

# viaduc

ÉDITÉ PAR LA COMPAGNIE EIFFAGE DU VIADUC DE MILLAU



Un spectacle inoubliable qui marque la fin de la construction des piles.

## Soirée son et lumière

**Le 9 décembre dernier, malgré un froid hivernal, l'ambiance était particulièrement chaude sur le chantier du viaduc. Plus de 400 personnes s'y étaient donné rendez-vous pour fêter la fin de la construction des piles.**

Lorsque les premiers feux de Bengale ont illuminé les piles du viaduc, les regards émerveillés se sont instantanément tournés de leur côté. Sur la route de Creissels, en contrebas de

l'ouvrage, les voitures se sont aussitôt arrêtées. Un spectacle inoubliable - sur fond de pleine lune et de ciel étoilé - au cours duquel les feux d'artifice ont embrasé toute la vallée du Tarn pendant de longues minutes. Clou de la manifestation : le rayon laser vert qui, en reliant les côtés nord et sud de l'ouvrage, a donné l'illusion pendant quelques secondes que les deux parties du tablier avaient effectué leur jonction.

La fin de la construction des sept piles de béton et des deux culées constitue un tournant dans la vie du chantier du viaduc de Millau. Mission accomplie pour les équipes "béton", un an et demi après les premières "levées", et avec quelques semaines d'avance sur le planning. Un

succès total, tant sur les plans technique qu'humain, avec, à la clé, le record mondial de hauteur pour la pile P2 (245 m) et sans qu'aucun accident grave ne soit venu assombrir la performance.

suite page 2

### Rendez-vous en juillet 2004

"La construction des piles est terminée. Même si cela ne marque pas la fin du chantier béton puisqu'il reste la barrière de péage à construire, il est normal que tout le monde se réjouisse. Le tablier peut maintenant être lancé sur toute sa longueur. Début juillet 2004, nous nous retrouverons tous pour fêter le clavage des 36 000 tonnes d'acier au-dessus du Tarn !"

**Marc Legrand, directeur général de la Compagnie Eiffage du Viaduc de Millau.**

### Une grande fierté

"Nous sommes tous très fiers de ce chantier : le timing a été respecté et, surtout, nous n'avons connu aucun accident grave. Il nous reste treize mois pour tout achever avant l'inauguration. Une multitude de travaux - moins visibles mais tout aussi importants - reste à accomplir. Je tiens à rendre hommage à la ténacité de toutes les équipes d'Eiffage TP et d'Eiffel."

**Jean Guénard, président de la CEVM et DGA d'Eiffage TP**

De gauche à droite : **Marc Legrand**, directeur général de la CEVM, **Jean Guénard**, président de la CEVM et d'Eiffage TP, **Jacques Godfrain**, député-maire de Millau, **Henri Planes**, sous-préfet de Millau, **Jean-Pierre Martin**, directeur de projet.







## Un pincement au cœur

"Millau restera pour moi comme un très beau chantier... et la fête de ce soir est vraiment superbe. On est évidemment très ému lorsqu'on voit ce feu d'artifice et cela fait forcément un pincement au cœur d'avoir terminé. Mais c'est la vie des chantiers !"

**Daniel Guille, chef de chantier pile P2**

suite de la page 1

## Une réponse à chaque question

S'il a du mal à cacher son émotion, Jean-Pierre Martin, directeur du chantier pour Eiffage TP, affiche avec modestie sa joie d'avoir mené à bien l'élévation de ces sept aiguilles de béton. Un "pro" qui n'hésite pas, lors du discours de rigueur, à faire une confiance aux 450 invités regroupés sous l'immense chapiteau monté pour l'occasion. Quelques phrases qui symbolisent toute la pression à laquelle il a dû faire face avec ses équipes. "En fait, le nombre de problèmes à résoudre m'inquiétait, avouet-il. Le sol serait-il suffisamment stable ? La formule du béton était-elle la bonne ? Les bureaux techniques fourniraient-ils les

plans à temps ? Trouverait-on le personnel qualifié ? Les coffrages se montreraient-ils assez performants ? Au fur et à mesure de l'avancement des travaux, nous avons trouvé une solution à tous ces points. Si deux ans après la pose de la première pierre, les piles et les culées sont achevés, cela prouve que nos choix étaient les bons !" ■



## L'aventure d'une vie

"La fête de ce soir est à l'image de la façon dont s'est déroulé le chantier : magnifique. Maintenant, c'est à Eiffage d'achever son travail. Nous avons surmonté bon nombre de difficultés techniques et la moitié des lançages est d'ores et déjà réalisée. Jamais encore nous n'avions réalisé un tel chantier sur une durée aussi longue et avec autant d'intervenants. Ce projet a fédéré toutes nos équipes."

**Jacques Huillard, président-directeur général d'Eiffage.**

Béton

## La dernière ligne droite

L'année 2004 s'annonce chargée. "L'aspect spectaculaire du chantier est derrière nous, mais nous entrons désormais dans une phase plus complexe : l'installation de l'instrumentation du viaduc (capteurs, fibres optiques, inclinomètres, etc.), les réseaux électriques, la signalisation, l'éclairage et bien sûr la barrière de péage et

le centre de contrôle technique", annonce Jean-Pierre Martin, directeur du chantier pour Eiffage.

L'heure est également au repliement des infrastructures ayant servi à l'édification des piles. Les coffrages autogrimpants sont d'ores et déjà démontés, tout comme les grues, excepté celles des piles

P2 et P3 qui resteront jusqu'au printemps. Fin mars, les deux centrales à béton auront disparu du site, ainsi que le hangar sous lequel les armatures d'acier ont été assemblées. Il sera alors temps d'enlever de nombreux bungalows de chantier. Quant à la remise en état du terrain autour des palées et des piles, "elle est en cours d'étude", déclare Jean-Pierre Martin. ■

## Un chantier et des hommes

### Micro-trottoir entre ciel et terre au sommet de P3, à 221 mètres au-dessus du sol.

"J'ai participé à toutes les étapes de construction de cette pile, depuis la semelle jusqu'à son sommet. Je regrette que cela s'arrête et qu'il n'y ait pas un second chantier comme celui de Millau ! L'ambiance y a toujours été très bonne."

**José Barborá Amorin, 32 ans, coffreur.**

"Je suis arrivé ici en mars 2002. Au début, comme nous n'avions pas l'habitude de travailler avec les coffrages autogrimpants, il a fallu trouver les bonnes combines ! Aujourd'hui, c'est fini... mais je vais continuer ma carrière chez Eiffage."

**José Rodrigues, 58 ans, coffreur.**

"Pendant toute la construction de la pile, j'ai eu la responsabilité de l'ascenseur de



P3. J'ai reçu pour cela une formation spécifique et ce métier m'a beaucoup plu. Millau était mon premier chantier. Ces dix-huit mois m'ont permis d'acquérir une expérience professionnelle unique et je souhaite rester dans les métiers du BTP."

**Bachir Sadouni, 21 ans, liftier. ■**

## Les acrobates du chantier



Comment faire pour installer à l'intérieur des piles les échelles (pour réaliser d'éventuelles opérations de secours sur le viaduc) ou les chemins de câbles destinés aux réseaux électriques, téléphoniques ou à l'éclairage ? Comment intervenir sur les parois extérieures pour en retirer les sabots, diabolos ou autre "quincaillerie" ayant servi à leur construction ? Une seule solution : faire appel à des professionnels des travaux aériens. A la fois alpinistes et acrobates, les six salariés de la société Imbert sont des spécialistes de la corde, du baudrier... et de l'apesanteur ! La peur du vide ? Ils ne connaissent pas ! "Nous allons dans tous les endroits inaccessibles aux grues, aux nacelles ou aux échafaudages, commente Florent Souyri. Au début, on appréhende un peu. Il faut se lâcher en faisant totalement confiance au matériel." Et avoir surtout le cœur bien accroché. ■



## Barrière de péage : un voussoir tous les deux jours

Commencée en octobre dernier, la construction des 53 voussoirs, qui formeront l'auvent de la barrière de péage, a pris sa vitesse de croisière : un nouvel élément est coulé tous les deux jours. Réalisé en BSI®-Ceracem, un béton de très haute technologie, chacun d'eux a sa forme propre, légèrement voilée. Une fois assemblés, ils donneront à l'auvent l'aspect d'une immense feuille de papier vrillée. Fin décembre, 16 voussoirs étaient fabriqués. Tout devrait être terminé fin avril 2004. ■

Voussoirs : des dimensions impressionnantes pour l'auvent de la barrière de péage.





# De piles en palées : une progression maîtrisée

**Avec la réussite des dix premiers lançages du tablier sur les dix-huit programmés, les équipes d'Eiffel tiennent les cadences prévues. Zoom sur un chantier qui tourne à plein régime.**

Pas à pas, mètre par mètre, le gigantesque paquebot d'acier qui a fait son apparition en mars dernier du côté du Larzac poursuit son voyage de géant dans le ciel millavois. Sans que rien ne puisse plus entraver sa marche en avant, le tablier sud semble avaler piles et palées les unes après les autres. Inexorablement. Son avant-bec rouge vif montre le but à atteindre, comme un doigt tendu vers l'autre versant de la vallée, vers son

"frère", le tablier nord. Plus le temps passe et plus sa vitesse de croisière s'accroît. "Nous avons très sensiblement augmenté le rythme d'assemblage des éléments du tablier, platelages latéraux et caissons centraux, souligne Jean-Pierre Gerner, directeur des travaux pour Eiffel. A l'origine, nous programmions un lançage toutes les six semaines. Aujourd'hui, nous en effectuons un par mois. Imaginez un peu ce que cela représente : 171 mètres en quatre semaines... Personne n'avait osé imaginer que nous pourrions aller si vite !"

Fin décembre 2003, sur un total de dix-huit lançages, dix ont été réalisés, aucun problème significatif n'étant venu entraver les travaux acier. Alors, la routine ? Le mot provoque des réactions épidermiques, comme dans l'industrie spatiale à chaque tir de fusée. Du côté du chantier, on reconnaît cependant être désormais bien rôdé aux procédures



d'assemblage et de lançage du tablier.

La principale inconnue pour les mois à venir reste la météo. Gel, vent, neige ou pluie peuvent tout bloquer

d'un instant à l'autre. "Les inondations dans le sud de la France ont retardé l'acheminement des caissons de Fos à Millau, rappelle avec prudence Jean-Pierre Gerner. Heureusement, la

situation s'est améliorée au bout de quelques jours et nous avons suffisamment d'éléments en réserve pour poursuivre notre travail. Mais on n'est jamais à l'abri d'un imprévu de ce genre !" ■



## Comme un champignon !

**P**ousser comme un champignon ! L'expression colle parfaitement à la palée provisoire Pi 2. A raison de 12 mètres par 24 h, les équipes Eiffel ont mis un point d'honneur à lui donner sa taille définitive (plus de 170 m) en quelques jours. Leur objectif ? Tout terminer pour Noël. Pari tenu ! Et un nouveau record du monde !

# Auscultation sous toutes les coutures

Une surveillance permanente des accéléromètres, anémomètres, extensomètres et autres instruments de mesure installés à chaque élément stratégique du viaduc.



La palée provisoire Pi 7 n'attire pas l'attention des visiteurs. Rien à voir avec ses grandes sœurs qui culminent au milieu de la vallée à plus de 150 mètres de hauteur. Emergeant à peine de la végétation qui borde la culée C8, au sud du chantier, c'est pourtant la plus sensible de toutes. Etonnant mais logique. De par sa position, Pi 7 se trouve particulièrement sollicitée, notamment lors des lançages du tablier. Or, sa petite taille rend sa structure extrêmement rigide. Un manque de souplesse qui implique une surveillance continue. "En tête de palée, aucun déplacement supérieur à quelques centimètres ne peut être toléré, déclare Hervé Lançon, directeur technique de la société Sites, spécialisée dans l'instrumentation des ouvrages d'art. Un télémètre laser positionné au sommet de la palée rend compte en permanence de sa position."

L'attention accordée à Pi 7 reflète l'importance accordée par les responsables du chantier à la sécurité de l'ouvrage. Rien ne peut relever du hasard lors de sa construction. Tout doit être conçu pour analyser son comportement lors de l'exploitation. En conséquence de quoi, piles, tabliers et pylônes sont bardés d'accéléromètres, d'anémomètres, d'extensomètres et autres

instruments de mesure. "Les lançages du tablier sont sous haute surveillance, poursuit Hervé Lançon. Des accéléromètres sont placés aux endroits stratégiques pour surveiller les phénomènes vibratoires qui pourraient affecter la structure métallique. Par ailleurs, des capteurs évaluent les variations de température risquant d'engendrer des déformations du tablier. A noter égale-

ment l'installation, à l'extrémité du tablier sud, d'un anémomètre sensible à la propagation des ultrasons dans l'air en mouvement et qui présente l'immense avantage de capter la vitesse des vents verticaux susceptibles de soulever la structure lors des lançages."

Bon nombre de ces instruments resteront en place lors de la mise en service du viaduc. D'autres viendront compléter la panoplie existante. Ainsi, les mouvements du tablier au niveau des joints de dilatation seront mesurés au millimètre près sur chacune des culées. Les haubans, quant à eux, seront auscultés en permanence, et leur vieillissement hautement surveillé. Donc, soyez tranquille. Lorsque vous franchirez le Tarn en voiture par l'autoroute A 75, soyez assuré de la parfaite santé du géant d'acier et de béton sur lequel vous roulerez ! ■

## Une ambition pour sept départements

**C**rée en 1986, l'association La Méridienne avait pour objectif de promouvoir la transformation par l'Etat de la N9 entre Clermont-Ferrand et la Méditerranée en une structure moderne. "A l'époque, nous n'envisagions même pas la réalisation d'une autoroute", rappelle Jean Julhe, son président. Aujourd'hui, avec plus de 500 adhérents, l'association regroupe les élus des communes des sept départements traversés par l'A75. Leur ambition : faire de cet axe routier un vecteur privilégié de développement interrégional, tant sur les plans économique que culturel et touristique. Et d'ores et déjà, le potentiel dans ces domaines s'annonce considérable. "Le trafic routier a été multiplié par dix en une quinzaine d'années, précise Jean Julhe. L'ouverture du viaduc de Millau va attirer sur cette autoroute un grand nombre de véhicules supplémentaires." Et, bien sûr, générer une importante activité locale. ■



## Temps forts

Avant la mise en service, contractuellement fixée au 10 janvier 2005, l'année 2004 sera jalonnée de temps forts.

- **Juin** : dernier lancement du tablier sud. Entre janvier et juin, il est prévu d'effectuer huit lancements, soit un toutes les trois semaines.
- **Début juillet** : jonction des tabliers sud et nord à 250 mètres au-dessus du Tarn.
- **Été** : relevage, l'un après l'autre, des cinq derniers pylônes et mise en place des haubans. Pour information, il faut une journée pour mettre à la verticale un pylône de 87 mètres de haut...
- **Fin octobre** : achèvement de la barrière de péage et de la chaussée.
- **A partir de novembre** : formation des personnels d'exploitation.
- **Décembre** : livraison du viaduc. ■

## Des muscles d'acier

**Quasiment invisibles depuis le bas du chantier, ils jouent pourtant un rôle capital lors de chaque lancement du tablier. Ils ? Les translateurs. Au nombre de 64, ces appareils, disposés sur les piles, les palées provisoires et les culées, permettent de déplacer les milliers de tonnes d'acier du tablier au-dessus du vide.**

Chaque translateur est composé d'un bâti qui supporte le tablier. A l'intérieur du bâti, deux cales "pentées". Celle du bas, appelée cale biaise, permet de soulever le tablier avec une force de 2 000 tonnes. Celle du haut, appelée coulisse, permet de translater le tablier avec une

force de 120 tonnes sur une course de 600 mm. Chaque cale est mue par des vérins hydrauliques reliés à une centrale hydraulique de forte capacité. Sur chaque pile ou palée, la centrale hydraulique est pilotée par micro-ordinateur. Chaque pile ou palée répond à un ordinateur central, installé dans le centre de contrôle du lancement. L'ensemble (translateur, commande hydraulique et informatique associée) a été imaginé et développé par les ingénieurs d'Eiffel, Marc Buonomo et Jean-Pierre Gerner. Sans ce système, installé pour la première fois sur ce viaduc, il aurait été impossible de déplacer le tablier qui pèse, côté sud, plus de 20 000 tonnes. En effet, les systèmes de poussage traditionnels ne pouvaient être utilisés en raison de la grande hauteur des piles et des palées.

Le concept du translateur a été adapté aux charges, calculé et



C'est grâce aux translateurs que les milliers de tonnes du tablier peuvent être soulevées et déplacées.

dessiné par le bureau d'études Greisch de Liège. Les translateurs ont été fabriqués par la société Maurer, qui a développé un Téflon spécial ; toute la partie hydraulique et informatique a été conçue par le centre de recherche de la société Enerpac, basé à Madrid.

Six vérins, d'une force globale de 3 600 tonnes, sont installés sous chaque bâti de translateur. "Ces vérins servent de "bogie" à l'ensemble, explique Fernando Cendoya, responsable Enerpac sur le chantier du viaduc. Leur rôle consiste à suivre les déformations et à équilibrer le tablier sur les piles et les palées. Grâce à ce système breveté qui associe

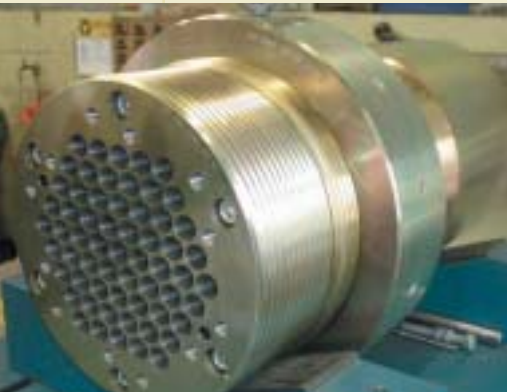
mécanique, hydraulique et informatique, le tablier se déplace sur ses appuis à la vitesse de 7 mètres à l'heure."

De multiples capteurs sont installés sur les translateurs. Ils transmettent des données toutes les secondes à l'ordinateur central : la position des vérins de translations, les pressions, les positions de fins de courses, etc. La centrale informatique gère ces données et coordonne à distance l'action de chacun de ces muscles d'acier. Tous doivent travailler de façon parfaitement synchrone. La condition sine qua non pour assurer la réussite des lancements du tablier. ■

### Découverte

**L'installation des haubans a été confiée à la société Freyssinet, entreprise de génie civil spécialisé mondialement reconnue.**

Un ancrage de hauban.



## Prêts à travailler plus de 100 ans...

La stabilité du viaduc de Millau aurait pu être compromise par de simples gouttes d'eau. Incroyable mais vrai ! L'explication se révèle pourtant limpide : le chemin d'écoulement de la pluie le long des haubans modifie leur géométrie et leur prise au vent, entraînant par-là même des vibrations pouvant atteindre une amplitude de 2 mètres ! Le problème a pu être résolu grâce à la présence d'un fin bourrelet hélicoïdal sur les gaines extérieures. Il permet de "casser" cet écoulement et fait tomber les gouttes d'eau au sol, avant qu'elles ne ruissellent le long du hauban. Ce point particulier montre toute l'attention portée à l'un des éléments les plus visuels du viaduc : les haubans.

Chaque pylône sera équipé de deux nappes axiales de onze haubans. La résistance unitaire de ces derniers varie de 15 000 à 25 000 kN, selon la position occupée sur le tablier : plus ils sont ancrés loin du pylône, plus les forces auxquelles ils sont soumis sont importantes. "Mais ils ne seront sollicités qu'à 50 % de leur capacité sans états limite de service", souligne Manuel Peltier, responsable de projet chez Freyssinet, n°1 mondial du haubanage. Chaque hauban est constitué d'un ensemble de torons (entre 55 et 91) de 15 mm de diamètre, ces derniers étant eux-mêmes composés de sept fils d'acier de 5 mm." Au total, 1 500 tonnes de câbles seront installés sur le viaduc.

Les torons bénéficient d'une triple protection contre la corrosion. Galvanisés, ils sont également revêtus d'une gaine de polyéthylène, les interstices restants étant injectés de cire pétrolière. De plus, la gaine extérieure a bénéficié d'un traitement spécial contre les dégradations liées aux ultraviolets. "Les haubans ont été soumis à de nombreux tests en laboratoires, notamment en ce qui concerne leur étanchéité et leur résistance à la fatigue", poursuit Manuel Peltier. Trafic, dilatation, vibration, vent... : tout a été simulé sur des millions de cycles correspondant aux différentes phases de la vie du viaduc. Résultat : aucun endommagement de toron n'a été enregistré. Le matériel fourni répond aux dernières exigences réglementaires en vigueur et il possède une durée de vie de conception supérieure à 100 ans ! ■

## Du côté d'Eiffage

**Perpignan-Figueras**  
Eiffage et son partenaire espagnol ACS ont été désignés comme concessionnaires constructeurs des 45 km de voie ferrée à grande vitesse qui relieront dans cinq ans les réseaux des deux pays. Une opération d'un montant triple de celle du viaduc de Millau.

**Wittfeld**  
Cette entreprise allemande de génie civil et ferroviaire employant 600 personnes dans le nord-ouest de l'Allemagne rejoint Appia, la branche routière d'Eiffage.

**Electrosur**  
Basée à Albacète en Espagne, cette société de 620 personnes est désormais filiale de Forclum, l'électricien d'Eiffage. ■

### Sécurité

**Sur le chantier du viaduc, les consignes de sécurité sont omniprésentes et s'appliquent à tous. Sans concession.**

Est-il dangereux de travailler à plus de 200 mètres de hauteur ? Cette question revient régulièrement dans la bouche des visiteurs du viaduc. La réponse est claire : non, pas plus que sur un chantier "normal", à condition d'y mettre les moyens. Aucun décès ni accident grave n'a été enregistré depuis le début des travaux. Et en matière de sécurité, tant du côté d'Eiffel que d'Eiffage

Christophe Mazars, chargé de prévention pour Eiffel.



## Objectif : zéro accident

TP, on joue cartes sur table. "Les accidents les plus importants que nous ayons eu à déplorer sont une fracture du pied et une côte cassée", affirme Jean-François Vidor, animateur prévention et sécurité pour Eiffage TP. "Les problèmes oculaires (irritations, projection de paillettes) sont les plus fréquents, en particulier chez les soudeurs", ajoute Christophe Mazars, chargé de prévention pour le compte d'Eiffel. L'un comme l'autre s'accordent sur ce point : rien n'est jamais acquis en matière de sécurité. Les consignes en la matière doivent être sans cesse répétées, du premier au dernier jour des travaux. L'objectif reste le zéro accident grave.

### L'œil sur tout

Les procédures de travail ont été passées au crible par les responsables prévention et sécurité du chantier. "Des fiches de tâches donnent le détail et l'ordre d'exécution des travaux, précise Jean-François Vidor. Sur chacune d'elle figurent

les risques encourus et la façon de les prévenir. Avant chaque démarrage d'une nouvelle phase du chantier, une réunion permet d'édicter clairement les consignes spécifiques de sécurité à tous les ouvriers concernés." L'implication du personnel est l'élément clé de la prévention. Livret d'accueil et équipements de protection individuels lui sont remis avant qu'il rejoigne son équipe. "Tout salarié doit appliquer l'intégralité des consignes de sécurité à la seconde où il met un pied sur le chantier", martèle Christophe Mazars.

Les deux "Messieurs Sécurité" tournent en permanence sur le chantier. Une barrière manquante, une protection mal ajustée : ils ont l'œil à tout. Ils peuvent faire arrêter les travaux, le temps d'une remise aux normes. Et si un orage s'approche à moins de 15 km du viaduc, l'alerte provenant de Météorage est immédiatement relayée sur la sirène de chantier. Pas question de prendre le moindre risque. ■



Jean-François Vidor, animateur prévention et sécurité pour Eiffage TP.

## Point de vue

"Les phases de fin de chantier restent toujours délicates à gérer. Les opérations de démontages sont souvent moins bien intégrées dans les travaux, la concentration diminue et le risque d'accident augmente. Cette dimension est bien prise en compte par les responsables du viaduc avec qui il est possible de travailler en totale transparence... et d'assurer la sécurité de tous."

**Gérard Héréte,**  
**contrôleur de sécurité,**  
**CRAM Midi-Pyrénées.**



**Journal édité par la Compagnie Eiffage du Viaduc de Millau**  
4, rue de la Mégisserie  
12100 Millau.  
Tél. : 05 65 59 26 52  
[www.viaducdemillau.eiffage.com](http://www.viaducdemillau.eiffage.com)

**Directeur de la publication :**  
Marc Legrand.

**Rédacteurs en chef :**  
Sandra Weigand (Eiffel),  
Pierre Marodon  
(Eiffage Construction).

**Crédit photos :**  
D.Jamme (Camara).

**Impression :**  
Imprimerie des Chênes verts,  
Millau.

**Conception-réalisation :**  
Agence François Blanc, Paris  
Annick Gillonier,  
Thierry Massiet.

**Dépôt légal : 1<sup>er</sup> trimestre 2004**