibles aux convois poussés (9 000 T);
- soit remplacer, dans son site, chacun des barrages existants et conserver l'écluse attenante (100 m x 12 m).



Ancien barrage d'Hastière © MET - D. 434 - 01/00578

La première solution est très coûteuse; elle exige en outre, une modification profonde du paysage très attrayant de la Haute Meuse par la variation des niveaux des plans d'eau, les rectifications de berges et l'enlèvement de certaines îles.

D'autre part, elle ne présente pas un véritable intérêt économique, étant donné le bouchon constitué actuellement et demain encore par la Meuse française qui reste accessible aux unités de 300 tonnes maximum.

Ceci explique le trafic relativement faible constaté en amont du confluent avec la Sambre.

C'est la raison pour laquelle la seconde solution, moins coûteuse et plus respectueuse de l'environnement, a été retenue.



Pose de la première vanne sur le barrage d'Hastière
© MET - D. 434 - 01/00595

Chacun des neuf barrages anciens, situés en amont de Namur est donc remplacé, dans son site, par un barrage moderne équipé de vannes-segments avec hausses.

Ce type de vannes est préféré parce qu'il ne nécessite pas de superstructure, qu'il ne présente pas de danger d'engravement de la fosse du radier² et que ses principaux organes mécaniques sont situés au dessus du niveau de l'eau.

Le projet de modernisation prévoit le relèvement de chaque plan d'eau d'environ 0,40m. Pour des raisons de respect de l'environnement, le projet initial sera adapté et le relèvement sera limité à quelques centimètres ce qui aura pour conséquence de devoir adapter les buscs³ aval des écluses pour garantir un tirant d'eau de 2,5m nécessaire pour les unités de 1350 T à pleine charge.

De plus, l'Administration veut profiter de ce programme de travaux relativement importants, pour abaisser le niveau de l'eau en période de crues et améliorer la situation des riverains. Les niveaux des radiers des nouveaux barrages sont situés approximativement 2,50m sous les niveaux des radiers des anciens barrages à hausses. Le plafond de la Meuse sera approfondi en conséquence.

Les travaux comprennent également l'électrification de la manœuvre des portes et des vannes de sassement⁴ des écluses existantes.

Sa réalisation a débuté en 1982 par l'adjudication des nouveaux barrages de La Plante et de Tailfer.

Le coût de l'ensemble du programme est de 4 518 Millions de francs (112 millions d'EUR).

Les travaux doivent se terminer dans le courant de l'année 2004.

Ce programme est représenté, en plan et en profil, respectivement sur les figures jointes au présent dossier.

² Base sur laquelle repose l'ouvrage.

³ Dénivelé saillant sur le radier d'une écluse et servant à l'étanchéité des vantaux en position fermée.

⁴ Vannes permettant le « remplissage » des écluses.

3.1. Conséquences directes des travaux de modernisation

- Suppression du danger et des difficultés de manœuvres des barrages ;
- Diminution du coût de l'entretien des ouvrages ;
- Augmentation de l'enfoncement autorisé de 2,20 m à 2,50 m ce qui a pour effet de diminuer sensiblement le coût du transport s'exerçant à partir des carrières de la région dinantaise ;
- Réduction sensible du risque d'inondation. En effet, les anciens barrages étaient érigés sur les hauts fonds du fleuve et constituaient des obstacles à l'écoulement des crues. Leur disparition, les approfondissements importants du plafond de la Meuse et la manœuvre beaucoup plus rapide des nouveaux barrages améliorent l'écoulement des eaux de manière substantielle et abaissent le niveau des crues de 1 mètre à plus d'1 mètre 50, selon les biefs, pour les grandes crues.

3.2. Conséquences indirectes de ces travaux

- La réduction des journées de chômage du fait des manœuvres de barrages pour crues ou glaces bénéficiera également à la batellerie et au transport par eau.
- L'installation d'échelles à poissons accolées aux nouveaux barrages permet d'espérer le retour du saumon, notamment, dans nos rivières.

* * *

4. Description des ouvrages



Echelle à poissons au barrage de Tailfer
© MET - D. 434 – 97/00694

Les nouveaux barrages sont constitués d'un radier en béton d'épaisseur variable, surmonté de piles et de culées⁵ (qui sont allongées à l'amont pour supporter une passerelle de service permettant le passage d'une rive à l'autre via les portes de l'écluse) et de vannes métalliques disposées entre les piles et culées.

En rive droite, le long de la culée, chaque barrage est équipé d'une échelle à poisson de conception récente (voir photo ci-jointe).

Entre La Plante et Dinant, chaque barrage comporte 4 pertuis⁶ de 22,5m de largeur chacun. Le barrage d'Anseremme, en amont du confluent avec la Lesse, est également construit avec 4 pertuis mais leur largeur a été limitée à 19 m. Les barrages de Waulsort et d'Hastière ne comportent plus que 3 pertuis de 25 m.

4.1. Les vannes et les clapets basculants

Les vannes sont construites en acier métallisé. Chaque vanne est constituée d'un segment surmonté d'un clapet. Le segment est la partie inférieure lourde qui n'est manœuvrée qu'en période de hautes eaux. Le clapet, beaucoup plus léger, permet à lui seul de régler le niveau des eaux en temps normal. A chaque extrémité, un bras caisson relie la vanne à son articulation. De chaque côté, la vanne est solidaire d'un vérin principal qui permet de lever l'ensemble.



Mise en place des vannes au barrage de Waulsort
© MET - D. 434 – 00/00248

A l'intérieur du bras caisson, un plus petit vérin permet la manœuvre du clapet.

⁵ Appuis d'extrémité d'un barrage ou d'un pont.

⁶ Passage pratiqué dans un ouvrage fluvial

En période de faible débit (< 200 m³/sec), la vanne segment reste posée sur le radier et le clapet règle seul le niveau d'eau amont.

En période de plus fortes eaux, le clapet est entièrement baissé et le segment est soulevé progressivement.

En période de crues, la vanne (segment+clapet) est entièrement soulevée, laissant l'espace entièrement libre pour le passage de l'eau ⁷.

Des plaquettes de présentation des barrages de Waulsort et Rivière figurent en annexe.

4.2. Le radier

Dans sa partie amont, le radier est profilé pour réduire la hauteur de la vanne tout en ne perturbant pas l'écoulement.

A l'aval, un bassin amortisseur muni de plots absorbeurs d'énergie permet de limiter la turbulence de l'eau et les risques d'affouillement ⁸.

4.3. L'échelle à poissons

Le long de la culée rive droite est construite une échelle à poissons de conception moderne. A Waulsort l'échelle est complétée par un local de visualisation des poissons qui permettra au public et aux scientifiques d'observer les allées et venues des poissons. Peut-être qu'un jour on pourra observer le retour du saumon dans les eaux de la Haute Meuse ?

4.4. La passerelle

Appuyée sur les extensions amont des piles et culées, les passerelles ont un double but :

- Permettre aux piétons le passage d'une rive à l'autre et au personnel d'entretien d'accéder aux piles.
- Supporter les câbles électriques et les tuyaux d'huile sous pression nécessaire aux vérins des vannes.



Pose de la passerelle à Waulsort
© MET - D. 434 – 00/00283

⁷ Les explications relatives aux équipements électromécaniques figurent au § 4.6.

⁸ Cavité creusée par le tourbillonnement des eaux. Celle-ci peut, en s'étendant, entraîner des dommages au radier sur lequel repose l'ouvrage.

4.5. L'écluse

Les portes, qui étaient commandées manuellement, ont été équipées de vérins oléohydrauliques⁹.

Les plateaux de certaines écluses et les vantaux ont bénéficié de travaux d'exhaussement.

4.6. Equipements électromécaniques

Les vannes et les clapets basculants du barrage sont équipées d'articulations mécaniques à rotules et d'une commande bilatérale par vérins oléohydrauliques. Les groupes oléohydrauliques d'alimentation des vérins sont placés dans un bâtiment de service accolé au barrage. Les tuyauteries d'alimentation des vérins empruntent la passerelle du barrage. Il est à remarquer qu'une commande unilatérale des hausses et des vannes est également possible.



Hastière - Equipements électromécaniques
© MET - D. 451B

Les portes et vannes des écluses sont commandées par des vérins oléohydrauliques. Les groupes oléohydrauliques d'alimentation de ces derniers sont soit placés sur les bajoyers à proximité des organes commandés, soit intégrés dans les bâtiments techniques ou de commande.

L'alimentation électrique de chaque complexe barrage-écluse est réalisée au moyen d'une cabine haute tension de 250 kVA secourue par un groupe électrogène. L'énergie électrique est ensuite distribuée aux différents tableaux basse tension répartis dans les bâtiments techniques et de commande.



Dinant - pupitre de commande du barrage-écluse
© MET - D. 451B

Les clapets et les vannes sont équipées de capteurs angulaires de position. Des interrupteurs de fins de course signalent les positions extrêmes des bouchures. Des mesures de niveaux sont placées à l'amont et à l'aval du barrage ainsi que dans les chenaux et dans le sas des écluses. Un débitmètre à ultrasons équipe le bief HASTIERE-WAULSORT.

⁹ Voir § 4.6, relatif aux équipements électromécaniques.

En fonctionnement normal, la commande du barrage est assurée par des automates programmables qui permettent de maintenir le niveau amont du barrage à une valeur de consigne. La valeur du niveau amont est régulièrement comparée au niveau de consigne. L'évolution de ce niveau génère une ouverture ou une fermeture des bouchures. La logique programmée limite au maximum les mouvements intempestifs du barrage. Les capteurs de positions permettent de contrôler la bonne exécution des commandes. Pour optimiser la disponibilité, les automates sont dédoublés.

L'opérateur peut également commander les manœuvres des pertuis par actions au pupitre de commande. Le contrôle des séquences d'ouverture et de fermeture reste cependant assuré par les automatismes.

La sécurité de fonctionnement de l'ouvrage est renforcée par une commande ultime de secours via des circuits électriques conventionnels.

La commande de l'écluse est réalisée par l'opérateur au pupitre de commande. Les séquences de commandes des portes, des vannes et des feux de signalisation sont gérées par des automates, avec le même niveau de disponibilité que pour le barrage.

Des caméras permettent aux opérateurs de surveiller les bouchures du barrage ainsi que les organes mobiles de l'écluse.



Hastière - automate de commande d'un pertuis du barrage
© MET - D. 451B

Un réseau d'interphonie met en communication le pupitre de commande, les différentes salles techniques, les piles et culées du barrage et le plateau de l'écluse.

Une installation de supervision avec écrans graphiques permet un contrôle complet du fonctionnement de l'écluse, du barrage et des différents équipements techniques.

Les différentes alarmes générées par les automatismes sont affichées sur écran et envoyées simultanément au service assurant la maintenance des équipements électromécaniques. L'état des différents systèmes peut être consulté à distance.

Une communication entre sites des mesures principales (niveaux, débit) est également assurée. Ce transfert d'informations est soit supporté par le réseau de télécommunication du MET, soit par des lignes téléphoniques louées.

Les installations comprennent également les équipements électriques des bâtiments (chauffage, éclairage et prises de courant) et les installations d'éclairage extérieur des complexes.

4.7. Sécurité

Le risque qu'un bateau avalant ne parvienne pas à s'engager dans le chenal de l'écluse et vienne s'encaster dans une vanne du barrage n'est pas nul. Les conséquences d'un tel accident pourraient être catastrophiques pour la navigation.

Afin de se prémunir de cette éventualité, des systèmes de retenue des bateaux (NAVISTOP ®) sont installés à l'amont de chaque barrage (pour Waulsort et Hastière ce sera dans le courant de l'année 2002) ¹⁰.

Ce système est étudié pour pouvoir arrêter un bateau de 1350 T chargé lancé à une vitesse de 3,5m/sec.

Pour permettre l'entretien des vannes et des équipements électro-mécaniques, l'Administration s'est dotée d'une bouchure flottante destinée à fermer un pertuis en cas de problème à une vanne.

Il s'agit d'une immense porte métallique qui flotte verticalement. La largeur est celle d'un pertuis, sa hauteur totale est de 6,5m.

Son déplacement et sa mise en place sont assurés par un remorqueur.

Pour fermer hermétiquement un pertuis, il suffit alors de remplir cette porte d'eau en ouvrant les vannes prévues à cet effet.

Cette porte fonctionne indifféremment pour tous les pertuis des barrages de LA PLANTE et DINANT ¹¹.

* * *

¹⁰ Système de câble, maintenu légèrement au dessus de la surface par des bouées, et qui en se tendant freine, puis arrête les bateaux s'approchant trop près du barrage. Par analogie, on pourrait comparer ce système aux filets de secours sur les pistes d'atterrissage des porte-avions.

¹¹ Une étude est en cours pour les 3 autres barrages dont la largeur de pertuis n'est pas de 22,5m.

5. Approfondissements des biefs et lutte contre les inondations

La construction des nouveaux barrages a également eu pour effet d'abaisser le niveau du radier afin de conserver une hauteur d'eau voisine de 6m.

Entre les barrages, les biefs ont été approfondis en conséquence afin de garantir un écoulement continu et une section mouillée constante.

Les travaux d'approfondissements ont généralement succédé à la construction des nouveaux barrages, ils sont terminés dans la zone allant de LA PLANTE à WAULSORT. Ceux du 2^{ème} bief (Hastière-Waulsort) ont commencé en juin 2001. Pour le 1^{er} bief, l'adjudication a eu lieu le 23/11/2001. La fin des travaux est prévue, au plus tôt, pour le milieu de l'année 2004.

Les effets de ces travaux ont été simulés par le Laboratoire de Recherches Hydrauliques, à l'aide d'un modèle numérique unidimensionnel entre la fontière française et Namur.

Cette simulation montre que les niveaux maxima, atteints lors de grandes crues, seront abaissés de 1 m à plus d'1,5 m, selon les biefs, par rapport à la situation avant la modernisation.

6. Centrales hydroélectriques

Dans le contexte de développement de production d'énergie électrique en Région wallonne, les projets de centrales hydroélectriques au droit des barrages de la Haute Meuse sont de nouveau à l'ordre du jour.

Les 9 sites disponibles représentent ensemble un potentiel de 15 MW de puissance électrique à installer.

Un projet de concession domaniale pour réaliser et exploiter ces centrales hydroélectriques est actuellement à l'étude.

* * *

7. Aspects financiers

On trouvera, ci-dessous, la liste des travaux réalisés depuis 1982. Elle donne le montant et la chronologie des investissements (montants adjugés non actualisés, en millions de BEF et en millions d'EUR)

		Année	MBEF	M€
1	Construction d'un nouveau barrage à La Plante	1982	209	5,18
2	Construction d'un nouveau barrage à Tailfer	1982	206	5,11
3	Equipement électromécanique des barrages de La Plante et de Tailfer	1984	170	4,21
4	Construction d'un nouveau barrage à Rivière	1983	225	5,58
5	Construction d'un nouveau barrage à Hun	1984	230	5,70
6	Construction d'un nouveau barrage à Houx	1984	247	6,12
7	Equipement électromécanique des barrages de Rivière, Hun et Houx	1985	255	6,32
8	Approfondissement du lit de la Meuse dans les 8 ^{ème} et 9 ^{ème} biefs			
	LOT 1: Tailfer-La Plante	1984	38	0,94
	LOT 2: Rivière-Tailfer	1984	50	1,24
9	Construction d'un nouveau barrage à Dinant	1985	256	6,35
10	Construction d'un nouveau barrage à Anseremme	1985	350	8,68
11	Equipement électromécanique des barrages de Dinant et d' Anseremme	1985	170	4,21

	MBEF	M€
Total des travaux adjudés après 1981	4 518	112
Total des travaux adjudés entre 1954 et 1981	713	17,67
TOTAL (TVA comprise, hors révision)	5 231	129,67

La modernisation de la Haute Meuse a nécessité des investissements pour un total adjudé de 5.231 millions BEF (129,67 M€), soit environ 225 millions BEF par an (depuis 1981).

Ramené au km de voie navigable, la dépense s'élève à : ± 116,25 millions de BEF/km (2,88 M€/ km).

Les travaux réalisés pendant la période 1998-2001 ont été présentés dans le cadre du programme européen IRMA (Interreg Rhine Meuse Activities) de lutte contre les inondations et ont ainsi bénéficié d'une subvention européenne de 65 millions BEF (1,61 M€).

8. Conclusion

Rendue nécessaire pour des raisons de vétusté et de sécurité, la modernisation de la Haute Meuse ne s'est pas limitée au remplacement des anciens barrages du XIX^{ème} siècle par des nouveaux ouvrages électromécaniques mais a été accompagnée d'une modernisation des écluses et d'un approfondissement substantiel des biefs ce qui entraîne des conséquences extrêmement favorables notamment en permettant une meilleure maîtrise du fleuve, en diminuant les débordements en période de crue et en améliorant la sécurité de travail du personnel chargé des manœuvres sans sacrifier la beauté de la vallée, son environnement remarquable et son attrait touristique.

Ayant appris que des travaux sont en préparation à l'écluse des 4 cheminées à Givet et que la construction du nouveau barrage de Monthermé est terminée, on peut espérer que l'exemple belge donnera à nos voisins français l'envie de poursuivre cette modernisation au delà de la frontière.

Moderniser l'aménagement d'un fleuve est un travail de longue haleine qui nécessite beaucoup d'efforts et la coopération de nombreux services du M.E.T.

Sous la haute direction de ir B. FAES, Secrétaire général a.i., la modernisation de la Haute Meuse est l'œuvre de :

➤ LA DIRECTION GENERALE DES VOIES HYDRAULIQUES (DG2)

Directeur général des Ponts et Chaussées a.i., ir J. LAURENT

DIVISION DU BASSIN DE LA MEUSE (IG23)
Inspecteur général a.i., ir J-M CRENIER

DIRECTION DES VOIES HYDRAULIQUES DE NAMUR (D232)
Ingénieur en chef-Directeur des Ponts et Chaussées a.i, ir J. DELVAUX
Premier Ingénieur des Ponts et Chaussées, ir J. GERDAY

➤ LA DIRECTION GENERALE DES SERVICES TECHNIQUES (DG4)

Directeur général a.i, ir P-H BESEM

Division de l'Électricité, de l'Électromécanique, de l'Informatique et des
Télécommunications (IG45)
Inspecteur général des Ponts et Chaussées a.i., ir F. NIEUS

DIRECTION DU CONTROLE ET DES RECEPTIONS TECHNIQUES (D451B)
Ingénieur en chef-Directeur des Ponts et Chaussées, ir A. PLUMIER
Ingénieur des Ponts et Chaussées, ir D. SIMON

avec la collaboration des services suivants :

DIVISION DES ÉTUDES ET DES PROGRAMMES (IG21)
Inspecteur général des Ponts et Chaussées a.i., ir M. REMOUCHAMPS

DIRECTION DES ÉTUDES HYDROLOGIQUES ET DES STATISTIQUES (D212)
Ingénieur en chef – Directeur des Ponts et Chaussées, ir C. PAQUET

LABORATOIRE DE RECHERCHES HYDRAULIQUES (D213)
Ingénieur en chef - Directeur des Ponts et Chaussées, ir J-M HIVER

DIVISION DU CONTROLE TECHNIQUE (IG42)
Inspecteur général des Ponts et Chaussées a.i., ir M. FLAHAUX

DIRECTION DE LA GEOTECHNIQUE (D421)
Ingénieur en chef– Directeur des Ponts et Chaussées, ir J. NOMERANGE

DIRECTION DES STRUCTURES METALLIQUES (D422)
Ingénieur en chef – Directeur des Ponts et Chaussées, ir J-P DEGUELDRE

Cette note de synthèse a été réalisée par ir J. GERDAY (D.232-coordination) et ir D. SIMON(D.451B), avec la collaboration de Christophe DUPONT (D.215)