

Histoire de l'instrumentation rachidienne Cotrel-Dubousset (CD)

Jean Dubousset

Paris

Résumé – La rencontre en 1982 de deux chirurgiens à l'esprit ouvert, l'un (Yves Cotrel) cherchant à obtenir un montage suffisamment rigide, solide et stable dans la correction chirurgicale des scolioses de l'enfant et adolescent pour pouvoir se passer de plâtre postopératoire, et l'autre (Jean Dubousset) cherchant à obtenir ou à améliorer une correction tridimensionnelle de la déformation, est à l'origine de la création, de la mise au point et de la stratégie d'utilisation de cette nouvelle instrumentation dénommée CD et parfois qualifiée d'universelle.

Elle est réalisée par l'assemblage d'implants, crochets laminaires, pédiculaires, ou vis pédiculaires placés sur les vertèbres stratégiques et réunies par deux ou plusieurs tiges cintrées pour approcher l'alignement le plus physiologique possible selon l'âge du patient, elles-mêmes réunies sous forme d'un cadre par un élément transversal donnant stabilité et rigidité au montage.

Appliquée sur les déformations rachidiennes des enfants et adolescents en janvier 1983 par Jean Dubousset, elle fut utilisée dès octobre 1983 pour la chirurgie de l'adulte par Michel Guillaumat. Les souhaits des concepteurs ont été obtenus et vérifiés et cela a permis une large diffusion à la chirurgie de l'adulte pour lequel l'immobilisation plâtrée postopératoire n'est plus nécessaire. Elle est à la base de toutes les instrumentations modernes actuelles, qui ayant parfois introduit des variations de formes, volumes, ou matériau en ce qui concerne les implants, ont gardé les principes de base de la stratégie et de la technique originale.

Mots clés: instrumentation CD, correction tridimensionnelle du rachis, correction chirurgicale des scolioses.

Abstract – The meeting in 1982 of two surgeons with open brain results in the creation, use and development of this new instrumentation named CD (Cotrel Dubousset) for spine surgery requiring fusion and especially scoliosis treatment. One of them (Yves Cotrel) was looking for an instrumentation strong and stable to allow suppression of postoperative immobilisation by cast as it was necessary to do in the past for such surgery. The other (Jean Dubousset) was looking to obtain or improve the correction on a three dimension point of view. Made by the association of vertebral implants, laminar, pedicular hooks, and pedicles screws located on the strategic vertebrae. They are linked by two or more rods bent more or less to approach the most physiological alignment as possible and themselves linked by a transverse element giving stable and solid construct. Applied for the first time in January 1983 by Jean Dubousset for an adolescent scoliosis, this was quickly applied for an adult scoliosis by Michel Guillaumat in October 1983. The wishes of the conceptors were obtained and this open largely the field of spine surgery in the adult population thanks to the suppression of postoperative cast immobilisation. The CD instrumentation is at the present, the basis of all modern spinal instrumentation. Despite various changes in the shape, size, volume or even quality of the materials, the basic principles, strategy and rules of CD remain for most if not all of them.

Keywords: CD instrumentation, three-dimensional correction of the spine, surgical correction of scoliosis.

Introduction

La rencontre avec Yves Cotrel

C'est en novembre 1982 que Yves Cotrel, qui avait dû cesser toute activité opératoire trois ans auparavant pour raisons de santé, est venu me rencontrer à l'hôpital Saint-Vincent-de-Paul. Il avait dans sa poche une nouvelle instrumentation qui comprenait :

- une tige rugueuse à surface travaillée « en pointes de diamants » de diamètre 7 mm, qu'il avait testée au Laboratoire national d'essais ;
- des crochets laminaires et pédiculaires à corps fermé, avec un petit boulon qui en s'écrasant sur les aspérités de la tige permettait de la fixer après que celle-ci eut

été enfilée directement ou en va-et-vient dans le canal du corps du crochet ;

- d'autres crochets à corps ouvert postérieurement : l'amarrage de la tige était réalisée grâce à un curseur cylindrique, enfilé préalablement sur celle-ci et qui s'engageait dans le corps ouvert à l'arrière du crochet par glissement, selon le sens de l'orientation de la lame du crochet qu'il soit laminaire ou pédiculaire, donc vers le haut ou vers le bas ;
- d'autres crochets avec un décalage du corps par rapport à la lame vers la droite ou la gauche, pour, pensait-il, faciliter l'installation de la tige rectiligne dans les crochets préalablement placés sur la concavité et la convexité de la courbure scoliotique.

Il y avait aussi des systèmes d'union transversaux, basés sur le principe qu'il avait déjà apporté pour l'instrumentation de Harrington, à savoir le DTT (dispositif de traction transversale). Mais là, le système transversal avait pour but de réunir les tiges concave et convexe pour obtenir une stabilisation du montage.

Le but d'Yves Cotrel était de se passer d'immobilisation plâtrée après l'opération de redressement arthrodistraction d'une courbure scoliotique grâce à une tige de distraction concave et de compression convexe entre les vertèbres extrêmes de la courbure, réunies par ce DTT afin de former un cadre solide (fig. 1). De même, l'aspect rugueux en pointe de diamant qu'Yves Cotrel avait longuement étudié avec les ingénieurs métallurgistes du Laboratoire national d'essai avait pour but non seulement d'assurer une bonne fixation d'implants sur la tige, mais aussi, pensait-il, de permettre à la greffe osseuse de s'ancrer plus fermement sur le montage métallique.

Il me demanda alors si j'étais intéressé par ce projet et si je souhaitais opérer un malade pour essayer ce nouveau matériel et confirmer ainsi qu'on pourrait se passer de plâtre en post-opératoire ; je lui ai donné mon accord immédiatement. La seule remarque technique que je lui ai faite était de remplacer les curseurs (bloqueurs) cylindriques par des curseurs à démarrage conique afin d'entrer plus facilement (comme un suppositoire !) dans le corps du crochet ouvert.

Pourquoi Yves Cotrel est-il venu me voir à St-Vincent-de-Paul alors que je n'avais jamais été son élève à Berck, et qu'il avait là-bas un successeur ?

- Cela a été la première question que je lui ai posée après avoir discuté des problèmes techniques déjà exposés. Il m'a répondu qu'il en avait naturellement parlé à son successeur à Berck mais que celui-ci n'avait pas semblé intéressé.
- Les jeunes chirurgiens orthopédistes s'intéressant au rachis à cette époque étaient entourés par trois grandes personnalités chirurgicales dont Yves Cotrel faisait partie avec Pierre Stagnara et Raymond Roy-Camille et par une personnalité médicale en la personne de Madame Ginette Duval-Beaupère. Il est fondamental d'y adjoindre Pierre Queneau, mon maître, dont l'immense modestie qui le caractérisait n'avait d'égal que son immense savoir et son charisme pour qui savait le rencontrer.
- C'est grâce à lui que nous nous sommes connus avec Yves Cotrel lors de la création et des premiers mois d'existence du *Groupe d'étude de la scoliose* (GES), dont il avait été membre fondateur. De plus, nous avons travaillé ensemble sur les malformations congénitales rachidiennes alors que j'étais « senior résident » à l'hôpital Saint-Vincent-de-Paul pour réaliser une proposition de classification de ces malformations. C'est probablement à ce moment que nous nous étions appréciés mutuellement.
- Une autre raison venait peut-être du fait que j'avais une réputation de travailleur et d'esprit curieux, voire original, comme en avait témoigné la notion de vertèbre

pelvienne exposée au GES dès 1972, ce qui nous avait fait entrer de plain-pied dans les trois dimensions; nous avons défini dès 1975 les notions de « cône d'économie et d'équilibre », puis de « vilebrequin » en 1976, complétées par les travaux que nous avons eu la chance de faire vers cette seconde moitié des années 1970 avec Henry Graf et l'ingéniosité informatique de Jérôme Hecquet, ce qui a été bien démontré lors du GES de Montréal avec le sujet que j'avais proposé : « *La scoliose vue de profil* » !

- Ou était-ce enfin le hasard, « le doigt de Dieu », qui nous a fait nous rencontrer justement à ce moment-là ?

Première intervention utilisant l'instrumentation de Cotrel-Dubousset (CD) réalisée le 21 janvier 1983

Le patient que nous avons choisi, après avoir informé clairement sa famille que nous allions réaliser une nouvelle opération dans le but de se passer de plâtre postopératoire, était un adolescent porteur d'une maladie de Friedreich, qui présentait une scoliose à courbure thoracique. Nous avions, bien sûr, prévenu le directeur de l'hôpital que nous allions réaliser une intervention d'un type nouveau. À cette époque, les CCPPRB (*Comité consultatif de protection des personnes dans la recherche biomédicale*) étaient balbutiants, mais n'étaient pas réellement en place. Le directeur de l'hôpital qui avait bien compris l'intérêt de ce nouveau matériel a demandé quels en étaient les risques : rassuré par le fait qu'à tout moment, il serait possible de revenir à l'opération de Harrington, classique à cette époque, sans risque majoré pour le patient, il donna son accord sans aucune arrière-pensée.

L'intervention se déroula sans difficulté et bien que le matériel dont nous disposions lors de cette première intervention ne fût pas parfaitement adapté, le geste a pu être réalisé avec succès. Le patient fut levé au troisième jour sans plâtre ni corset. Yves Cotrel, présent dans la salle d'opération, notait tout, comme il l'a fait au cours des interventions suivantes. Étant lui-même fabricant du matériel (société SOFAMOR qu'il avait créée à Berck plusieurs années auparavant), il pouvait, grâce au savoir-faire de ses techniciens et mécaniciens, réaliser en un temps record (parfois moins d'une semaine) les modifications que nous allions apporter au fur et à mesure des interventions successives, non seulement aux implants mais aussi aux instruments auxiliaires.

Évolution du matériel

Les premiers cas et la découverte de la manœuvre de rotation de la tige pré-cintrée

- Au cours des premiers cas, nous utilisions deux tiges rectilignes placées parallèlement avec des crochets sur la concavité des vertèbres stratégiques extrêmes et intermédiaires. Pour les vertèbres extrêmes, nous mettions un simple crochet concave en distraction

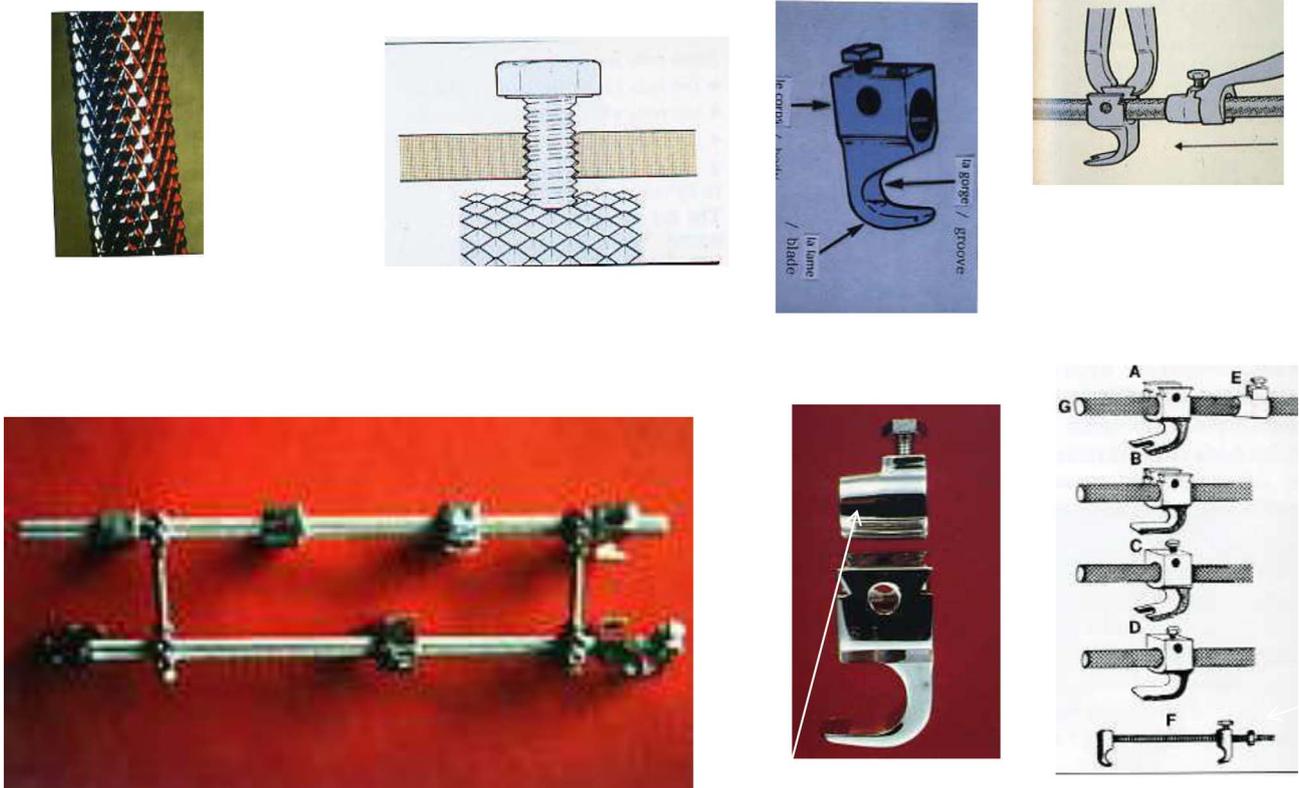


Figure 1. Les principes et le matériel de l'instrumentation en cadre.

pédiculaire en haut et laminaire en bas; puis rapidement, nous avons posé du côté convexe une pince pédiculo-transversaire pour avoir une prise en compression, car l'appui sur la seule transverse était vraiment trop faible et risquait d'entraîner une fracture de celle-ci; nous ajoutons un crochet laminaire en bas, sous-laminaire sur la vertèbre extrême inférieure, et un crochet ouvert pédiculaire sur la vertèbre apicale intermédiaire.

- Pour le premier cas de scoliose idiopathique, je décidais d'instrumenter chacune des vertèbres de la courbure avec un crochet par vertèbre mis en « quinconce » une fois du côté concave et une fois du côté convexe. Le résultat a été très bon mais toujours avec des tiges rectilignes.
- Nous avons constaté aussi l'intérêt de pouvoir placer les crochets dans des directions opposées sur ou sous la lame ou la transverse, et donc de pouvoir agir en compression ou en distraction même à un seul niveau ou deux niveaux adjacents, avec un effet particulièrement satisfaisant pour la stabilité de la pince ainsi réalisée.
- Puis vers le dixième cas, du fait de la cyphose, nous avons été obligés de cintrer la tige pour pouvoir la faire pénétrer dans le crochet; au cours de la manœuvre de mise en place, je me suis aperçu que les mouvements de cette tige cintrée mobilisaient les vertèbres. C'est là que j'ai compris tout l'intérêt d'un pré-cintringe et l'efficacité de la mobilisation de la tige dans le plan horizontal. Le jour même, grâce à un modèle fantôme de vertèbres (éléments en plastique utilisés en plomberie pour la protection des tuyaux de chauffage), avec Yves

Cotrel nous avons vissé sur chaque vertèbre fantôme une vis à anneau type tringle à rideau, et nous y avons enfilé la tige cintrée : nous avons ainsi modélisé le mouvement des vertèbres sur une tige pré-cintrée, en exerçant des mouvements de rotation de celle-ci.

- **La manœuvre de rotation de la tige était découverte (fig. 2a, b, c).** Il s'en est suivie la création de nouvelles pinces et instruments ancillaires pour pratiquer cette rotation. Les mouvements de cette tige pré-cintrée et les contraintes qu'entraînait cette manœuvre de rotation de la tige, en particulier au niveau du crochet pédiculaire concave supérieur, nous ont fait adopter la pince pédiculo-transversaire pour les deux côtés de la vertèbre d'appui supérieure.
- Un fantôme plus sophistiqué, avec modélisation du thorax, fut réalisé par Yves Cotrel à des fins pédagogiques pour bien représenter ce qui se passait au cours de cette manœuvre qui rétablissait si bien en peropératoire le plan sagittal (en cyphose thoracique et lordose lombaire), par exemple pour une courbure double majeure même si sa souplesse n'était pas parfaite.

On peut rétrospectivement se faire une critique lorsqu'on a décrit cette manœuvre de rotation de la tige, en utilisant le mot « dérotation » : en réalité, dans le plan horizontal, en particulier en région thoracique concave, on obtient peu ou pas de dérotation axiale des vertèbres, mais plutôt un réalignement de type détorsion, et ceci, d'autant plus que l'apex est rigide

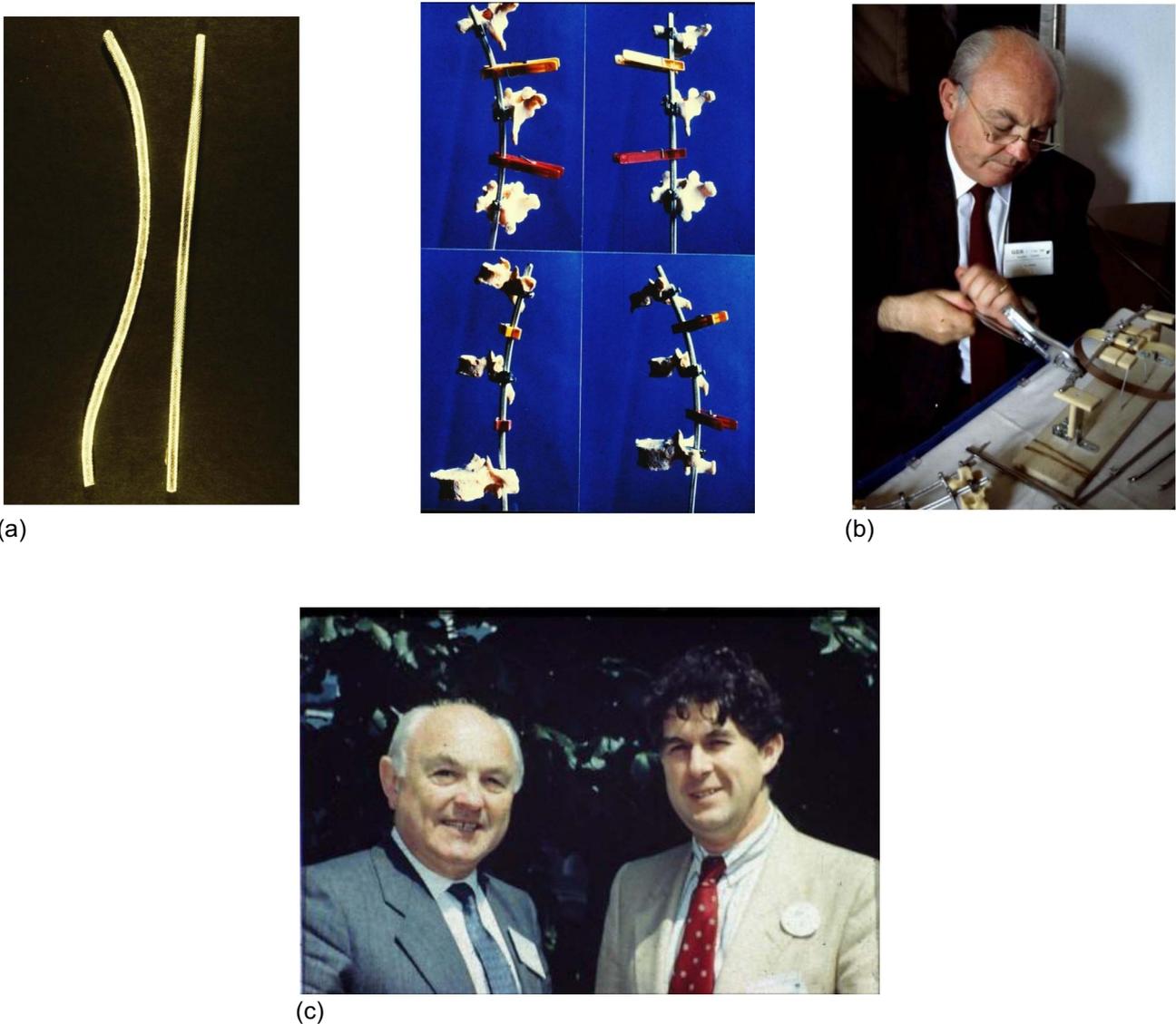


Figure 2. a. Le principe de la rotation d'une tige pré-cintrée concave : on notera grâce aux épingles à linge la modification de l'orientation des vertèbres et le passage de la lordose à la cyphose. b. La dérotation expliquée par Yves Cotrel (coll R. Kohler). c. Yves Cotrel et Jean Dubousset lors d'un séminaire GICD (coll R. Kohler).

et se réaligne « en bloc ». La correction reste malgré tout assez spectaculaire, bien qu'au niveau thoracique (fig. 3), en tournant la tige vers la concavité, on aurait plutôt tendance à aller dans le sens de l'augmentation de la rotation axiale apicale. En revanche, en région lombaire (fig. 4), en tournant la tige convexe vers la convexité, non seulement on rétablit la lordose, mais on est dans le bon sens pour diminuer la rotation axiale.

Le rôle de la tige convexe en région thoracique (moins cintrée que la tige concave dans le plan sagittal) va contribuer à diminuer la rotation axiale de la vertèbre apicale, en même temps qu'elle va réduire la saillie gibbositaire.

C'est ainsi que de semaine en semaine nous avons essayé les nouveaux implants et les nouveaux instruments ancillaires (par exemple, les instruments permettant le cintrage *in situ*, la rugine à butée pour les articulaires thoraciques, etc.) dont nous avons eu l'idée au cours des interventions successives et qui

étaient réalisés en un temps record grâce à l'efficacité, l'ingéniosité et l'enthousiasme des équipes techniques de Berck Plage sous la direction d'Yves Cotrel.

CD et déformations vertébrales chez l'adulte

Après les cinq ou six premiers mois de notre expérience, comme les résultats étaient très bons et que nos petits patients restaient sans nécessité de porter un plâtre, Yves Cotrel m'a demandé à qui s'adresser pour essayer d'appliquer la technique que nous avons mise au point chez l'enfant et l'adolescent, aux adultes.

Je l'ai tout naturellement orienté vers mon fidèle ami Michel Guillaumat, avec qui j'avais des attaches étroites et fraternelles, depuis notre internat commun dans le service du

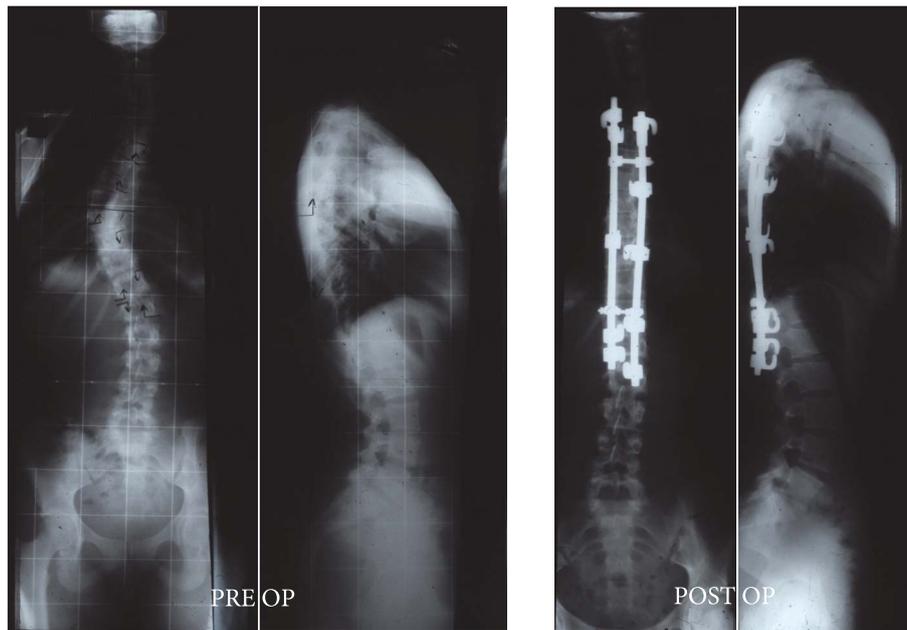


Figure 3. Exemple de scoliose thoracique corrigée selon la technique CD.

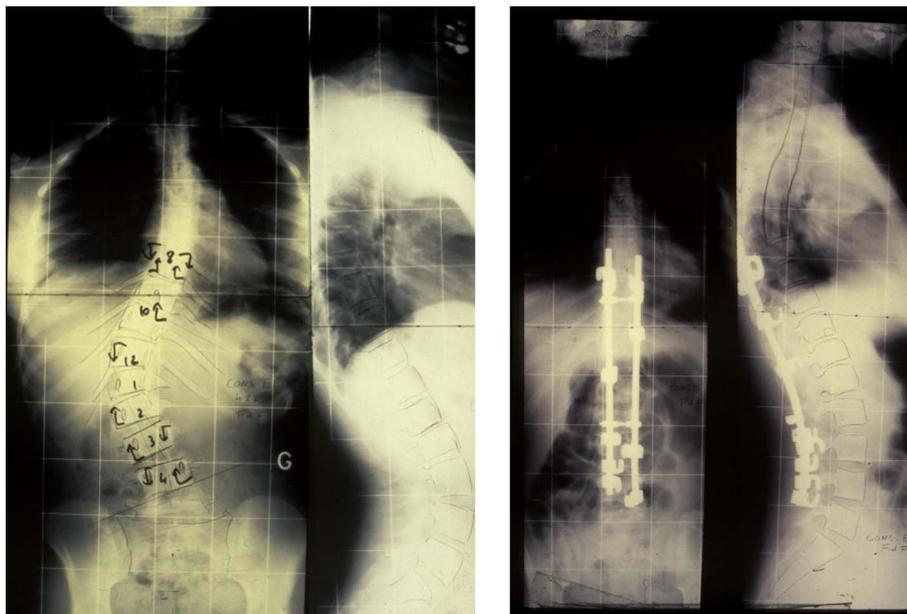


Figure 4. Exemple de scoliose lombaire avec cyphose corrigée par CD avec rotation première de la tige convexe.

Pr Pierre Petit, à Saint-Vincent-de-Paul. Michel Guillaumat s'occupait beaucoup des déformations rachidiennes chez l'adulte à l'hôpital Saint-Joseph, et avait commencé à succéder à Pierre Stagnara, sur le plan national dans cette discipline. Il a adhéré immédiatement au projet et a démontré largement, par la mise au point de stratégies originales, appuyées sur une expérience considérable, l'importance de cette nouvelle technique; celle-ci ne nécessitant pas de plâtre postopératoire ouvrait des chemins multiples et neufs en permettant d'opérer

des patients adultes, jusque-là récusés en raison de la durée du plâtre nécessaire pour obtenir la consolidation avec les techniques anciennes (par exemple avec l'instrumentation de Harrington).

Yves Cotrel et moi-même n'hésitions pas à aller à l'hôpital Saint-Joseph pour conseiller Michel Guillaumat et voir si des modifications ou des adaptations étaient nécessaires en fonction du terrain adulte. C'est ainsi que devant des courbures raides où la rotation de la tige ne pouvait être réalisée, la

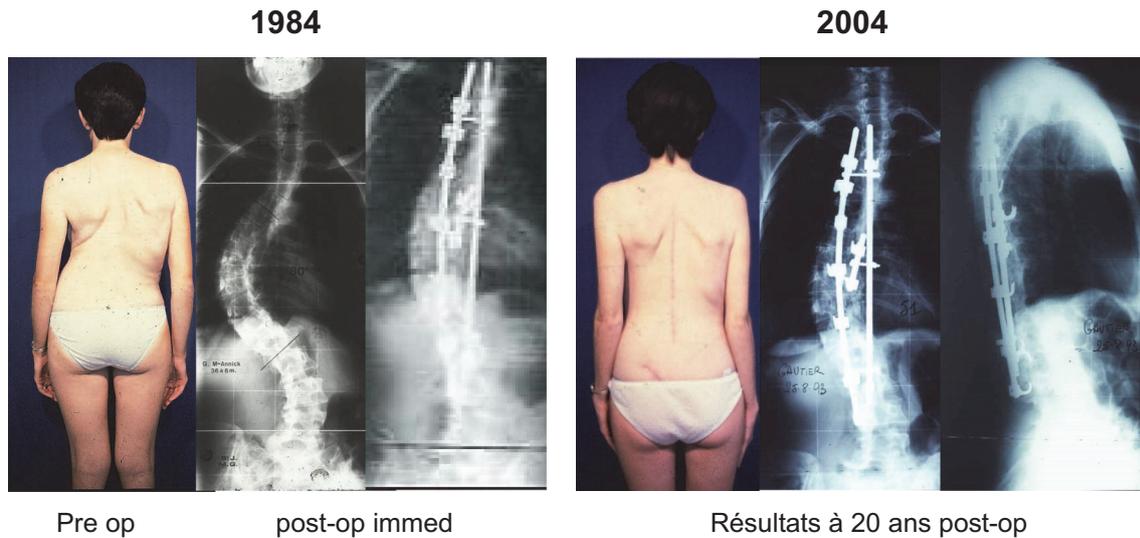


Figure 5. Scoliose adulte corrigée par CD avec 2 tiges concaves en rapprochement et une tige convexe.

technique des trois tiges en rapprochement transversal a été mise au point (fig. 5).

De même nous n'hésitions pas, l'un ou l'autre, à nous rendre en province pour aller enseigner la technique aux collègues qui nous le demandaient.

Nous avons attendu d'avoir une première année d'expérience avant de publier ensemble l'article princeps dans la *Revue de Chirurgie Orthopédique* [1].

Avant même ce délai, nous avons commencé à organiser à Saint-Vincent-de-Paul des réunions régulières de mise au point et d'études critiques des dossiers de malades opérés par les uns et les autres avec les améliorations, mais aussi les difficultés, les pièges et les complications. C'est ainsi que petit à petit, avec l'apport de tous, au cours des diverses étapes de la mise au point, le raffinement de la technique et des indications s'est établi. De nouveaux implants ont été créés, tout comme l'introduction dès 1985 des vis pédiculaires de Raymond Roy-Camille (en particulier pour l'adulte ou la région lombaire des adolescents). D'autres implants essayés furent supprimés car peu efficaces, voire nuisibles. Depuis le début de notre expérience, un format « pédiatrique » a été réalisé pour des jeunes enfants.

La collaboration au sein de notre trio pour ce travail s'est poursuivie très longtemps. Par exemple, alors que j'étais aux États-Unis en 1987 pour une année sabbatique, et de passage à Paris, Michel Guillaumat m'a demandé de l'aider à opérer un adulte difficile; nous avons fini par réaliser le montage prévu avec beaucoup de difficultés. Dans l'avion de retour, j'ai dessiné le crochet décalé dans les deux directions qui m'était apparu indispensable pour répondre à cette situation. J'ai envoyé aussitôt le croquis « artistique » à Yves Cotrel, qui l'a fait dessiner industriellement, puis réaliser par ses ingénieurs.

Développement international, création du GICD (Groupe international Cotrel Dubousset)

Au cours des années 1984/1985, quelques visiteurs étrangers de grand renom, Ken Leatherman et John Hall entre autres, étaient venus à plusieurs reprises pour observer et comprendre la technique. Les relations étroites d'Yves Cotrel avec Ken Leatherman, auquel il avait déjà parlé de son projet dans les années précédentes, nous ont amenés à faire la première démonstration de la technique aux États-Unis à Louisville en 1985 puis à Boston avec John Hall sur un cas mémorable d'ancienne fusion lombaire avec Dwyer pour laquelle John Hall avait retiré le matériel, en faisant des ostéotomies antérieures. C'est sur cette patiente que nous avons pu démontrer clairement en Amérique, au *Children's Hospital* de Boston que la rotation de la tige convexe lombaire postérieure apportait une correction tout à fait évidente et convaincante de la cyphose en rétablissant la lordose.

Yves Cotrel, avec son grand sens de l'organisation, s'était fortement investi pour que nos réunions informelles à Saint-Vincent-de-Paul prennent un aspect plus structuré et international avec la création du GICD (Groupe international Cotrel Dubousset) qui, avec ses réunions annuelles, tantôt à Paris, tantôt à travers le monde, permettait des échanges fructueux et des progrès pour tous.

Les discussions de dossiers prenaient le pas sur les cours magistraux; le caractère interactif s'affirmait avec l'introduction des *Brain tests* où les schémas de la situation sélective des implants devaient être placés par les participants directement sur la radio ou sur les schémas correspondant à la radio, en fonction des différents cas choisis. C'est ce côté intellectuel de planification préopératoire, pour nous capital, qui permettait de définir la stratégie de réduction (analyse globale puis segmentaire, ordre et côté concave ou convexe des actions de réduction, etc.). Il est à remarquer que cette discussion de

dossiers de patients fait maintenant partie de presque tous les congrès orthopédiques. Là encore, le CD a été un précurseur. Avec la retraite des trois fondateurs du groupe, **le GICD est devenu IGASS (*International Group for Advancement in Spinal Science*)**, mais l'esprit que nous avons insufflé à ces réunions perdure grâce aux élèves et collègues qui ont pris la relève.

Le CD à la base des instrumentations rachidiennes modernes

Que ce soit pour le matériel, la technique, ou la stratégie, il n'est pas outrancier de dire que le CD est à la base de toutes les instrumentations rachidiennes modernes, courtes ou longues. En effet, de nombreuses « copies » sont apparues sur le marché, avec inévitablement des petites variations de formes, de dimensions, de métal ou autres, mais dans leur application les principes de base du CD persistent : raisonnement dans les trois dimensions, action sélective possible à un seul niveau ou à plusieurs niveaux, cintrage des tiges et rotation de celles-ci au cours de la chirurgie, stabilité du montage en cadre, etc.).

Mais il faut aussi se rappeler que le CD lui-même a évolué.

- C'est durant mon année sabbatique en 1987 à Dallas, au Laboratoire d'anatomie, que j'ai implanté des vis sur les corps vertébraux lombaires en avant et que j'y ai installé une tige cintrée recréant ainsi la lordose par sa rotation. Ceci a été à la base du CD antérieur (*CD Hopf*, du nom du collègue allemand qui a travaillé avec moi pour sa mise au point).
- Le matériel a évolué : au début de notre expérience, la manipulation des tiges qu'il fallait glisser dans les canaux des crochets fermés en va-et-vient pouvait être difficile, et le matériel original était finalement assez volumineux. Ceci nous a poussés à créer une version plus moderne baptisée « *CD Horizon* », puis « *Legacy* », où les tiges étaient lisses et de diamètre 5,5 mm, et les implants ouverts vers l'arrière et fermés par des bouchons vissés, ce qui facilitait beaucoup la manipulation des tiges. De même, les vis pédiculaires ont évolué avec leurs têtes, soit fixes, soit poly-axiales, facilitant beaucoup l'alignement des tiges.
- Conjointement, l'instrumentation ancillaire s'adaptait, avec mise au point des introducteurs, pénétrateurs de tiges, dérotateurs de plus en plus sécurisés et automatiques, des bouchons de fixation et leur serrage adéquat.
- L'évolution du matériel continue et continuera à progresser car elle devra obligatoirement s'adapter à l'évolution de la chirurgie (intervention par voie mini-invasive, par exemple).

Au fil des années, les publications françaises [2, 3] mais également anglo-saxonnes [4, 5] ont été nombreuses, présentant les résultats des séries et des modifications techniques.

Enfin une retombée scientifique importante de l'instrumentation CD a été la création de la Fondation Yves Cotrel,

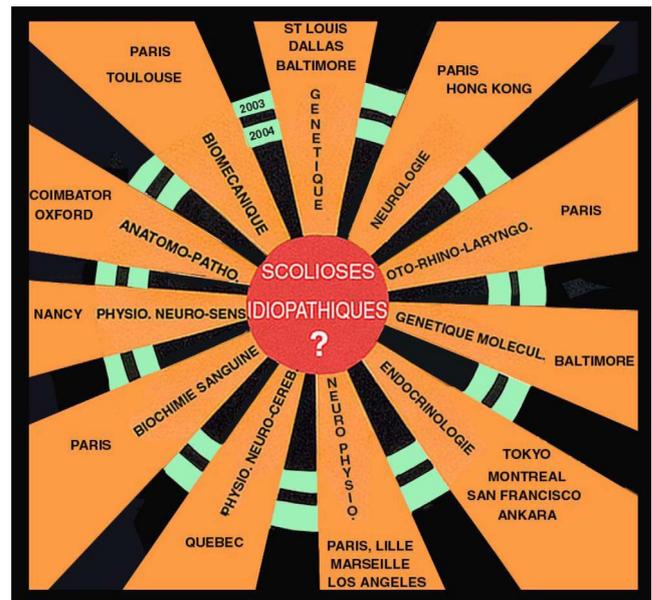


Figure 6. La Fondation Yves Cotrel de l'Institut de France et ses multiples chercheurs du monde entier.

à l'Institut de France, tournée vers la recherche de l'étiologie et la pathogénie de la scoliose idiopathique (fig. 6).

Conclusion

Il est vrai que cette rencontre avec Yves Cotrel en novembre 1982 a été fructueuse et exaltante pour un grand nombre d'entre nous. Elle a permis la mise au point d'une nouvelle instrumentation efficace et fiable, comme en témoigne le nombre important de malades opérés avec succès dans le monde entier; ceci est confirmé par le nombre croissant de copies du matériel, des principes et des stratégies de correction que l'on rencontre sur le plan international. Le mérite de notre travail est aussi d'avoir révélé à bon nombre de chirurgiens les principes de correction des déformations rachidiennes, qui doivent être appréhendées de façon « tridimensionnelle ». Finalement, et il ne faut jamais l'oublier, cette technique qui permettait d'éviter une immobilisation plâtrée postopératoire (comme l'avait déjà fait Eduardo Luque avec son instrumentation segmentaire) a été une avancée capitale pour les adolescents, mais plus encore après la fin de la croissance, car cette technique a permis d'opérer des malades adultes voire âgés, chez lesquels les indications étaient auparavant limitées par les contraintes insupportables et les sources de complications engendrées par les immobilisations plâtrées postopératoires du tronc.

Références

- [1] Cotrel Y., Dubousset J., Guillaumat M. Nouvelle technique d'instrumentation postérieure du rachis. *Rev Chir Ortho* 1984; 70: 489-94.

- [2] Cotrel Y., Dubousset J., Guillaumat M. New universal instrumentation in spine surgery. *Clin Orthop Rel Res* 1988; 227: 10-23.
- [3] Dubousset J. *CD Horizon a new Cotrel-Dubousset instrumentation in Spinal instrumentation*, 2nd ed., Howard S., Cotler JM eds, Lippincot, Williams & Wilkins, Philadelphia, 1999, 473-485.
- [4] Richards B.S. *et al.* Frontal plane and sagittal plane balance following Cotrel-Dubousset instrumentation for idiopathic scoliosis. *Spine*, 1989;14: 733-737.
- [5] Lenke L.G. *et al.* Preventing decompensation in King II curves treated with Cotrel-Dubousset instrumentation; Strict guidelines for selective thoracic fusion. *Spine* 1992,17 (8 Suppl): 5274-5281.