

# La prothèse totale d'épaule inversée médialisante de Grammont

## Historique d'une innovation française devenue universelle

Emmanuel Baulot<sup>1</sup>, Jean-François Kempf<sup>2</sup>, et Pierre Trouilloud<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dijon

<sup>2</sup> Strasbourg

**Résumé** – Cette véritable odyssée d'une invention d'un chirurgien universitaire dijonnais, Paul Grammont, démarre d'un constat unanime à la fin des années 1970 : l'impossibilité d'obtenir par arthroplastie prothétique d'épaule un bon résultat fonctionnel dans l'omarthrose associée à une rupture irréparable de la coiffe des rotateurs. Charles Neer lui-même parlait devant cette pathologie de « *limited goals surgery* ». C'est partant de l'*Anatomie Comparée* que Paul Grammont expliquait la faillite mécanique de l'épaule de l'Homme « actuel ». Il analysait : « l'acquisition de la position érigée chez l'homme libère son épaule qui développe de nouvelles compétences fonctionnelles mais celles-ci dépassent ses véritables possibilités organiques avec un changement majeur : une atrophie relative du sus-épineux aboutissant très souvent à un réel déséquilibre mécanique aux dépens de la coiffe avec pour conséquence la faillite mécanique du système ». C'est ensuite par une approche théorique purement mathématique que le concept mécanique original nécessaire au rééquilibrage intrinsèque du deltoïde moyen a été démontré et énoncé dans la thèse des élèves ingénieurs J. Bourgon et P. Pelzer qu'il dirigea (Thèse Université de Dijon, ECMA de Lyon, juin 1981).

Le concept mécanique original de médialisation d'un centre unique de rotation était né, définissant ainsi le cahier des charges d'une prothèse innovante avec inversion des formes. La rupture avec l'anatomie est totale, brutale, c'est une vraie « révolution ». Le premier prototype sera fabriqué en 1985 et baptisé « Trompette ». Très simple, il est constitué de deux éléments cimentés : une tige humérale en polyéthylène et une pièce glénoïdienne représentant les deux tiers d'une sphère de 44 mm de diamètre, son centre de rotation, médialisé, unique et fixe se projette sur le milieu du plan de la glène. Ce prototype sera testé et validé sur un modèle expérimental de type Strasser. La première implantation se fera début 1986. Par améliorations successives, arrivera en 1991 une première génération de prothèse modulaire, dite DELTA, constituée de cinq pièces : platine glénoïdienne fixée par deux vis polaires divergentes et deux vis équatoriales avec hémisphère glénoïdienne vissée type « sonnette », cupule polyéthylène, métaphyse et diaphyse pour le versant huméral. Cette prothèse est la « mère » de toutes les prothèses actuelles. Puis une seconde génération en 1995 avec une glénosphère à vissage « central ». L'accueil sera mitigé, mais devant la qualité des résultats fonctionnels obtenus sur la mobilité active en particulier en flexion antérieure, la diffusion devient française puis rapidement européenne. Enfin, après l'obtention de l'agrément « FDA » aux États-Unis en 2003, la diffusion devient planétaire. L'analyse des premières séries a mis en évidence l'apparition d'une complication spécifique et fréquente, l'encoche scapulaire pouvant compromettre la fixation glénoïdienne à terme. Différentes solutions sont actuellement proposées et évaluées pour en diminuer la fréquence et l'importance. Aujourd'hui, environ 60 % des prothèses d'épaules implantées sont de type inversé.

**Mots clés:** prothèse inversée, rupture de coiffe.

**Abstract** – This truly odyssey of Dijon academic surgeon's invention, Paul Grammont, started from unanimous recognition at the end of 1970 that it is impossible to obtain good functional results after shoulder arthroplasty for osteoarthritis with massive rotator cuff tear. Charles Neer, himself, described this pathology as « *limited goals surgery* ». Paul Grammont explained shoulder mechanical failure of modern man from the comparative anatomy. He analyzed the acquisition of human raised position which by releasing the shoulder develops new functional competencies. However, they exceed their real organic possibilities with a major change: relative atrophy of supraspinatus creating a real mechanical imbalance to the detriment of the rotator cuff with system's mechanical failure as consequence. Then, the original mechanical concept necessary for the intrinsic balance of middle deltoid was demonstrated with pure mathematical theoretical approach. This work directed by P. Grammont was published in J. Bourgon and P. Pelzer engineers final studies report (Dijon University, ECMA of Lyon, June 1981). The innovative mechanical concept of medialization was born, defining the specifications of a new prosthesis with reverse forms. The break with anatomy is total, sudden; this is definitively a “revolution”. The first prototype has been manufactured in 1985 and called Trompette. Consisted of polyethylene humeral part and glenoid component representing two-third of 44 mm diameter sphere, its fixed and unique medialized rotation centre is projected on glenoid plan. This prototype was tested and approved on Strasser-type experimental model. By subsequent improvements came in 1991, a first generation of modular prosthesis so-called DELTA III made of 5 parts: glenoid baseplate fixed by 2 polar divergent screws and 2 equatorial screws, screwed hemi-spheric glenoidal component, polyethylene cup, metaphysis and shaft of the humerus. This prosthesis is the “mother” of all current

prothèses. A second generation appeared in 1995. The response will be lukewarm; however regarding the quality of the functional results obtained on active mobility in particular on anterior flexion, the diffusion becomes French then quickly European. Finally, FDA approval in United States in 2003 leads to worldwide diffusion. The analysis of first series showed the emergence of a frequent and specific complication, scapular notching that might compromise glenoid fixation at mid-term. Solutions will be quickly proposed to decrease the occurrence and significance. Currently, about 60 % of implanted shoulder prostheses are reverse.

**Keywords:** reverse prosthesis, massive cuff tear.

## L'esprit et le concept de chirurgie fonctionnelle de l'épaule selon Paul Grammont

Il est indispensable pour débiter de dire que, lorsque l'on se remémore une situation, voire une période passée, même vécue de l'intérieur comme ici, la difficulté d'en faire une « photographie mentale » à l'identique est difficile car nous n'y avons accès que par le souvenir.

Il est essentiel de bien se garder de tout commentaire ayant trait au sujet hors des étapes de son strict développement pour éviter tout biais dû à l'expérience de son utilisation à partir de sa diffusion. Ainsi on est en droit d'écrire que ce fut une véritable odyssee, terme qui n'a rien de pompeux ni de solennel au regard d'un développement, d'un cheminement long et difficile, Paul Grammont un peu seul contre tous... Si, dans un historique, les dates clés sont souvent au premier plan, dans le cas de la prothèse de Grammont, pour rester fidèle à l'esprit original de son inventeur, il est primordial de connaître réflexions et progression sur une dizaine d'années, qui lui permettront de définir son concept original de chirurgie fonctionnelle appliquée à l'épaule.

Ce qu'entendait Paul Grammont par chirurgie fonctionnelle, au-delà de la récupération de la fonction que réclame un individu dans son milieu, c'était la capacité par un système mécanique original de restaurer une fonction identique à la fonction perdue en tournant définitivement le dos à toute réparation lésionnelle ou reproduction de forme anatomique. Le départ a été la définition du cahier des charges mécanique à l'origine de la création du dessin original de sa prothèse, rappelant (en citant son maître Albert Trillat dans le livre des Journées bourguignonnes de 1995) que « *les échecs sont source de réflexion et de progrès* » devant le constat d'échec des prothèses anatomiques ou inversées utilisées jusque-là. Cet aboutissement sera une combinaison d'intuition, d'observation de morphologie évolutive, d'encadrement de travaux d'ingénieurs et d'expérimentation rigoureuse, tout cela au prix d'un travail acharné.

### Quelles sont ces réflexions ?

C'est par la combinaison de données biomécaniques et de morphologie évolutive puisées dans l'*Anatomie comparée* que Grammont a proposé son explication de la faillite de l'épaule de l'homme actuel. Lors de l'évolution, l'acquisition de la position érigée, de la bipédie permanente chez l'homme allait libérer l'épaule humaine de la quadrupédie et le membre antérieur, devenu membre supérieur, développerait trop rapidement de nouvelles compétences fonctionnelles dépassant ses véritables possibilités anatomo-mécaniques (fig. 1).



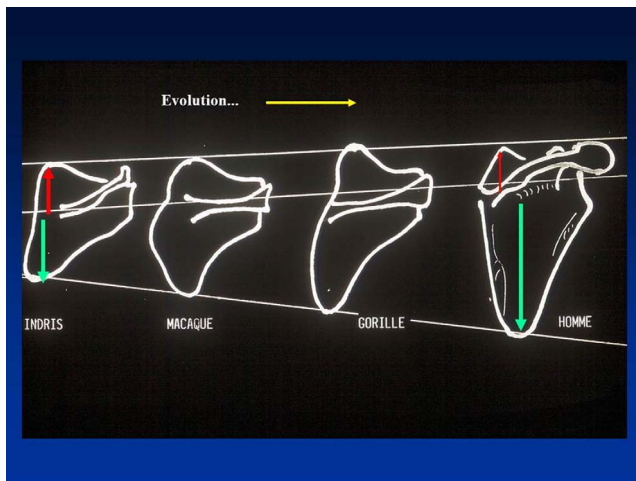
**Figure 1.** Modifications fonctionnelles et anatomiques observées lors de l'évolution avec le passage de la quadrupédie à la bipédie : en quadrupédie, fémur et humérus ont la même fonction porteuse. En bipédie, avec la libération du membre supérieur, l'humérus devient porté par la glène. Noter la prééminence du membre antérieur en quadrupédie avec sa fonction locomotrice définissant un brachiator (gorille) et celle du membre inférieur en bipédie (Homme).

Lors de l'acquisition de ces nouvelles compétences, les principaux changements anatomiques à mettre en exergue sont de deux ordres.

En premier lieu, au niveau du couple musculaire sus-épineux – deltoïde, Grammont parlait de l'apparition d'une « atrophie évolutive » relative du sus-épineux matérialisée par le calcul de l'index scapulaire de Pearl et Schultz [2] (rapport entre la hauteur de la fosse sus-épineuse divisée par la hauteur de la fosse sous-épineuse – qui diminue) (fig. 2).

Simultanément, la latéralisation de l'acromion par translation externe et donc du secteur abducteur du deltoïde moyen, tel que défini par Fick [3] renforçait la composante abductrice de ce muscle et aurait théoriquement dû compenser la diminution de performance du sus-épineux; mais cette translation restait pour Grammont insuffisante; il allait donc proposer une solution pour l'augmenter.

De cette première analyse, Paul Grammont allait proposer, en 1975, sa technique originale d'ostéotomie de translation rotation élévation (TRE) de l'épine de l'omoplate [4]. La latéralisation de l'acromion a pour effet d'augmenter la composante abductrice du deltoïde en diminuant sa composante de contrainte élévatrice en cisaillement, soulageant par conséquent le travail de centrage demandé à la coiffe, effet confirmé



**Figure 2.** Noter de gauche à droite l'« involution évolutive » de la hauteur de la fosse sus-épineuse (rouge) par rapport à celle de la fosse sous-épineuse (vert).

ultérieurement et expérimentalement par Paul Blaimont [5]. Ainsi, en 1975 et sans le savoir alors, c'est exactement ce principe de diminution de la contrainte de cisaillement qu'il appliquera à sa prothèse, non pas en latéralisant l'acromion, mais, en « miroir », en médialisant le centre de rotation de l'articulation. L'effet positif est identique : l'augmentation du bras de levier abducteur deltoïdien. En second lieu, l'humérus, porteur de la glène en quadrupédie, devient porté par la glène en bipédie. Ainsi la libération du membre supérieur chez l'homme s'accompagne d'une inversion de fonction entre humérus et glène mais sans changement de forme, d'où l'idée d'accompagner cette inversion de fonction par l'inversion des structures anatomiques en transférant la sphère de l'humérus sur la glène : l'humérus « quadrupédique porteur » devient « bipédique porté », alors que la glène « portée » devient « porteuse ».

## Chronologie et développement

Si l'on admet le constat unanime du début des années 1980, on constate l'extrême difficulté, voire l'impossibilité, d'obtenir par arthroplastie prothétique un bon résultat fonctionnel dans l'omarthrose associée à une rupture irréparable de la coiffe des rotateurs. C.S Neer lui-même parlait de « *limited goals surgery* » [6]. Il est nécessaire également de rappeler les premières prothèses inversées qui avaient eu le mérite d'être proposées, mais aux résultats rapidement très décevants car toutes très latéralisantes, aux faibles performances en termes de mobilité associées à une faillite précoce de la fixation glénoïdienne [exemple de Gérard et Lannelongue en France (fig. 3), et Kölbel en Allemagne].

Dans ce contexte, la première solution prothétique imaginée par Paul Grammont, développée entre 1977 et 1979, a été la prothèse « Acropole » [7] (fig. 4), créant une véritable articulation trochitéro-acromiale avec pour objectif de resurfacier et d'utiliser l'espace sous-acromial libéré par la rupture de coiffe, pour lutter contre la migration supérieure de la tête et la recentrer devant la glène. L'effet resurfaçage supprimait



**Figure 3.** Prothèse inversée de Gérard et Lannelongue. Le centre de rotation très latéralisé se projette dans l'axe de l'humérus.

les douleurs, mais les performances fonctionnelles n'étaient que peu ou pas améliorées, Grammont considérant au final qu'elle se comportait comme une arthrodèse. Les descellements précoces de la pièce glénoïdienne (50 % des cas) malgré son appui complémentaire acromio-coracoïdien ont entraîné son abandon dès 1981. Le problème restait toujours sans solution !

Force était donc de conclure que la faillite ne résidait non pas tant dans le dessin des prothèses utilisées mais dans la mécanique commune à celles-ci, insuffisante car incapable de s'opposer à la force subluxante ascendante du deltoïde générant en absence de centrage par défaut de coiffe des forces de cisaillement incontrôlées sur la glène.

L'équation posée pour procurer mobilité, stabilité, efficacité mécanique et résistance au descellement était donc considérée comme insoluble ! Dès lors, reprenant ses arguments d'anatomie comparée, les résultats de son ostéotomie TRE (Translation, Rotation, Élévation), [4] et à la suite des travaux de Dimnet, Gonon, Carret et Fischer [8] sur le centre de rotation de l'épaule physiologique, Grammont pointait alors l'importance cruciale de la relation entre l'équilibre du couple sus-épineux - deltoïde et la localisation du centre de rotation dans les prothèses d'épaule. L'hypothèse alors édictée pour restaurer cette fonction déficiente et qui allait devenir son « fil conducteur » a été de définir une relation originale, et un principe mécanique innovant reposant en l'absence de coiffe des rotateurs, sur l'utilisation optimale du seul muscle deltoïde. Ainsi, si l'on applique le simple théorème des moments, on comprend à l'analyse de toutes les prothèses existantes leur insuffisance mécanique commune, à savoir le faible bras de levier du deltoïde moyen abducteur (secteur III défini par Fick [3]).

## L'énoncé du concept mécanique

C'est alors par une approche théorique purement mathématique que le concept mécanique original sera démontré dans le travail dirigé par Paul Grammont en 1981, dans le rapport de fin d'études des élèves ingénieurs J. Bourgon et P. Pelzer :



**Figure 4.** Prothèse Acropole avec sa pièce glénoïdienne à appui sous-acromial et le resurfaçage du trochiter. Suivi à cinq ans.

« Étude d'un modèle mécanique de prothèse totale d'épaule. Réalisation d'un prototype » (Thèse, université de Dijon, ECMA de Lyon, 1981).

Paul Grammont allait conclure qu'en absence de coiffe des rotateurs, la solution était un rééquilibrage intrinsèque du deltoïde moyen pour renforcer sa composante abductrice et diminuer sa composante élévatrice source de contraintes de cisaillement sur la glène et le risque de descellement d'implant glénoïdien.

Il écrit : « ... il en résulte le principe suivant : médialiser le centre de rotation de l'articulation scapulo-humérale, donc augmenter le bras de levier du deltoïde pallie la suppression d'activité du muscle sus-épineux. Ainsi, nous allons chercher à déplacer l'articulation mobile vers l'omoplate, mais sans déplacer la position de l'humérus par rapport à l'omoplate. En effet, si dans le même temps on intériorisait l'humérus, le bras de levier deltoïdien serait conservé et non pas augmenté. ... retenant l'idée d'un centre de rotation interne, le passage de l'humérus sous la voûte acromiale sera plus difficile encore. Nous serons amenés dans un premier temps à abaisser le centre de rotation. »

Le concept mécanique original de médialisation du centre de rotation était né, définissant ainsi le cahier des charges d'une véritable « prothèse de coiffe » mais qui restait à inventer !

On peut donc agir pour valoriser le deltoïde de la même façon avec deux principes différents : latéraliser l'acromion (ostéotomie TRE, [4]) sans modifier le centre de rotation, ou médialiser le centre de rotation sans modifier la position de l'acromion (ce qui deviendra l'inversion prothétique actuelle) !

Avec le premier prototype, la rupture avec le dessin anatomique n'était pas totale car il allait ressembler à une prothèse totale de hanche avec deux pièces : une composante méta-

physo-épiphysaire avec une très petite tête associée à un véritable col pour à la fois médialiser le centre de rotation et maintenir latéralisé l'humérus, cette pièce « mâle » étant introduite dans une tige diaphysaire « femelle », un axe autorisant la rotation dans la prothèse. Ce premier prototype dessiné ne sera jamais implanté.

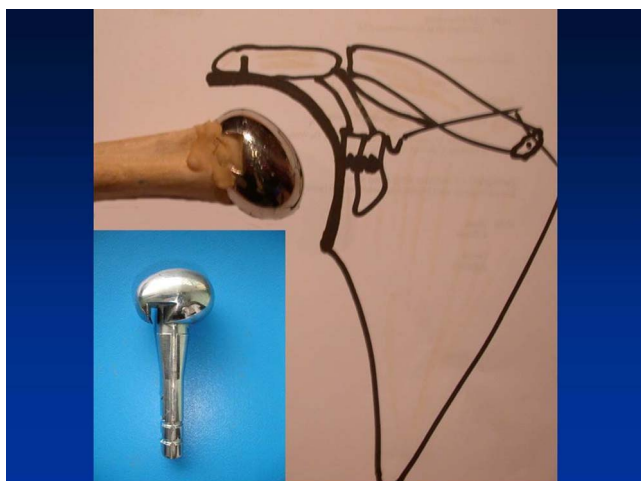
C'est alors que se produit un tournant majeur. Après calcul des centres instantanés qui devaient être très médians en début d'élévation, une première version de prothèse médialisante non inversée dite « ovoïde » est brevetée le 2 mars 1983.

Implantée à cinq reprises, la prothèse ovoïde (fig. 5) sera la première signant la rupture avec l'anatomie et elle allait montrer son efficacité en termes de renforcement du deltoïde moyen, mais son instabilité était constante.

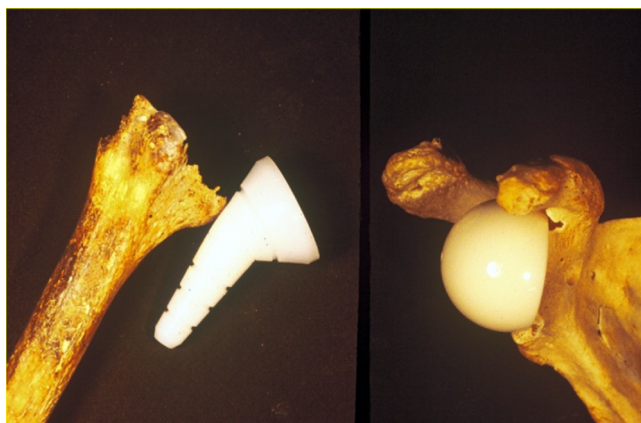
### L'inversion moderne. Simulation expérimentale du système

Selon Grammont, « bien des auteurs ont pensé appliquer à l'épaule les 'recettes' de la prothèse totale de hanche et jusqu'à le principe des prothèses totales était quasi exclusivement de copier l'anatomie. Or si on peut copier et reproduire des surfaces articulaires (hanche) il n'existe aucune prothèse musculaire pour remplacer la coiffe ».

En réalité, la similitude fonctionnelle n'existe que chez les quadrupèdes : chez eux en effet, l'élément antérieur porteur est l'humérus et l'élément porté est la partie antérieure du corps matérialisée par la glène de l'omoplate, à l'instar du membre postérieur où le fémur porte le cotyle. Chez l'homme, c'est au contraire le tronc qui porte le bras, lui-même chargé dans l'effort de soulèvement. Il était donc « logique » pour Grammont de rechercher une articulation inverse de l'anatomie



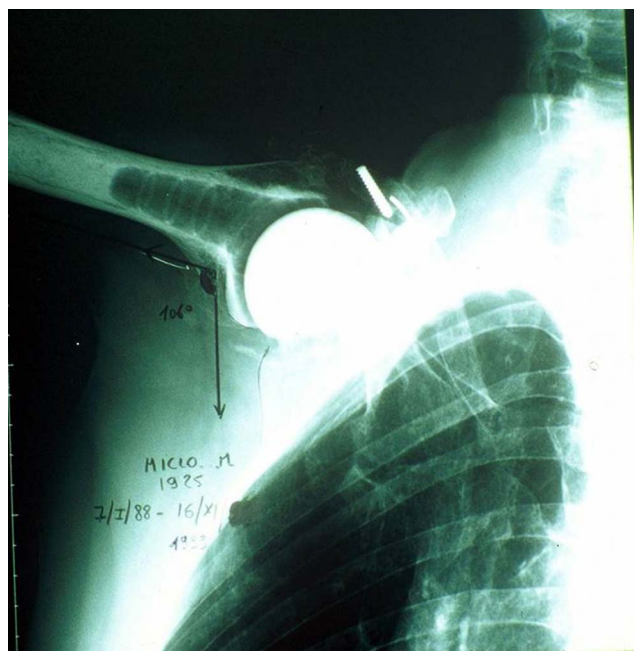
**Figure 5.** Prothèse « ovoïde », la première à la fois médialisante et marquant la rupture avec la forme anatomique, avec sur le schéma la pièce glénoïdienne à fixation sous-acromiale complémentaire.



**Figure 6.** La prothèse « Trompette » : avec une tige humérale polyéthylène à cimenter et une « ½ sphère » céramique cimentée. Noter la « couverture » du pourtour de la glène et de ce qui deviendra la zone de conflit avec encoche.

normale, c'est-à-dire où la sphère porteuse serait sur l'omoplate et la cupule concave portée sur l'humérus.

D'où la proposition d'accompagner cette acquisition fonctionnelle par une inversion de forme du complexe humérus-glène. Dès lors la rupture avec l'anatomie entamée avec la prothèse « ovoïde » est confirmée, totale et irréversible : c'est une vraie « révolution ». Ce prototype sera baptisé Trompette [1] (l'implant, [fig. 6](#), la radiographie, [fig. 7](#)). Très simple, elle est composée de deux éléments avec une pièce glénoïdienne représentant les deux tiers d'une sphère de 44 mm de diamètre, son centre de rotation, médialisé, unique et fixe se projette sur le centre du plan de la glène. L'implant glénoïdien céramique est encastré et scellé sur la glène et son pourtour. La pièce humérale est une embase monobloc concave en polyéthylène également cimentée. Ce prototype sera testé et validé sur un modèle expérimental de type Strasser [9]. Par ailleurs, il sera noté un effet additionnel positif de l'abaissement du centre de rotation associé à sa médialisation.



**Figure 7.** Contrôle d'une prothèse « Trompette » à 11 ans et 10 mois. Très bon résultat sur la mobilité active. Noter le matériel résiduel de fixation de l'acromion sans effet péjoratif dans ce cas.

Cet effet favorise, par remise en tension du deltoïde moyen, sa précontrainte bénéfique pour son efficacité. La première implantation se fera le 22 mars 1986. Un brevet européen sera déposé le 15 juillet 1987.

Les premiers résultats observés en clinique sur la fonction, en particulier en élévation antérieure, sont immédiatement positifs, facilités par une rééducation bien codifiée [10]. Par contre, la fixation glénoïdienne par simple scellement allait se révéler faillible du fait du dessin contraint de cette prothèse innovante.

L'histoire de la prothèse inversée c'est également de façon indissociable et simultanée la recherche de la voie d'abord la mieux adaptée. Paul Grammont a débuté avec la voie delto-pectorale, mais devant un taux d'instabilité important imputé à l'incision du sous-scapulaire, il décide de préserver la sangle antérieure utilisant la voie supérieure de type « *Saber-cut* » de Codman [11] qui offrait un excellent jour sur la glène. Il est indispensable de rappeler que certains échecs initiaux ont été attribués à tort à cette première prothèse alors qu'en vérité le problème trouvait sa cause dans les difficultés de re-fixation et/ou de consolidation de la baguette acromiale malgré une petite plaque spécifiquement dessinée. Fort de ces expériences, il choisira en définitive la voie supéro-externe.

Par améliorations successives, l'année 1988 voyait une première génération de prothèse modulaire proposée [12, 13], baptisée DELTA® (pour Deltoïde) et constituée de cinq pièces : une platine glénoïdienne fixée par deux vis polaires divergentes et deux vis équatoriales avec une hémisphère glénoïdienne vissée de type « sonnette de vélo » (en deux diamètres de 36 et 42 mm), une cupule en polyéthylène, une métaphyse et une diaphyse pour le versant huméral. La survie de dévissage de la glénosphère « sonnette » entraînera



**Figure 8.** En haut, première version : glénosphère vissée de type « sonnette » (1988), puis ses modifications avec vissage dans le plot central sur cône morse périphérique (2<sup>e</sup> version, 1991).

une modification avec cette fois une glénosphère à vissage central sur cône morse périphérique (fig. 8), aboutissant à la deuxième génération modulaire Delta<sup>®</sup> en 1991 (fig. 9).

La dernière grande étape sera « réglementaire » avec l'obtention de l'agrément « FDA » aux États-Unis en novembre 2003 pour une première implantation en mars 2004 [14], soit 18 ans après l'implantation de la première Trompette à Dijon. La diffusion du principe devient universelle.

Si en chirurgie de première intention le taux global de complications est d'environ 12 % [15], l'analyse des premières séries a montré l'apparition d'une anomalie radiographique spécifique et fréquente, souvent précocement : l'encoche scapulaire dont le taux varie de 49 % à 96 % selon les séries [16, 17]. Elle résulte d'un conflit en adduction entre la pièce humérale et le pilier de l'omoplate [18]. Certaines variations anatomiques [19], comme un morphotype d'omoplates à col court en favoriseraient la survenue [20], entraînant une augmentation de l'angle « cervico-scapulaire » décrit par Simowitch [21]. L'encoche semble plus fréquemment associée à une voie d'abord supéro-externe [22]. Sa recherche impose un examen radiographique précis [23]. Classée en quatre stades de gravité croissante [24], sa prévention est recommandée [25] car si sa responsabilité n'est pas encore clairement établie pour certains, elle expose pour d'autres à la dégradation des résultats cliniques et au risque de survenue de descellements glénoïdiens et d'altération du polyéthylène. Diverses solutions sont proposées : inclinaison [21] ou abaissement [18] de la platine glénoïdienne (distance optimale du plot central au bord inférieur de la glène à définir afin de prévenir trop de tension sur les fibres du deltoïde), greffe glénoïdienne recréant un col [26], nouveaux dessins excentriques [27, 28] ou moins médialisants [29], resurfaçage du pôle inférieur de la glène protégeant la zone critique du col exposée au conflit [31].

Il est intéressant à ce stade de « remonter le temps » et de noter qu'avec la prothèse Trompette, le versant glénoïdien n'a présenté qu'exceptionnellement de très petites encoches non



**Figure 9.** La prothèse « Delta » et ses cinq éléments : tige et métaphyse humérale, polyéthylène épiphysaire, glénosphère et métaglène.

évolutives au niveau du pilier de l'omoplate. L'explication est sans doute la suivante : la glénosphère de la Trompette représentait 2/3 soit les 4/6 d'une sphère de 44 mm de diamètre alors celle que la Delta<sup>®</sup> ne représentait que la moitié soit les 3/6 de sphère d'un diamètre maximum de 42 mm; ainsi le 1/6 supplémentaire d'arc de cercle de la glénosphère initiale (Trompette) resurfaçait-il cette véritable « zone inférieure critique », site du conflit en adduction au niveau du pilier prévenant pratiquement automatiquement le conflit (fig. 7) ! L'amélioration de la précision de pose par utilisation de la navigation et de guides personnalisés sur mesure représente une voie d'avenir [31]. Une spécification est importante avant toute implantation. En cas de doute sur sa capacité fonctionnelle, un électromyogramme du muscle deltoïde est un préalable indispensable.

La fin des années 1990 voyait l'indication de ce type d'implants proposée dans le traitement des fractures complexes de l'extrémité supérieure de l'humérus chez les patients âgés [32], posant en particulier les questions du réglage de sa hauteur et de l'attitude vis-à-vis des tubérosités.

Actuellement environ 60 % des prothèses d'épaules implantées sont de type inversé. Malgré l'engouement pour les diverses prothèses inversées actuelles, il n'en reste pas moins un certain nombre de problèmes à améliorer, au premier rang desquels figurent l'encoche au niveau de la partie supéro-externe du pilier de l'omoplate, la préservation du capital osseux huméral métaphysaire, et, au plan fonctionnel, la difficulté persistante à récupérer les rotations.

Enfin, cette innovation originale et majeure d'un chirurgien français n'aurait pu voir le jour sans un partenariat avec une entreprise française, la société Medinov, mettant à disposition des chirurgiens une solution efficace pour traiter un problème resté jusque-là sans réponse.

## Conclusion

Ce concept mécanique original de médialisation d'un centre de rotation unique et fixe décliné sous forme de prothèse

inversée suscita au départ des doutes et des incertitudes. Ainsi dans son livre sur la chirurgie fonctionnelle de l'épaule, Paul Grammont écrivait en 1995 : « *on nous a reproché d'avoir traité quelques-uns de nos cas d'omarthrose décentrée avec rupture irréparable par une prothèse inversée, mais il y a quelques années que faire d'autre ?* » Cette idée très originale, s'inscrivant en rupture complète avec ce qui avait été proposé précédemment, s'est imposée pour devenir un principe biomécanique de référence, preuve reconnue de son efficacité. Sa genèse a montré d'une façon générale la grande difficulté qu'ont les idées nouvelles à faire leur chemin et la ténacité que doivent développer leurs inventeurs que l'on pourrait qualifier « d'évolutionnistes », pour résister aux assauts des « fixistes », et pour défendre leurs idées innovantes. La reconnaissance française académique viendra officiellement avec le premier Symposium SOFCOT consacré à « l'inversée » en 2006.

Considérant toutes les étapes du travail colossal réalisé dans la durée par Paul Grammont, on peut citer Georges Clémenceau : « *Il faut savoir ce que l'on veut, avoir le courage de le dire et ensuite l'énergie de le faire. Ne réussissent que ceux qui ont osé* » !

## Références

- [1] Grammont P., Trouilloud P., Laffay J.P., Deries X. Étude et réalisation d'une nouvelle prothèse d'épaule. *Rhumatologie*, 1987; 39: 407-418.
- [2] Pearl R., Schultz P. *Human biology: a record of research*. Warwick and York Inc. Publishers, Baltimore, 1930.
- [3] Fick R. *Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke*. Iena; S. Fischer. Verlag, 1904-1911.
- [4] Baulot E., Cavaillé A., Grammont P. Ostéotomie de translation élévation de l'épine de l'omoplate dans les conflits antérieurs et les lésions fonctionnellement incomplètes de la coiffe des rotateurs. *Orthop Traumatol*. 1993; 3: 221-226.
- [5] Blaimont P., Tahéri A. Contribution à la biomécanique de l'articulation gléno-humérale. *Rev Chir Orthop*, 1992; 78 (suppl. 1): 174-175.
- [6] Neer C.S., Watson K.C., Stanton F.J. Recent experience in total shoulder replacement. *J Bone Joint Surg A*, 1982; 64: 319-337.
- [7] Grammont P.M., Lelaurin G. Die scapula osteotomy und Acropole Prosthese. *Orthopäde*, 1981; 10: 219-229.
- [8] Fischer L.P., Carret J.P., Gonon G.P., Dimnet J. Étude cinématique des mouvements de l'articulation scapulo-humérale. *Cahiers d'Enseignement de la Sofcot*, 1985; 22: 37-53.
- [9] Strasser H. *Lehrbuch des muskel und gelenkmechanik*. Springer, Berlin. 1917.
- [10] Cordesse G. Mise en place d'une prothèse inverse d'épaule dite Grammont, chez une patiente de 78 ans. *Kinésithérapie*, 2002; 53-54.
- [11] Codman E.A., Depalma A.F. *The Shoulder. Rupture of the supraspinatus tendon and others lesions in or about the subacromial bursa*. RE Kreiger Publishing Company. Malabar, Florida; Reprint of Supplemented Edition: 1984.
- [12] Grammont P.-M. Baulot E. Delta Shoulder prosthesis for rotator cuff rupture. *Orthopedics*, 1993; 16: 65-68.
- [13] Baulot E. Chabernaude D. Grammont P.-M. Résultats de la prothèse inversée de Grammont pour les omarthroses associées à de grandes ruptures de la coiffe : à propos de 16 cas. *Acta Orthop Bel*, 1995; 61 (suppl 1): 112-119.
- [14] Rockwood C.A. The Reverse Total Shoulder Prosthesis. *J Bone Joint Surg A*, 2007; 89: 233-235.
- [15] Walch G., Wall B., Mottier F. Complications and revision of the reverse prosthesis: a multicenter study of 457 cases. In: Boileau P. (ed.), *Reverse shoulder arthroplasty*. Nice, Saunamps Med., 2006; 335-352.
- [16] Smith D., Guyer T., Bunker T.D. Indications for reverse shoulder replacement. *J Bone Joint Surg B*, 2012; 5: 577-583.
- [17] Zumstein A., Pinedo M., Old J., Boileau P. Problems, complications, reoperations, and revision in reverse total shoulder arthroplasty. A systematic review. *J Shoulder Elbow Surg*, 2011; 1: 146-157.
- [18] Nyfeller R.W., Werner C.M., Gerber C. Biomechanical relevance of glenoid component positioning in the reverse Delta III total shoulder prosthesis. *J Shoulder Elbow Surg*, 2005; 14: 524-528.
- [19] Frankle M.A., Teramoto A., Luo Z.P., Levy J.C. Glenoid morphology in reverse shoulder arthroplasty; classification and surgical implication. *J Shoulder and Elbow Surg*, 2009; 18: 874-885.
- [20] Baulot E., Trost O., Demangel A., Trouilloud P. Scapular neck: myth or reality? Application to glenoid cavity surgery. *Morphologie*, 2006; 90: 289.
- [21] Simowitch R.W., Zumstein M.A., Lohri E., Helmy N., Gerber C. Predictors of scapular notching in patients with the Delta III reverse total shoulder replacement. *J Bone Joint Surg Am*, 2007; 89: 588-600.
- [22] Mole D., Favard L. Symposium SOFCOT: Omarthrose excentrée. *Rev Chir Orthop*. 2007; (Suppl 6): 3S37- 3S94.
- [23] Roberts C.C., Ekelund A.L., Renfree K.J., Liu P.T., Chew F.S. Radiologic Assessment of Reverse Shoulder Arthroplasty. *Radiographics*, 2007; 27: 223-235.
- [24] Sirveaux F., Favard L., Oudet D., Huguet D., Walch G., Molé D. Grammont inverted total shoulder arthroplasty in the treatment of glenohumeral osteoarthritis with massive rupture of the cuff. Results of a multicenter study of 80 shoulders. *J Bone Surg Br*, 2004; 86: 388-95.
- [25] Vanhove B., Beugnies A. Grammont's reverse shoulder prosthesis for rotator cuff arthropathy. A retrospective study of 32 cases. *Acta Orthop Belg*, 2004; 70: 219-225.
- [26] Boileau P., Moineau G., Roussanne Y., O'Shea K. Bony Increased-offset Reverse Shoulder arthroplasty: minimizing scapular impingement while maximizing glenoid fixation. *Clin Orthop Relat Res*, 2011; 469: 2558-2567.
- [27] Poon P.C., Chou J., Young S.W., Astley T. Comparison of Concentric and Eccentric Glenspheres in Reverse Shoulder Arthroplasty. *J Bone Joint Surg*, 2014; 96: 1119-1125.
- [28] Chou J., Malak S.F., Anderson I.A., Astley T., Poon P.C. Biomechanical evaluation of different designs of glenspheres in the SMR reverse total shoulder prosthesis: Range of motion and risk of scapular notching. *J Shoulder Elbow Surg*, 2009; 18: 354-359.
- [29] Frankle M., Siegal S., Pupello D., Saleem A., Mighell M., Vasey M. The Reverse Shoulder Prosthesis for glenohumeral arthritis associated with severe rotator cuff deficiency. A minimum two-year follow-up study of sixty patients *J Bone Joint Surg Am*, 2005; 87: 1697-705.

- [30] Baulot E., Gonzalves M., Trouilloud P. Proposition of a new glenoid design to prevent scapular neck notching. In: Frankle M., Marberry S., Pupello D. (Ed.). Springer, 2016: 321-25.
- [31] Trouilloud P., Gonzalves M., Baulot E., Charles H., Handberg F., Nyfeller R. La prothèse inverse d'épaule Duocentric et ses gabarits de pose Personal fit. *Maîtrise Orthopédique*, 2012; 218: 8-13.
- [32] Cazeneuve J.F., Cristofari D.J. Arthroplastie inverse de Grammont pour fracture récente de l'humérus proximal chez la personne âgée avec un recul de 5 à 12 ans. *Rev Chir Orthop*, 2006; 92: 543-48.