

## Dossier technique - les trains avant non conventionnels



La Bimota Tesi 3D est l'exemple parfait de train avant non conventionnel. © Archives MR

Menée par les généraux JBB (voir essai de la Metiss [ici](#)), Offenstadt, Fior, de Cortanze (etc.), l'offensive des trains avant non conventionnels se heurte à des troupes restées fidèles au dogme de la fourche télescopique. Un comble lorsque l'étude des liaisons au sol donne raison aux premiers qui, malheureusement, manquent de moyens pour mettre fin à un siècle d'expérience dans le domaine de la télescopique.

Depuis les années 20, l'architecture avec **fourche télescopique classique** et **bras oscillant** derrière le pignon de sortie de boîte règne sans partage (ou presque) sur le monde de la moto. Et pourtant, il est des solutions techniques pleines de bon sens et capables de bonifier le comportement d'une moto sur plusieurs points cruciaux, quand la télescopique fait face aux cornéliens compromis auxquels elle (s')est soumise. Encore et toujours développée de manière empirique (pour reprendre un terme cher à Éric Offenstadt dit « Pépé », ex-pilote de Grand Prix et concepteur de l'impossible dans le civil), la télescopique a certes à ce jour atteint **un niveau de fonctionnement exceptionnel** mais cela est surtout vrai et vérifiable dans son environnement, celui-là même qu'elle a dicté pour s'exprimer convenablement. En effet, de par sa conception, elle impose une architecture type de laquelle les ingénieurs ne peuvent sortir. Longue et quasi verticale, elle engendre énormément de porte-à-faux (surtout qu'elle n'affiche pas un poids plume auquel il convient d'ajouter celui de la roue complète et de son freinage) et est bombardée de contraintes (torsion au freinage, variation de longueur lors de chaque transfert de masse, etc.). Ah, et puis elle est chargée d'exécuter deux postes de travaux colossaux : **amortir et diriger**. Associée à d'autres avancées technologiques ayant permis d'accroître les performances des motos (gros pneus pleins de grip, freins ultra-puissants, moteurs débordant de watts), la partie supérieure du cadre chargée de la recevoir (la colonne de direction) doit être maousse (et donc lourde) et reliée à l'arrière (axe de bras oscillant) par des éléments du même qualificatif, sans quoi la torsion transforme

tout ce beau monde en vulgaire Carambar ramollo jusqu'à envoyer le pilote dans le mur... Autrement dit, qui dit architecture figée dit choix de géométries n'offrant que très peu de latitude...

D'ailleurs, question géométrie, une moto est un véritable yoyo, qui passe d'un extrême à l'autre au fil des **transferts de masse** qui exploitent les débattements de ses suspensions. Sans entrer dans une étude profonde qui nécessiterait l'intervention d'experts en la matière (beaucoup risqueraient alors de souffrir d'un sacré mal de mer tant le sujet est complexe), nous vous proposons un dossier descriptif de ces fameux trains avant non conventionnels ainsi qu'un lexique et un descriptif propres à la géométrie d'une moto.

### **Les trains avant non conventionnels**

Nous vous proposons de découvrir (ou redécouvrir) différentes études menées dans le but d'éradiquer les défauts de la fourche télescopique. Si certaines ont fait apparaître de nouveaux défauts (surpoids, géométrie non convaincante, accessibilité de la roue avant difficile) et/ou découlent sur des constructions compliquées et coûteuses, d'autres approchent un certain idéal auquel ne manque qu'un élément majeur pour s'imposer : le fric ! En effet, ces études que l'on peut qualifier de positives en matière de **recherche d'optimisation**, si elles soulignent le mérite de leurs concepteurs, manquent purement et simplement de développement digne de ce nom. Donnez du temps, des moyens et un « vrai » pilote de développement et soyez assuré que la fourche télescopique cèdera son leadership. Jean-Bertrand Bruneau le dit si bien à propos de son étude appliquée à la Metiss (voir p. 84) construite sur base d'une Suzuki GSX-R 1000 : « *Si mon système n'était pas valable, il ne devrait pas pouvoir suivre une moto classique. Or, on a une Suzuki standard, un moteur standard, un châssis standard, etc.* » La véracité de ses propos est d'autant plus à souligner lorsque l'on connaît les faibles moyens mis en oeuvre par cette humble équipe sans pilote de pointe et qui, au final, parvient à signer de réels exploits.

## Études Fior

**Fior 500 88** : L'étude d'un demi-train automobile a donné des idées au génial et regretté Claude Fior. Deux triangles superposés au-dessus de la roue, soit peu d'effet antiplongée et un maximum de possibilités de géométrie. De quoi tester un nombre de cinématiques incroyables (ici sur sa Fior 500 de GP datant de 1988).



La Fior 500 de 1990 © Archives MR

**Fior 500 90** : Pour 1990 et pour dégager un maximum de place aux carburateurs et gagner des chevaux sur le moteur JPX, « Pif » a dû revoir l'implantation et le dessin de son bras inférieur. Les radiateurs ont eux aussi migré pour permettre au 4-cylindre français de mieux respirer.

**Fior Yam' Bol** : Sur cette base de Yamaha XS 1100, la concentration des efforts est en partie haute et raccordée sur la culasse. Ici, le centre de gravité est haut.

## Études BMW

**Duolever** : Le Duolever n'est autre qu'un système Fior avec tous ses avantages. Adapté à la série, il retient des fonderies relativement lourdes et aucun réglage. L'épure retenue offre une cinématique particulièrement bien adaptée à l'usage tourisme.



Le système Telelever par BMW © Archives MR

**Telelever** : Le Telelever conserve une grande partie des inconvénients de la fourche télescopique sauf un : l'effet antiplongée est ici contrôlé par le triangle inférieur. L'ensemble est encore un peu lourd mais se montre convaincant dans le cas d'une utilisation tourisme.

## Études Elf-De Cortanze

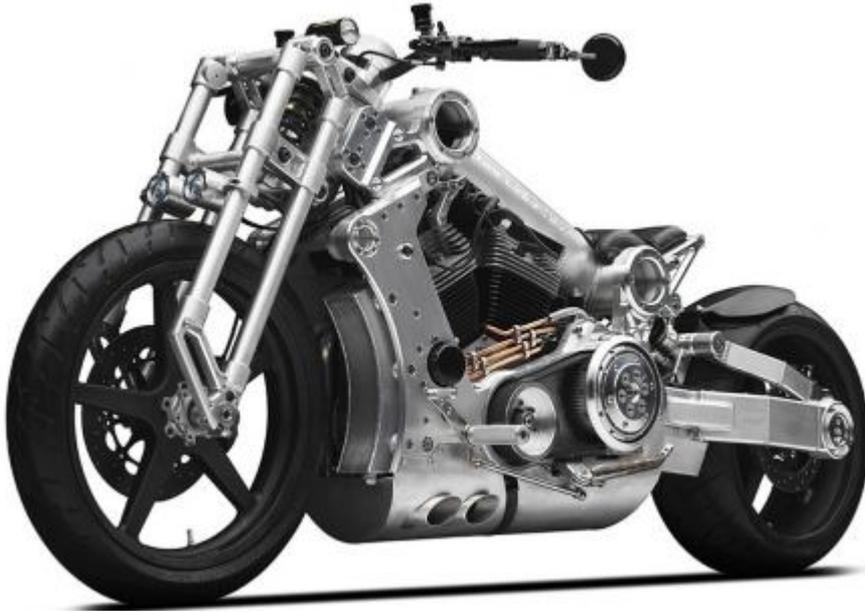
**Elf** : À la fin des années 70, le premier système signé André de Cortanze, ingénieur automobile (et ça se voit), comporte deux bras oscillants superposés avec moyeux et pivots dans la roue. Le poids excessif et la rigidité sont discutables.



La Elf 500 RS © Archives MR

**Elf NS 500** : Dans sa version GP 500 avec mécanique 3-cylindres de Honda 500 NS, la Elf a supprimé son triangle supérieur au profit d'un bras vertical incluant l'amortisseur. Ce principe n'est pas si éloigné de celui retenu pour la Yamaha 1000 GTS. Là encore, le poids est important.

## Études Confederate



La Confederate © Archives MR

Le non conventionnel constructeur américain a logiquement recours à un train avant du même qualificatif. Ici, le système à parallélogramme est avant tout esthétique et ne dispose pas de possibilité de réglages.

## Études JBB

**Voxan JBB** : Yves Kerlo et JBB avaient proposé un concept des plus intéressants à Voxan mais il n'a malheureusement jamais vu le jour.



La Renna avec train avant JBB © Archives MR

**Renna** : La seule moto à train avant JBB homologuée, la Renna sur base Ducati. Les inspecteurs de la Drire furent surpris de son comportement routier confortable et rassurant.

**ATOMO** : Des platines latérales usinées dans la masse servent de couvercle aux carters

moteur d'origine Suzuki (TL 1000) et d'ancrage des bras avant et arrière. De par son architecture, l'Atomo offre une rigidité exceptionnelle et un centre de gravité particulièrement centré. Un prototype de course léger et plusieurs fois couronné en Protwin.

**CAO** : Influence automobile là encore. Un triangle supérieur rotulé et un bras inférieur se refermant sur la rotule du moyeu central guident la roue. Le bras inférieur s'ouvre et permet le démontage rapide de la roue. Le système de freinage est lui aussi inspiré de l'automobile avec un disque unique de grosse épaisseur.

### Étude Motoczysz



La Motoczysz © Archives MR

Motoczysz 1 et Motoczysz « front susp. » : Le plus conventionnel des trains avant non conventionnels mais une originalité de plus dans le paysage moto, ou une sorte Telelever sans triangle.

### Études Bimota

**Tesi 3D** : Bras oscillant tubulaire et moyeu central. La commande de direction est complexe et le démontage de la roue délicat mais la Tesi 3D se comporte vraiment bien sur route et circuit.



La Bimota Tesi © Archives MR

**Tesi 1D** : La Tesi 1D de Superbike n'a jamais signé de résultats encourageants. Certainement en raison du poids conséquent de son système mais aussi de l'absence de déport. La moto était difficile à inscrire puis « tombait » sur l'angle.

**500 V-Due Tesi** : Notez que la 500 V-Due était initialement prévue pour recevoir ce train avant à bras.

### Étude Twister (Pierre Juyon)



Le système Twister par Pierre Juyon © Archives MR

**Twister CAO** : Pierre Juyon souhaitait concevoir un système performant, de construction simple et rationnelle, reprenant un maximum d'éléments d'origine (roue, freins) pour contenir les coûts et

donc capable d'être appliqué à une production en série.

**Twister2** : La Twister, bébé de Pierre Juyon, est née d'une profonde passion pour la moto et la technique. À ses mains et celles de Christophe Loustalet, elle a à maintes reprises participé au championnat Protwin avec des résultats fort encourageants. Si l'envie de vous joindre au développement vous tente, contactez la rédaction qui, là aussi, transmettra.

## Études Offenstadt



La Tecmas NSR 500 V2 vue par Eric Offenstadt

**Tecmas NSR V2** : La NSR 500 V2 du team Tecmas à effet de chasse constante. La colonne de direction est avancée et redressée, les demi-guidons reculés et l'axe de roue placé devant les pieds de fourche. Objectif : repousser de 20 mètres la prise de freins. À condition d'en avoir le courage... Seul Sylvain Guintoli s'est montré à la hauteur de la technicité allant jusqu'à tourner à 1,2 seconde du meilleur temps (même jour et même pneus à Almeria) de Troy Bayliss sur la 996 cm<sup>3</sup> Ducati officielle. Là encore, les budgets ont manqué pour aller plus loin...

**But** : La But, conçue et imaginée par Éric Offenstadt, a défrayé la chronique à la fin des années 70. Avec son train avant avec suspension à bras tirés, elle aurait été redoutable si le développement prévu avait été mené à bout. Aux dires de « Pépé », avec du budget, il aurait été possible de raccourcir le cadre coque et d'allonger le bras oscillant. Notez au passage l'existence d'une double admission, elle aussi conçue par Éric Offenstadt.

Avis de **Sylvain Guintoli** sur le proto Tecmas NSR V2 « J'ai roulé deux fois à son guidon : à Almeria et à Valence. C'était fin 2000. Nous avions la moto préparée plus une stock. On faisait sensiblement les mêmes chronos avec les deux machines. Je me souviens qu'à Almeria, il y avait Bayliss avec une Ducati de SBK. Avec le cadre Offenstadt, je l'avais défoncé au freinage. En revanche, la moto n'était pas précise en courbe : elle oscillait de façon désagréable. C'était très différent de ce que l'on avait à l'époque et je n'ai jamais retrouvé une machine aussi bonne au freinage. En tout cas, elle était capable de faire les mêmes chronos que la Honda V2 d'origine et ça, c'était déjà une performance ! »

## Une histoire de géométrie et de compromis

La géométrie d'une moto est le cumul de ses dimensions, qui influencent directement son comportement. Le vocabulaire employé est le suivant : chasse, angle de chasse, empattement, déport, positionnement d'axe de bras oscillant, positionnement d'axe de sortie de boîte de vitesses, débattement des suspensions, centre de gravité. Le moment d'inertie, l'aérodynamisme, les effets gyroscopiques des roues mais aussi de l'équipage mobile entrent eux aussi en ligne de compte.



Ces paramètres sont les fils conducteurs de toute construction selon qu'il s'agit d'une moto destinée à la route, à la piste ou au tout-terrain... Ainsi, pour se façonner la moto idéale, il convient de réunir et d'ajuster tous ces paramètres. Sauf que ceux-ci sont nombreux et s'interfèrent les uns par rapport aux autres... D'où une affaire de compromis délicats à trouver et souvent frustrante lorsqu'il s'agit de développement. Reste à prendre en compte les contraintes et déformations potentiellement applicables aux éléments de la partie-cycle (bras, fourche, cadre) et ne surtout pas négliger les caractéristiques et qualités des suspensions qui entrent en ligne de compte, de manière cruciale, dans les phénomènes d'adhérence, de variations de géométrie (contrôle de l'assiette), et parasites tels guidonnage, tangages, louvoisement (etc.)...

- **Critiques d'architecture** : le point de contact pneu avant/route est très éloigné de la liaison fourche/cadre. Cela impose des contraintes importantes, qui nécessitent l'emploi d'un cadre surdimensionné pour obtenir une rigidité correcte. Le recentrage des masses est pénalisé.
- **Critiques de cinématique** : au fur et à mesure que la fourche s'enfonce, la roue avant « recule » vers le moteur et occasionne une variation de l'empattement – et donc de la stabilité – importante.
- **Critiques lors des phases de freinage** : le transfert de masse induit une plongée considérable. La limite de « décollage » de la roue arrière s'amenuise à mesure de l'enfoncement de la fourche, alors que la roue avant possède encore un fort pouvoir d'adhérence.
- **Critiques lors des phases d'accélération** : le point de décollage de la roue avant (wheeling)

est atteint d'autant plus vite que la fourche atteint son point de détente maxi.

- **Critiques sur les compromis de réglage de fourche** : le travail de la fourche étant linéaire, il prive la suspension de progressivité. Trop dur sur les petites irrégularités, l'amortissement se retrouve aussi trop mou lors des enfoncements plus importants.

- **Critiques autour du centre de gravité** : les dimensions généreuses, appliquées au cadre – chargé de contenir les efforts en partie supérieure et les compromis de construction – positionnent le centre de gravité dans une position très relevée et limitent le choix d'un emplacement déterminé. Stabilité et motricité en pâtissent.

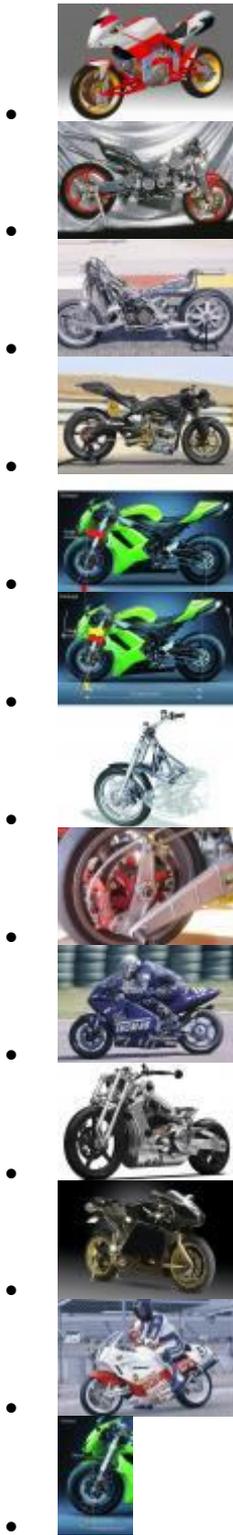


## 1/ Défauts des fourches télescopiques

La fourche télescopique souffre de défauts majeurs liés à sa cinématique et à son architecture. Être en charge de deux postes majeurs (guidage et amortissement) engendre fatalement un phénomène rédhibitoire d'interaction. Exemple : sur un gros freinage, la plongée de la fourche est brutale et conséquente, ce qui fige le travail de la suspension en entrée de virage et verrouille la direction. Le lourd développement qui lui a été consacré a permis d'en atténuer certains défauts mais les gros progrès des périphériques (pneumatiques, freins, moteur) soulignent aujourd'hui les limites atteintes par ce système.

## 2/ Atouts des trains avant non conventionnels

- Freinage et motricité améliorés grâce à la faible variation d'empattement.
- Meilleure répartition des efforts sur le cadre.
- Suspension et direction indépendantes, efficaces même en cas de freinage violent.
- Plongée progressive.
- Géométrie rapidement et radicalement modifiable, en conservant le même châssis.
- Grande rigueur de guidage grâce à la rigidité en torsion du système.
- Faible usure du pneu avant.
- Aérodynamisme et refroidissement moteur améliorés.



[right](#)

**Définition et influence des termes techniques**



- **La chasse** : elle s'exprime en millimètres mesurés entre les points définis par la projection au sol de l'axe de pivotement de la roue et la perpendiculaire au sol de l'axe de la roue. Elle assure la stabilité du véhicule et détermine sa maniabilité. L'augmentation de la chasse accentue la stabilité, mais diminue la maniabilité ; à l'inverse, la diminution de la chasse diminue la stabilité, mais accentue la maniabilité. La chasse conditionne également le rappel de direction.

- **L'angle de chasse** : il s'exprime en degré et influe sur la valeur de la chasse en fonction de la variation d'assiette rencontrée en dynamique.

- **L'empattement** : il s'exprime en millimètres. Élevé, il limite les variations d'assiette, donc de chasse. Dans ce cas, la stabilité en profite.

- **Le déport** : il optimise le contrôle de la roue à la mise sur l'angle. Il agit en complément de l'action de la chasse.

- **Le positionnement de l'axe de bras oscillant** : il influe les variations d'assiette. Cela est d'autant plus vérifiable à mesure que le bras oscillant retenu est long.

- **Le positionnement de l'axe de sortie de boîte** : en corrélation directe avec le positionnement du bras, il influe sur la compression de la suspension arrière (phénomène répercuté par la traction de chaîne de transmission). Pour limiter ce phénomène, on est tenu d'allonger le bras oscillant et de faire passer la chaîne au plus près de son axe.

- **Le débattement des suspensions** : il influe les variations d'assiette et donc les variations de chasse.

- **Le positionnement du centre de gravité** : placé haut, il augmente les transferts de masse à l'accélération comme au freinage et augmente le temps de mise sur l'angle. Placé bas, il

diminue les transferts de masse à l'accélération comme au freinage mais impose une prise d'angle importante pour tourner, ce qui peut perturber la garde au sol. Placé en avant, il limite le cabrage mais réduit la motricité et la stabilité au freinage. Placé en arrière : il profite à la motricité et à la stabilité au freinage mais nuit au coefficient directeur du train avant.

- **Le moment d'inertie** : réduit, il autorise une mise sur l'angle plus rapide et une plus grande vivacité puisqu'il limite les transferts de masse.

- **L'effet gyroscopique** : augmentant avec la vitesse, il dépend du poids des roues mais aussi de l'équipage mobile (et donc du régime moteur). L'ensemble a pour effet de freiner la vitesse de changement d'angle (aussi bien en entrée qu'en sortie de virage) et d'augmenter la stabilité.

- **La cinématique** : branche de la mécanique qui étudie le mouvement, indépendamment des forces qui le produisent.

- **L'architecture** : structure ou organisation des éléments d'un ensemble complexe.

- **La géométrie** : science mathématique qui a pour objet d'étudier les relations entre points, droites, courbes, surfaces et volumes de l'espace.

### **L'oeil des artistes français**

Nous avons demandé à Éric Offenstadt et Jean-Bertrand Bruneau qu'ils nous livrent un petit laïus quant à leur point de vue présent et futur (espérances, souhaits, etc.) sur la géométrie des motos de route et de compétition.



**Éric Offenstadt** : *En ce qui concerne les motos de route, BMW, avec sa copie Hussack du train avant de Claude Fior, a lancé la première suspension avant « non empirique » fabriquée en série. J'entends par là que ce n'est plus l'architecture de la fourche qui dicte la cinématique à l'ingénieur, comme c'est le cas pour les bras uniques (Elf/Yamaha 1000 GTS,*

*But/Honda Rune, Difazio/JBB ou Bimota Tesi). Là, avec le combiné « train avant multi-bras et porte-moyeu », c'est ENFIN l'ingénieur qui décide d'adopter la cinématique pertinente. Même si cette suspension est encore très loin de son optimisation potentielle. Pour oser un comparatif avec l'automobile : nous en sommes aux balbutiements, mais nous venons de passer du monobras à la suspension indépendante. L'autre révolution, bien plus importante car sur le train arrière, sera, on l'espère, la maîtrise des accélérations de roues parasites (Ndlr : IUWA signifie Induced Unwanted Wheel Acceleration, soit en français « accélération de roue indésirables provoquées par l'effet de chaîne ») de la suspension arrière, qui rendra obsolète les moteurs big bang, doublera la durée de vie des pneus, tout en améliorant la motricité.*

**Jean-Bertrand Bruneau :** *Les fourches télescopiques, après avoir supplanté les fourches à parallélogramme, maintiennent depuis un quasi monopole. Yamaha a tenté d'entrer en dissidence avec la GTS mais malheureusement, le choix d'un monobras inadapté à la moto n'était pas judicieux et le positionnement commercial peu clair en ont fait un échec qui a refroidi les audacieux pour longtemps. Pourtant, BMW avec le Telelever puis le Duolever a prouvé qu'une alternative crédible était possible pour la route.*



*Cependant, les deux triangles au-dessus de la roue, s'ils ne choquent pas le motard, induisent toujours un bras de levier important et donc un surpoids conséquent cantonnant ce système aux machines de grand tourisme. Avec mon système, la RenNa prouve que l'on peut être léger avec un système alternatif. Pour la compétition, dans les années 75, Difazio a ouvert une voie avec un moyeu directionnel dans la roue avant, repris par Bimota. Ce système présentait des problèmes de poids et de géométrie qui l'ont handicapé. Elf avec deux monobras (solution pire que la GTS), Fior (idem Telelever), à cause de leur surpoids, n'offrent pas plus d'avantages significatifs par rapport à la fourche télescopique. Au contraire, le train avant JBB – rigide, simple, avec peu de bras de levier et donc léger, facile à régler – offre des perspectives de développement attestées par les performances et les commentaires des pilotes. Maintenant, après un titre en championnat Protwin puis des performances remarquées en endurance, mon souhait serait de gravir un échelon supplémentaire et de faire évoluer ce système en vitesse internationale.*

**Avis aux amateurs (Ndlr : bien sûr, la rédaction transmettra)...**