

Le

Exclusivité du CAM



Présente la :

# Conception d'un modèle

**par Willy DEWULF**  
**CAM 590**

## PREMIERE PARTIE

### PREPARATION

#### 0. REMARQUES GENERALES

##### 0.0. Meccano peut sembler un jeu manuel.

En fait, dès le début, c'est la réalisation matérielle d'un exercice intellectuel.

##### 0.1. La réalisation d'un modèle,

Exige le même cheminement intellectuel, au niveau du modèle, que celui d'un ingénieur de bureau d'études.

##### 0.2. Il est dans la nature de l'homme de toujours vouloir dépasser sa frontière personnelle,

Le non-respect de cette règle conduit le plus souvent à une régression. Il semble souhaitable que tout meccano man cherche à élever son niveau de création. Il en a l'outil, il lui faut la volonté et un entraînement.

##### 0.3. Les étapes d'un entraînement peuvent être :

- Réalisation de petits modèles suivant livret d'instructions.



- Réalisation de mécanismes classiques, suivant modèles existants. Commencer par les mécanismes standard.

- Même chose en s'attachant à les mettre au point pour qu'ils soient parfaitement fonctionnels.

- Réalisation de plus gros modèles (Boîtes 9 ou 10), suivant livret d'instructions.

- Réalisation de super modèles classiques.

- Mise au point des modèles précédents pour qu'ils soient parfaitement fonctionnels.

- Améliorations personnelles des modèles classiques.

- Création de modèles personnels originaux.

#### 1. PREPARATION A LA CONCEPTION D'UN MODELE

##### 1.0. Documentation Meccano.

Il ne faut pas réinventer la roue. Donc il faut connaître les solutions Meccano existantes. Leur connaissance est indispensable. Les sources étant

multiples il est très difficile de retrouver une solution que nous avons vu un jour (Mais où ?).



Une documentation non classée est inutile. Chacun doit trouver son propre système, adapté à ses sources, à ses possibilités de rangement, etc. Dans tous les cas, il faut à un problème donné, pouvoir retrouver rapidement la source. Voici une proposition qui doit être adaptée à vos besoins.

*Numérotation des problèmes.*

Chaque fois que cela est possible, utiliser les chiffres de 1 à 9. Exemple : 1 Pièces détachées, 2 Liaison des pièces, 3 fonctions mécaniques élémentaires (guidage, centrage), 4 Transmission du mouvement (Réduction, embrayage, boîte de vitesse, frein), 5-Transformation du mouvement (de Rotation en Translation ou autres). Vous pouvez vous aider en lisant les livres scolaires de technologie mécanique dont les titres de chapitres sont une liste cohérente.

*Définition de la source.*

L'origine pourrait être CAM (Revue), CQ (Revue), MS (Mécanismes standard). Le titre, qui précise en fait l'endroit où vous rangez votre documentation, sera suivi du numéro du magazine, de la page, puis éventuellement de la colonne. Par exemple : Je cherche des détails sur une transmission par chaîne. 4 = transmission, 3 = chaîne, 1 = transmission simple. Je cherche donc 431. Dans mon répertoire je trouve : 431 : CAM n°103 p25 (Exemple factice)

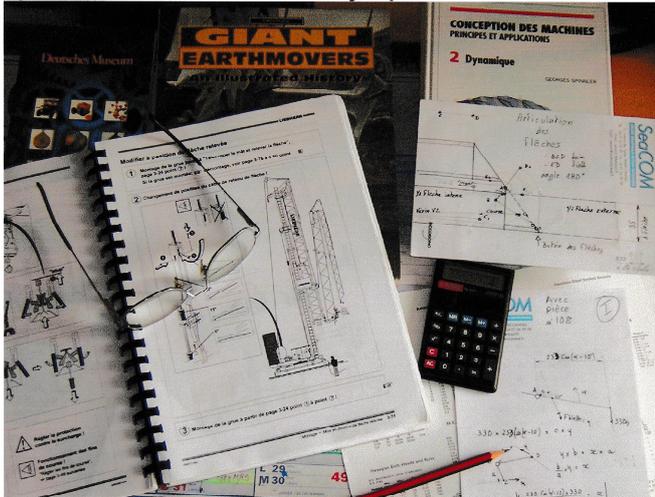
*Utilisation.*

Lorsque vous lisez vos revues, ayez votre répertoire sous la main (genre répertoire téléphonique, l'ordre alphabétique étant remplacé par le n° du problème. Voyant une bonne idée de boîte de vitesse, vous ajoutez à la page 431, la ligne CAM 103 25. C'est rapide et efficace.

##### 1.1. Documentation industrielle et technique.

Son rangement est celui d'une bibliothèque classique. J'ai un faible pour les livres scolaires qui expliquent souvent d'une manière simple les

problèmes techniques. Vous en trouvez de tous les niveaux. Recherchez aussi les publications, revues spécialisées, livres sur un sujet particulier.



Ces documents peuvent être chez vous ou dans une bibliothèque d'école ou publique. Les vieux livres de mécanique sont très adaptés au Meccano et vous donnent parfois des idées remarquables. L'étude de l'évolution d'une technique (Automobile, machines) au fil des années est riche d'enseignements. Un vieux modèle sera construit suivant ses dessins d'époque, mais un modèle de machine moderne, devra puiser aux sources les plus récentes possible.

## 2. DEFINITION DU MODELE

2.0. Un modèle doit être réalisé à partir d'une définition précise des buts recherchés.

C'est ce que les sociétés appellent « Le cahier des charges ». Aucune fabrique, usine ou bureau ne démarre une étude sans avoir une idée très précise du travail à entreprendre. Pour lui-même, le meccano man doit se donner un but. La première question sera toujours « Quelle est la priorité cherchée dans ma construction ? ».

2.1. Type de modèle.

Le modèle peut être : *Une réplique des formes de la machine originale*, l'esthétique sera prioritaire.

*Une réplique des mécanismes*, il sera alors un modèle réduit de la cinématique de la machine.

*Une réplique des fonctions*, une grue servira alors à soulever une charge, le mécanisme pourra être différent de l'original, les apparences restant correctes.

*Original*, ce sera la réalisation d'un mécanisme ou d'une fonction que vous avez imaginé.

*Spécial*, le modèle aura une fonction complémentaire d'un mécanisme existant, par exemple supporter un appareil.

Suivant le choix, nous serons soumis à des contraintes différentes. Une réplique cinématique d'un rotor d'hélicoptère ne respectera pas la longueur des pales et n'a pas besoin d'une représentation de la cabine. Un modèle réduit d'hélicoptère doit respecter le rapport des dimensions des éléments, posant des problèmes de logement du mécanisme. Celui-ci pourra utiliser des solutions différentes de l'original,

sous réserve de ne pas modifier l'apparence extérieure.

2.2. A qui (ou quoi) est destiné le modèle.

- Strictement privé ! Seul le constructeur en sera l'opérateur et, en principe ne sera pas présenté au public.



- Le modèle sera exposé dans une manifestation locale, aux seuls membres d'un club.

- Le modèle sera exposé en public. Seul le constructeur sera autorisé à le manoeuvrer.



- Même chose, mais une manoeuvre du public est possible, ou souhaitée.



Même chose, mais il est conçu pour que les enfants s'amuse avec.



Dans cet ordre, les contraintes seront de plus en plus sévères. Un mécanisme peu fiable est acceptable à la maison, au club c'est gênant, en public c'est inadmissible. L'absence d'un interrupteur de fin de course est acceptable si l'opérateur prend ses précautions, c'est inadmissible si un spectateur est autorisé à la manœuvre.

Le plus difficile est sans conteste, l'utilisation par des enfants. En dehors de l'évidente obligation de sécurité, il faut prévoir les manœuvres aberrantes pour un adulte, mais « amusantes » pour un enfant. Pousser son camarade avec la flèche d'une grue est difficile à prévoir pour un meccano man. Pousser à la main la flèche d'une grue trop lente est chose courante nécessitant un limiteur de couple de sécurité pour éviter la destruction du mécanisme.

### 2.3. Conditions d'exploitation.

*Quelle sera la durée de fonctionnement du modèle ?* Limitée à des démonstrations, le système des pièces Meccano est suffisant. Mais pour une durée importante les phénomènes de chauffage des moteurs et d'usure des paliers imposent l'emploi de moteurs plus puissants, de modération des charges et de renforcement des guidages, en particulier des arbres de transmission. Il faut se rapprocher des solutions industrielles.

*Comment sera transporté le modèle ?*

Généralement dans sa voiture personnelle, mais la location d'un véhicule utilitaire est parfois pratiquée. Dans le cas de votre voiture, la dimension de votre coffre, ou de l'espace de votre break limite les dimensions. Si vous décidez que votre modèle sera plus grand, une division en plusieurs parties deviendra nécessaire. Le choix de la partie de liaison est très délicat. Au départ d'une exposition, et à sa clôture, tout le monde est énervé et la mise en place de boulons devient difficile. Un réglage devient aléatoire. Certains modèles doivent être démontés pour des raisons de fragilité. Les organes de liaison peuvent utilement être modifiés. Par exemple, un écrou sera remplacé par un raccord taraudé plus facile à mettre en place rapidement.

Le transport d'un modèle à la main est difficile car ils sont lourds, encombrants et fragiles. Il est bien utile de prévoir des zones de prise en main (poignées comme pour les valises). Un support simple, respectueux du modèle et facile à porter est constitué

par une corde assez longue, tournée en 8 et passant sous deux parties résistantes du modèle. Pour un véhicule, sous les roues avant et arrière est une idée correcte. Choisissez une corde de gros diamètre, évitant le sciage des mains, et en tissu tressé pour la même raison.

*A l'exposition, comment sera alimenté en énergie le modèle ?*

Nos modèles sont souvent électriques. Mais il faut admirer les montages extraordinaires des prises d'alimentation dans les expositions pour justifier l'utilisation de batteries. Les moteurs actuels ont des consommations très réduites et peuvent être alimentés durant de longues heures avec des batteries raisonnablement pesantes. J'en suis arrivé à cette solution après de longues attentes de l'alimentation électriques arrivant à la fin des installations de la salle, sans parler des disjoncteurs qui disjonctent dans des endroits parfaitement inconnus des organisateurs.

Dans les énergies faciles, notons aussi l'usage des moteurs mécaniques. Par contre l'utilisation des moteurs à vapeur nécessite une certaine dose de masochisme, même si elle est source de satisfaction quant on arrive à surmonter les problèmes et que le public admire le « tchouc tchouc » du moteur.

### 2.4. Caractéristiques.

*Le premier choix est celui de l'échelle de reproduction.* Il est souvent imposé par les dimensions des pièces Meccano, celle du coffre de votre voiture et de la quantité de pièces dont vous disposez. Notons au passage que cette échelle est celle des longueurs. En ce qui concerne les surfaces et les poids elles découlent d'autres considérations. Par exemple une cornière peut avoir le dixième de la longueur de l'original, mais sa section sera complètement différente, et son poids en général plus élevé. Les vitesses de déplacement ne correspondent plus à rien. Mathématiquement elles sont à l'échelle des longueurs, mais l'aspect psychologique est prépondérant. Au total, c'est à l'œil que les vitesses seront jugées correctes.

*Le principe mécanique utilisé définira ensuite les mécanismes et les volumes.* Un bon exemple est celui des vérins. En réalité ils sont hydrauliques ou pneumatiques. Les plus pratiques en Meccano sont évidemment mécaniques ou à câbles. Il y a donc une différence entre leur apparence et le mécanisme utilisé. Ce choix est à faire au départ car il influe sur les autres mécanismes et formes du modèle.

*Finissons par les performances, vitesse, agilité, charge soulevée,* qui sont les conséquences de plusieurs des choix précédents. Si une performance est visée il faudra le faire en priorité, le choix du principe de fonctionnement, l'échelle, l'aspect même du modèle en découlera. Enfin, le poids du modèle peut être un facteur de complication. Pour un fonctionnement correct, il faudra peut être chercher à réduire drastiquement le poids, même au prix d'une modification de la silhouette du modèle.

## DEUXIEME PARTIE

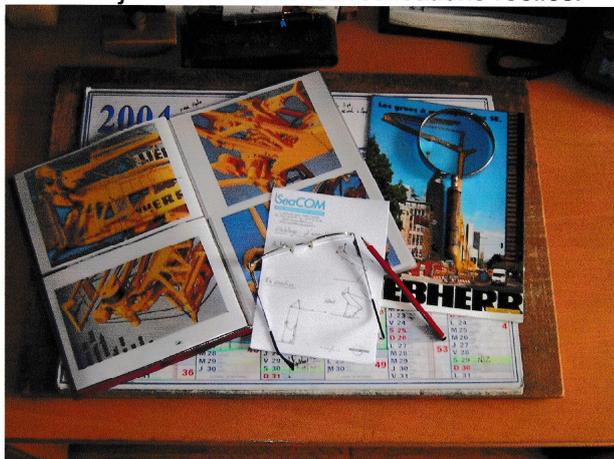
### ETUDE

#### 3. ETUDE DE REALISATIONS SIMILAIRES

Toutes les machines modernes sont le fruit d'améliorations souvent minimes des machines précédentes. Si nos ingénieurs modernes utilisent les travaux de leurs prédécesseurs, les meccano men seraient bien inspirés d'en faire autant.

##### 3.0. Modèles industriels.

La consultation des livres spécialisés, des prospectus publicitaires, des photos de revues, donne déjà une idée sur les réalisations réelles.



Essayez de dater les machines dont vous trouvez images et photos pour avoir une idée de l'évolution des formes. Souvent, c'est à partir d'une image que nous vient l'idée de départ du modèle qui nous plairait de réaliser. Une fois le modèle choisi, on peut essayer d'avoir des renseignements supplémentaires. Parfois, les sociétés ne sont pas opposées à fournir des renseignements sur leur production, surtout si leur modèle n'est plus construit, donc que le risque d'espionnage industriel n'existe plus. J'ai eu la joie d'obtenir des dessins très grand format de la part d'industriels, qui m'ont permis des réalisations très proches de la réalité.

Une autre source précieuse d'informations est la visite sur place de l'original

La compréhension des mécanismes en est facilitée. Il faut aussi essayer le contact direct avec les utilisateurs de tous niveaux, qui sont souvent heureux de voir quelqu'un s'intéresser à leur outil de travail. A la fin de votre construction, la présentation de votre modèle aux utilisateurs est une marque de courtoisie, mais aussi un risque de jugement sévère, les défauts ne passant pas inaperçus des professionnels



##### 3.1. Modèles Meccano.

Ils donnent une idée des solutions adaptées au Meccano. Le passage du modèle industriel au modèle Meccano est souvent difficile, il faut user d'approximation dont l'examen des livrets d'instructions vous donne certaines clés. De plus, la réalisation de modèles Meccano approchant votre désir, peut se révéler un entraînement indispensable qui vous fera gagner du temps pour votre réalisation finale.

##### 3.2. Compréhension du fonctionnement.

Beaucoup plus souvent que nous le pensons, des détails de fonctionnement échappent à notre analyse. Il faut absolument justifier la présence de toutes les pièces réelles car aucune réalisation industrielle ne peut avoir des pièces en trop. Visitant un port, je suis tombé en arrêt devant une grue flottante dont la flèche articulée sur la barge pouvait se relever avec des palans formidables (La grue était capable de soulever 600 tonnes). Rien que de très normal. Ce qui l'était moins était la présence d'énormes contrefiches interdisant la modification de l'angle de la flèche.



Piqué par la curiosité, j'ai demandé aux autorités du port la permission de visiter la grue et les services techniques, la grue étant inaccessible de la partie du port ouvert au public. Cela a été le point de départ d'une série de deux modèles présentant des caractéristiques jamais abordées en Meccano.

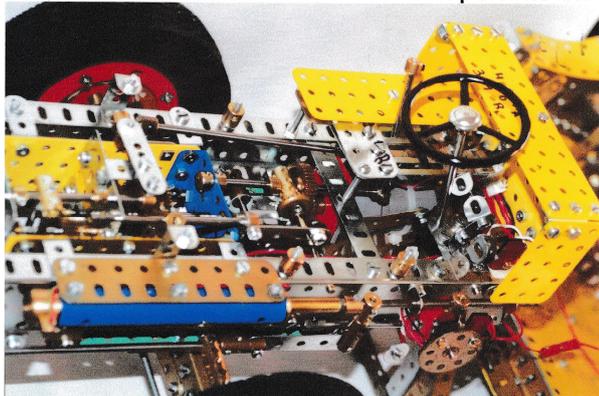
### 3.3. Etude critique.

Votre grue personnelle, ou votre camion, sera une synthèse des documents analysés. Vous ferez la somme des mécanismes, ou des fonctions réalisables, en éliminant dans un premier temps les plus difficiles à transcrire en Meccano. Pour une fonction donnée, le déplacement d'un engin de travaux publics, vous pouvez disposer d'une série de solutions réelles, parmi lesquelles vous pourrez choisir celle qui vous paraîtra la plus adaptée au Meccano.

Tout ce travail de recherche peut être plus long que la réalisation du modèle lui-même et durer plusieurs années durant lesquelles vous réaliserez d'autres modèles plus accessibles. Mais quelle satisfaction de réaliser un modèle original en Meccano, existant dans la réalité.

### 3.4. Aides.

Durant cette phase d'exploration et d'études, vous allez peut-être atteindre les limites de vos connaissances et de votre intuition. Un approfondissement de celles-ci pourra être obtenu par la lecture de livres spécialisés, et surtout par le contact avec d'autres meccanomen ou de spécialistes techniques. Il faut susciter des contacts et les expositions sont très utiles en cela. J'ai présenté un camion à quatre essieux comportant à mon avis une erreur. La servocommande de direction était inopérante en



cas de manque d'alimentation du servomoteur. C'est-à-dire que le volant ne faisait pas tourner les

roues directrices. Un grand spécialiste m'a dit que je faisais une erreur de croire avoir fait une erreur ! Les roues directrices des camions et bus modernes ne sont pas liés au volant, mais uniquement au mécanisme de servo-direction. Un autre spécialiste m'a montré une autre erreur assez naïve, les pneus jumelés se touchaient. Cela est impossible, le frottement résultant des déformations au contact de la route ne tardant pas à détruire les pneus

## **4. DECOMPOSITION DU PROBLEME EN PLUSIEURS SOUS-PROBLEMES**

Vous voilà maintenant en présence d'un problème global, réaliser une machine industrielle. *La première chose à faire est de diviser ce problème* possédant un très grand nombre d'inconnues en une somme de petits problèmes qui seront étudiés, résolus et testés les uns après les autres. Il faut diviser la machine en sous-ensembles.

### 4.0. Sous-ensembles de structure.

Ce sera le squelette de votre machine. Pour un véhicule ce sera le châssis ou la carrosserie porteuse des différents mécanismes. La structure semble simple, mais son étude précise évitera de la voir se déformer sous l'action des forces appliquées aux mécanismes. La structure des grues, des motocyclettes, des voitures, des avions a beaucoup évolué et il est intéressant d'étudier le « pourquoi » de cette évolution. Dans la plupart des cas, ce sont des raisons d'allègement et d'augmentation de rigidité qui sont à la base de ces modifications.

A ce moment de l'étude, il faut penser à la division éventuelle de la structure pour permettre son transport et sa réalisation.

### 4.1. Sous-ensembles de mécanisme.

Jadis dans l'industrie, et donc en Meccano, la tendance était à l'emploi d'un moteur pour de multiples fonctions, ou même pour de multiples machines. Les moteurs électriques performants, munis de réducteur et de freins, d'un prix assez bas, permettent l'utilisation d'un moteur par fonction envisagée. Nos moteurs avec réducteur utilisables en Meccano permettent des transmissions « nulles » ou très simplifiées. Cela nous épargne des frais d'achat de pièces Meccano assez chères, et simplifie la conception des mécanismes. Ceux-ci peuvent alors être placés sur la structure à l'endroit désiré, sans obligation de la relier aux autres mécanismes. La mise au point s'en trouve simplifiée. Bien sûr, il faut excepter les modèles de machines anciennes dans lesquelles le respect du mécanisme original est prioritaire. Je me rappelle d'une grue Titan munie d'une machine à vapeur entraînant une pompe haute pression, avec une série de vérins pour les mouvements classiques. L'adaptation Meccano imposait l'utilisation de la machine à vapeur avec transmission vers des vérins mécaniques.



J'ai failli revenir à une série de moteurs électriques entraînant des tambours. Mais cela aurait supprimé l'intérêt du « challenge » et ressemblerait au sportif qui pour courir le 100 mètres, utiliserait un « dragster ».

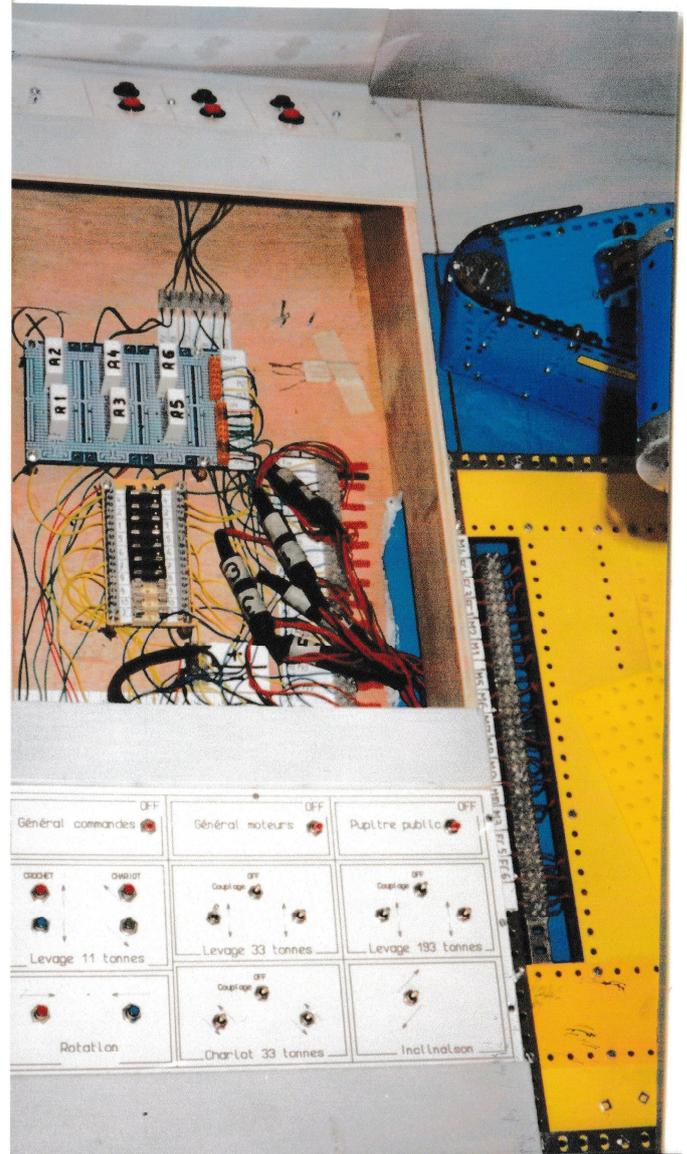
#### 4.2. Relations entre les sous-ensembles.

Dans le cas de grands modèles, cette question est sans intérêt. Si vous avez beaucoup de place, les sous-ensembles de mécanismes seront accrochés à la structure comme des fruits sur un arbre. Si la place est réduite, le premier sous-ensemble sera facile à placer, mais le second viendra souvent s'intercaler au milieu du premier, sans parler des suivants. Il faudra alors soigneusement repenser les sous-ensembles pour les rendre compatibles en volume, en modifiant les appuis des arbres pour un châssis unique. C'est à ce moment que se révèle le bon meccano man. Voir pour cela le chapitre 7, conduite du raisonnement.

#### 4.3. Commande des mécanismes.

La mise en marche, la variation de vitesse, le sens de déplacement, les verrouillages se font presque toujours d'un poste de conduite unique. Suivant les mécanismes choisis, il faut utiliser des

tringles, leviers de renvoi, verrouillage en position, ou simplement des interrupteurs.



Il va sans dire que l'utilisation de l'électricité et de l'électronique simplifie à l'extrême les problèmes. Un modèle de machines moderne ne saurait s'en passer. Mais une Titan de 1880 ne saurait présenter une batterie d'interrupteurs au public.

Pour des commandes mécaniques, il faut penser à un verrouillage efficace. Dans un modèle de la boîte n°10, les commandes avant-stop-arrière exigent un déplacement total du levier de l'ordre de 3 mm, impossible à manœuvrer ! Dans un autre, on déplace une tringle portant un long pignon de 19 dents entraîné par une vis sans fin. Cette vis entraîne par frottement le pignon en translation et modifie le choix de la commande, parfois en provoquant une manœuvre non désirée.

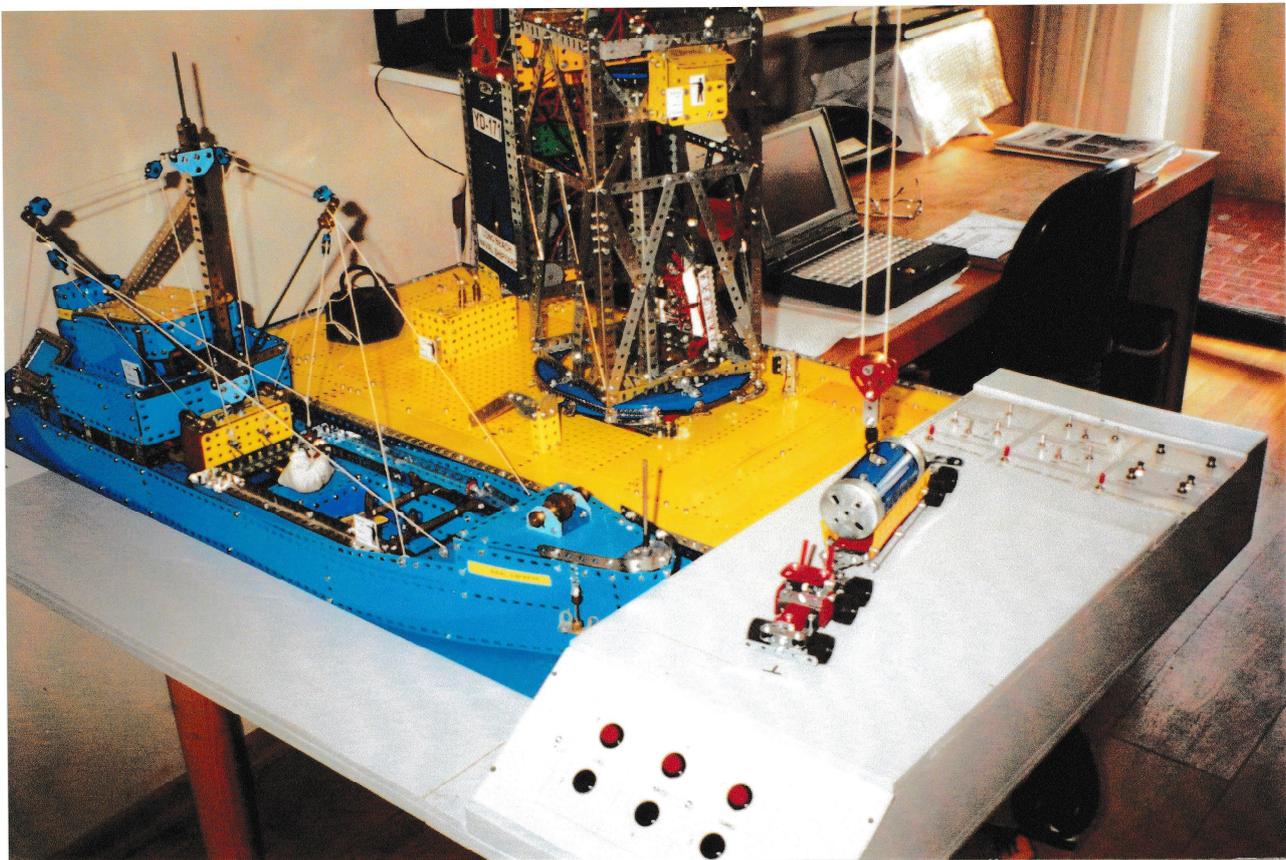
C'est aussi le moment de parler de l'automatisation de la machine, pas toujours compliquée, mais dont l'effet est toujours intéressant. Pour l'utilisation du modèle par le public, et surtout par les enfants, l'automatisation (et les sécurités automatiques) simplifie la manœuvre du spectateur et protège efficacement le modèle. Sans être un virtuose de la programmation informatique, le meccano man

moderne se doit de se débrouiller avec les nouvelles techniques souvent plus simples que les solutions mécaniques équivalentes.

#### 4.4. Accessoires.

Une fois le modèle fini, il peut être très spectaculaire d'ajouter des modèles de complément. La grue sera comprise entre un bateau et un camion

, le train passera devant un passage à niveau, s'arrêtera dans une gare pour faire des manœuvres, le tank franchira des obstacles. Pour les enfants, une séquence de manœuvres sera la bienvenue avec si possible une manœuvre astucieuse (pas trop) qui permettra à la famille d'applaudir l'exploit.



## TROISIEME PARTIE

### SOUS-ENSEMBLES

#### 5. ETUDE, REALISATION, ESSAIS D'UN SOUS-ENSEMBLE.

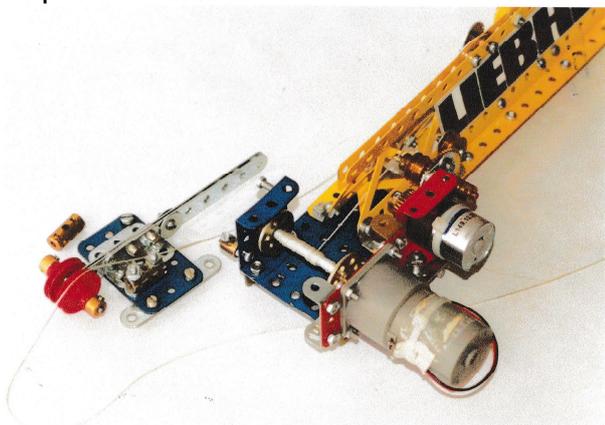
Un sous-ensemble comprendra en moyenne : Un récepteur, une transmission, un moteur.

##### 5.0. Le récepteur

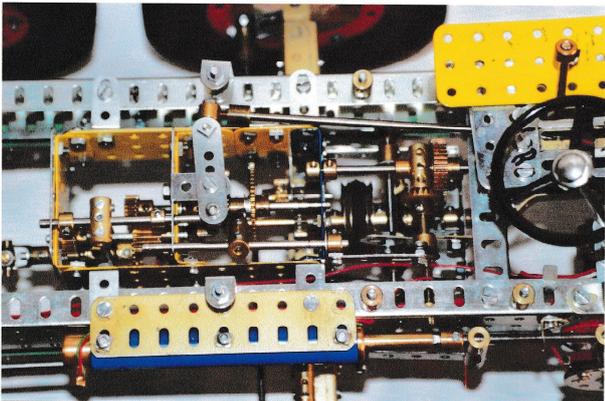
Il est défini par une pièce et son mouvement. Par exemple, une corde avec crochet ayant un mouvement de translation continu. Autre exemple, une roue ayant un mouvement de rotation continu. Dans quelques cas le mouvement peut être complexe (Mécanographe) et nécessite une étude complète. Ce récepteur subira des efforts moyens ne posant pas de problèmes avec l'utilisation de pièces normales. Mais il est possible que ces efforts soient de l'ordre de plusieurs kilos. Il faudra alors les évaluer d'une manière plus précise pour pouvoir choisir le récepteur le plus adapté.

##### 5.1. La transmission idéale est celle qui n'existe pas.

Le moteur étant directement monté sur le récepteur, la transmission est directe. C'est une économie considérable de place, d'argent et de risques d'erreurs.



Elle peut comprendre une réduction, une transformation de genre de mouvement (rotation en translation), parfois un embrayage et une boîte de vitesses.



Tous ces problèmes ont été abondamment traités dans les revues Meccano et il importe d'avoir toutes les solutions à l'esprit.

##### 5.2. Le moteur est très généralement électrique.

Une vitesse moyenne de 100 tours/minute, obtenue par le réducteur incorporé, suffit dans beaucoup de cas. La vitesse du récepteur est surtout une question psychologique. La division par l'échelle des longueurs de la vitesse de l'original n'est pas toujours agréable à l'œil. Il faut distinguer ici les modèles de démonstration pédagogiques qui seront anormalement lents pour permettre d'apprécier les mouvements, et les modèles d'action qui doivent se rapprocher de la réalité.

##### 5.3. Ce groupe de trois éléments permet une étude plus facile que l'ensemble du modèle.

Un seul conseil possible, ne pas hésiter à démonter autant de fois qu'il le faudra car la première idée n'est que rarement la bonne. C'est très dur de démonter un sous-ensemble que nous avons mis des heures à étudier et monter, mais c'est la rançon du succès du modèle.

Une fois l'idée mise au point, les pièces inutiles éliminées, on réalisera l'objet sur un support provisoire et il sera soumis à des essais systématiques, à petite vitesse, à vitesse normale, à vide puis en pleine charge. Bien observer le fonctionnement et en déduire des améliorations après élimination des erreurs de fonctionnement. Les erreurs sont plus faciles à corriger sur un petit élément que sur l'ensemble du modèle.

#### 6. RELATION ENTRE LES SOUS-ENSEMBLES

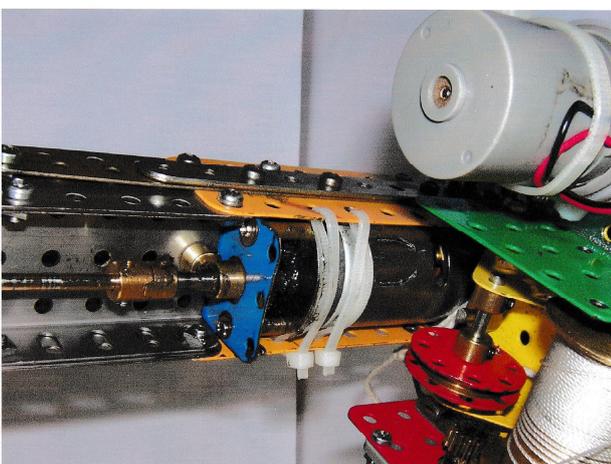
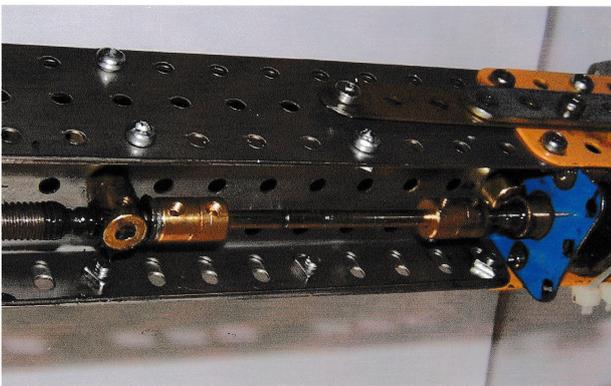
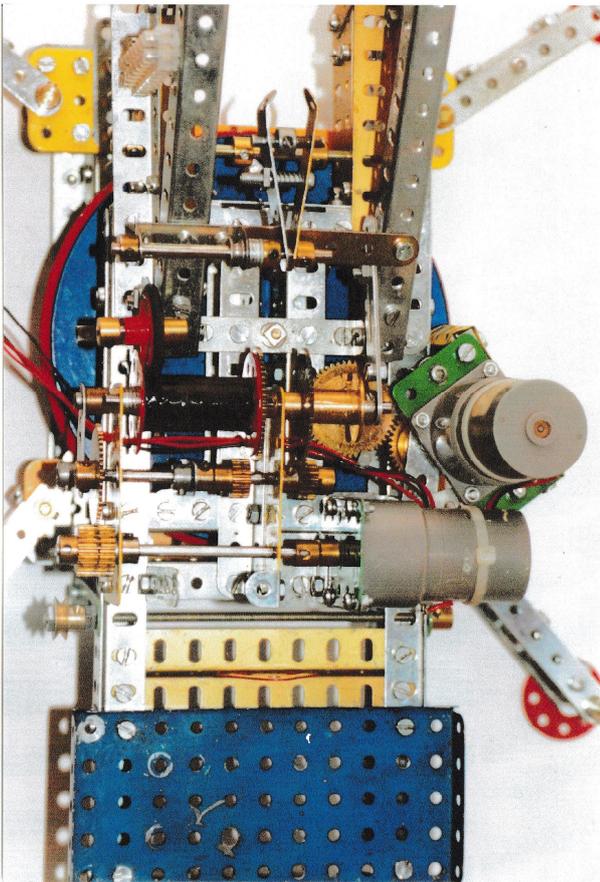
##### 6.0. Montage.

La structure étant montée, les sous-ensembles mécaniques seront fixés dessus. Mais un montage désordonné va donner des machines du XIX<sup>e</sup> siècle. Beaucoup de supports feront double emploi, donc utiliser la structure comme châssis d'un mécanisme. Il faut essayer d'alléger et de réduire les encombrements. C'est dur de démonter un mécanisme pour utiliser la structure comme support des arbres et du moteur, mais l'ensemble y gagnera en volume, en esthétique, en sûreté de fonctionnement et souvent en rigidité.

##### 6.1. Démontage.

Il faudra prévoir les démontages faciles, car un mécanisme tombera en panne obligatoirement durant une exposition. Il faudra pouvoir le réparer sur place sans démontage excessif. Eviter les éléments « prisonniers » dans une structure en cage. Personnellement j'ai dû changer des moteurs, des pignons plastiques fendus, des cordes de levage rompues par usure.

Hélas, dans de nombreux cas, le modèle a rejoint sa caisse. Il vous reste alors à présenter un modèle de rechange.



## 6.2. Tests.

Tout étant au point, le modèle doit subir des tests complets. Un certain nombre de mécanismes marchant très bien, peuvent donner un ensemble tombant en panne. Demandez à la NASA ce qu'elle en pense. Donc reprendre tous les tests déjà passés avec des contraintes nouvelles. Que se passera-t-il si je mets en marche la fonction 1 ET la fonction 2, pendant que la 3 exécute son cycle ? Le mauvais sort utilise très bien les têtes de boulons comme obstacle imprévu dans certaines positions relatives des pièces. Vérifier ce qui se passe avec des erreurs de commande. Avec le public et les enfants vous serez toujours dans des conditions limites.

Ne vous inquiétez pas, tous les meccanomen sont passés par là, l'expérience diminue simplement la fréquence des erreurs.

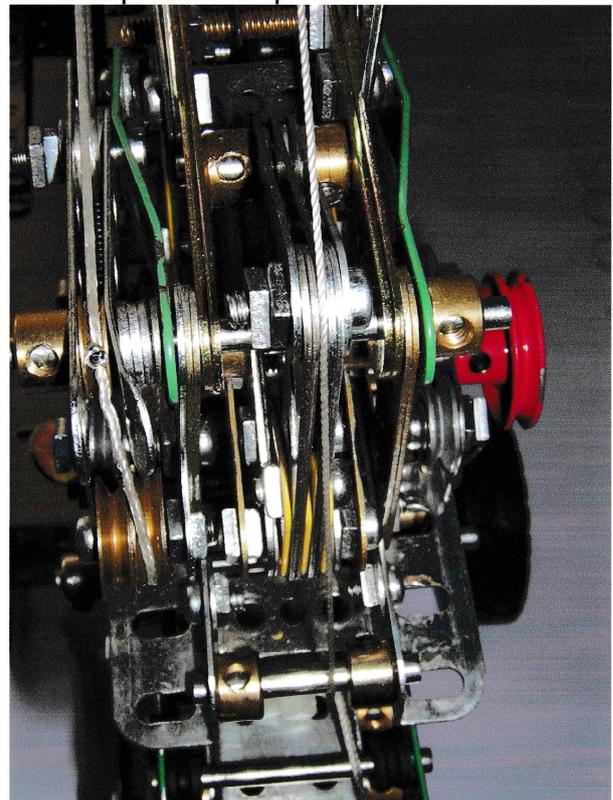
## 7. RAISONNEMENT

### 7.0. Panne de fonctionnement.

La construction d'un modèle, c'est une suite de problèmes qui semblent provenir de tous les côtés. Pour résoudre un problème on peut tourner en rond en pleurant et criant son désespoir. Le résultat n'est pas garanti.

Le premier conseil est de laisser tomber, ranger le matériel et s'occuper des travaux en retard dans la maison. Votre énervement qui bloque vos capacités de raisonnement doit d'abord s'évacuer.

Puis analysez le problème. Essayer de reproduire le blocage. Observez si possible au ralenti la position des pièces.



On peut se poser systématiquement les questions suivantes : Qui, quoi, quand, comment, où. Cela permet de cerner logiquement le problème. Les

séquences suivantes seront : 1° essai d'explication, modification relative, essai. Si le résultat est nul, il faut passer à un deuxième essai d'explication et ainsi de suite. La plus grosse difficulté consiste à passer en revue toutes les actions provoquant le problème. Là encore, une nuit de repos fera peut-être surgir l'explication exacte.

### 7.1. Recherche de solutions constructives.

Votre cerveau ne vous obéit pas. Lui dire « Trouves » ne sert à rien.

On peut commencer par établir une liste de solutions possibles, même si on est certain que certaines sont médiocres ou inapplicables. Puis il faut les analyser. Chacune a des avantages et des inconvénients, en faire un état comparatif d'où il ressortira peut-être que l'une est meilleur que les autres. Comparez les performances, la difficulté de montage, l'encombrement et la résistance. Il faut alors laisser au cerveau un certain temps pour digérer ces informations. C'est le moment pour relire tranquillement la documentation Meccano ou industrielle.

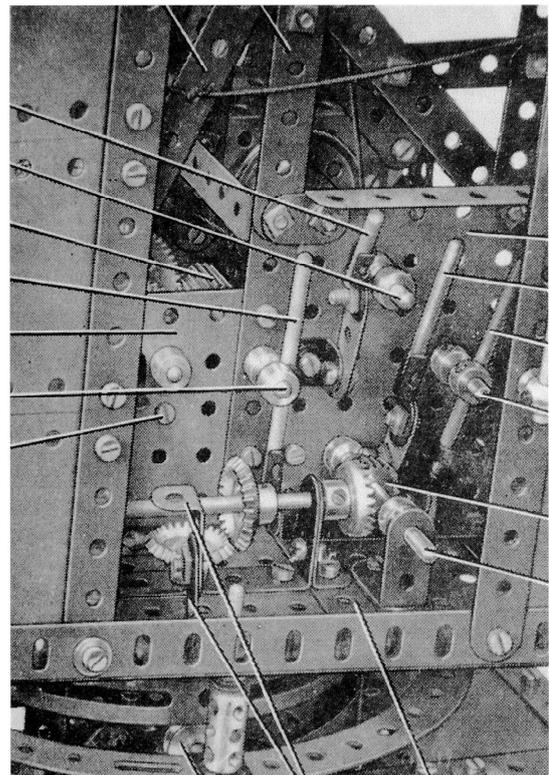
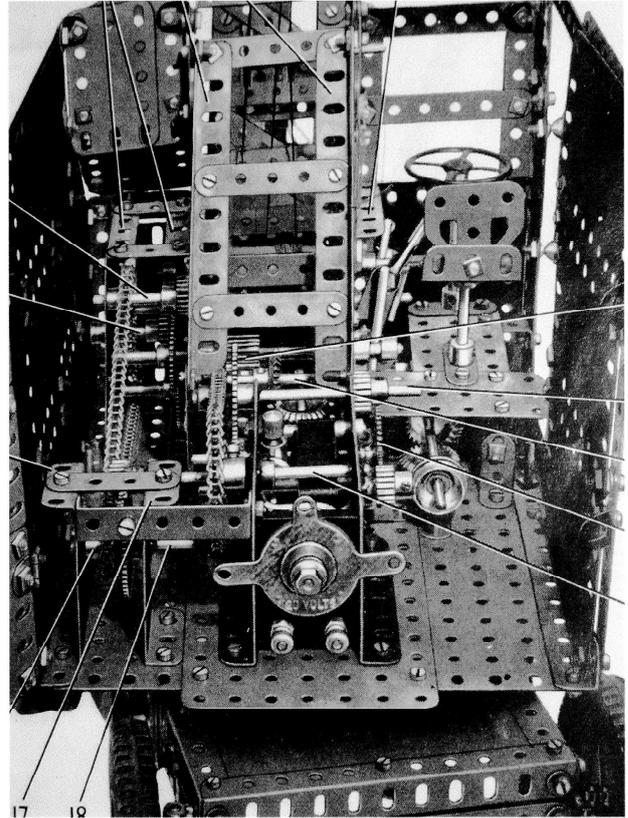
Le plus difficile est de sortir des solutions classiques. Nous pouvons déjà essayer le classique système de l'inverse. C'est l'histoire du clown qui tire le piano pour le rapprocher du tabouret qui est trop loin. En Meccano, l'écrou difficile à placer sous la vis, se placera facilement si la vis est placée à l'endroit de l'écrou. En général le moteur est placé sur la structure fixe pour faire bouger la partie mobile. Mais on peut essayer de le placer sur la partie mobile, la structure recevant le point fixe du vérin. Sur deux de mes grues, cela me conduit à une double utilisation du moteur. Le piston du vérin étant fixe, on utilise le mouvement du cylindre pour une première fonction. Après déverrouillage du piston et verrouillage du cylindre, l'action du piston assurera une deuxième fonction.

On m'a donné un jour le conseil d'étudier les systèmes qui manifestement ne peuvent pas être utilisés, puis se demander « pourquoi ? ». Cela ne conduira pas à utiliser le système, mais la gymnastique cérébrale provoquera peut-être le déclic de la découverte. L'habitude et les idées toutes faites, non prouvées, sont des blocages pour notre génie inventif. Les mathématiciens qui ont résolu le problème du guidage en translation par des articulations sont arrivés à des systèmes inutilisables. Watt a accepté une erreur dans le guidage et réalisé un système universellement connu et utilisé.

### 7.2. Amélioration, simplification.

Tout mécanisme, tout appareil nouveau qui fonctionne est susceptible d'améliorations. Il suffit de comparer le même mécanisme à quelques années d'intervalle. Durant la dernière guerre mondiale, le chasseur Spitfire MkI est devenu au fil des années le Spitfire MkXXIV (Si mes souvenirs sont exacts !). Que faut-il rechercher ?

En premier lieu la simplification, un nombre de pièces minima pour la réalisation du mécanisme. Un de mes professeurs de construction nous disait « Enlevez un boulon, et votre machine doit tomber en pièces détachées ! ». C'est évidemment une blague, mais qui illustre le but à atteindre. La chaîne cinématique entre moteur et récepteur doit être la plus courte possible. Un bon exemple est donné dans le modèle « Pelle mécanique » d'un livret de la boîte n°10.



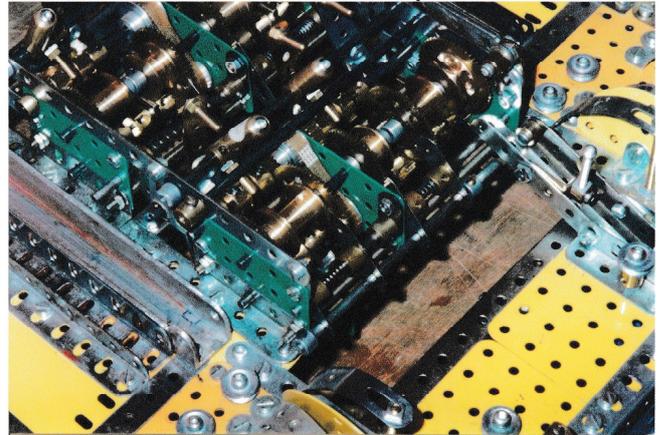
Le moteur utilisé est réversible. La boîte de transmission vers les divers récepteurs permet l'inversion du sens de rotation. Cette inversion provoque de graves difficultés de réglage et de commande. En enlevant l'inversion de la boîte pour utiliser celle du moteur, on allège, on simplifie et surtout la commande devient parfaitement fiable et facile. Ceci a un prix, les différents récepteurs ne peuvent être commandés ensemble chacun dans un sens donné. Mais avec vos doigts dans la cabine de commande, pouvez-vous vraiment faire plusieurs choses à la fois ? Bien sûr, si j'avais à créer ce modèle en le modernisant, il y aurait quatre moteurs commandés par un coffret de commande situé en dehors du modèle comme sur de nombreuses grues de chantier.

### 7.3. Attendre et voir !

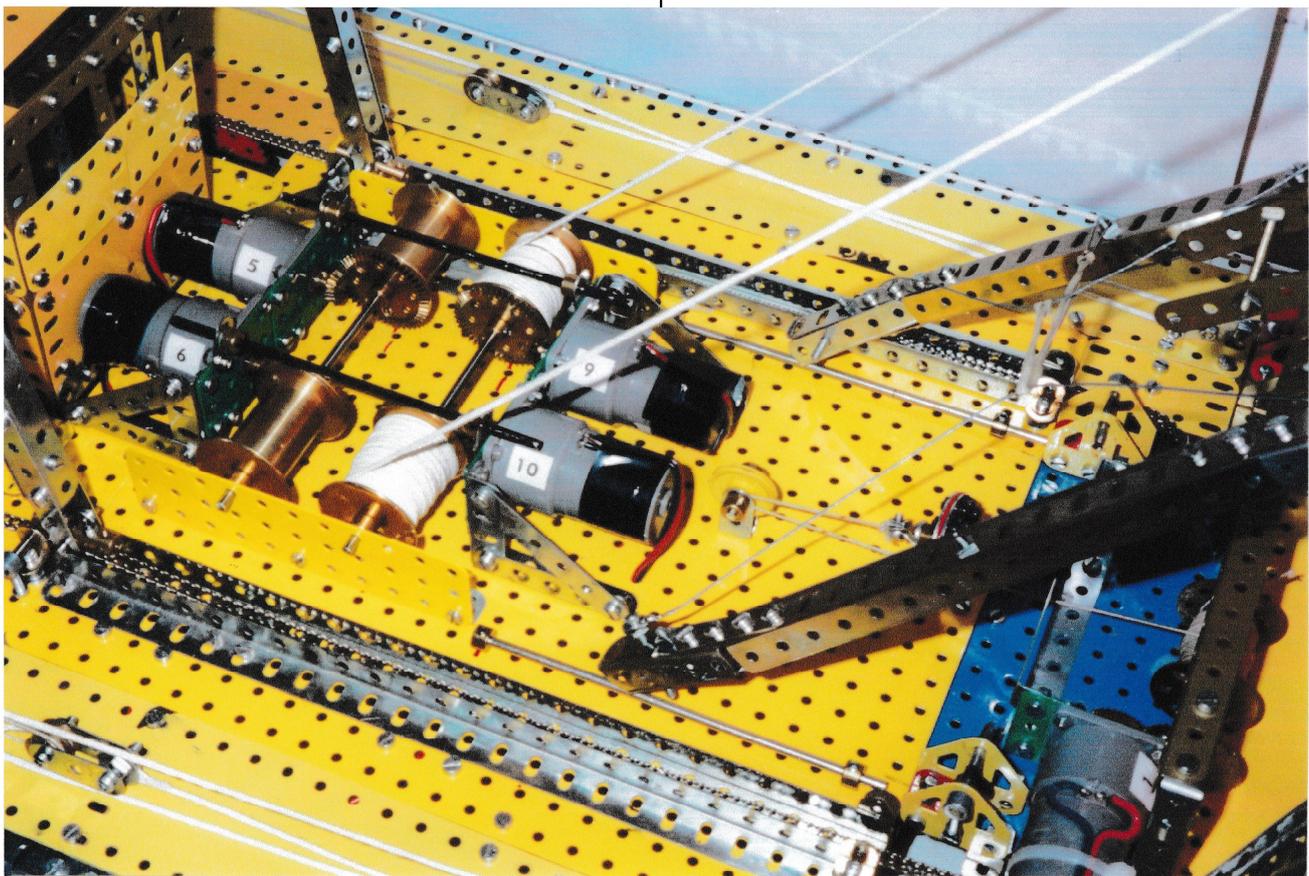
Le souci de voir notre modèle fonctionner, ralentit gravement notre jugement. Encore une fois, laissez reposer le problème et reprenez le plus tard, une fois votre cerveau purgé de ses problèmes ponctuels.

Reprenant mon modèle un an après, je me suis aperçu que :

- J'avais parfois oublié comment le faire fonctionner. Donc le principe de la « check list » rédigée à chaud, une fois le modèle terminé et testé, est à respecter.



- Je me suis demandé pourquoi j'avais choisi une solution si compliquée, alors qu'il m'apparaissait évident que j'aurai pu faire plus simple. D'où le modèle Mk2 !



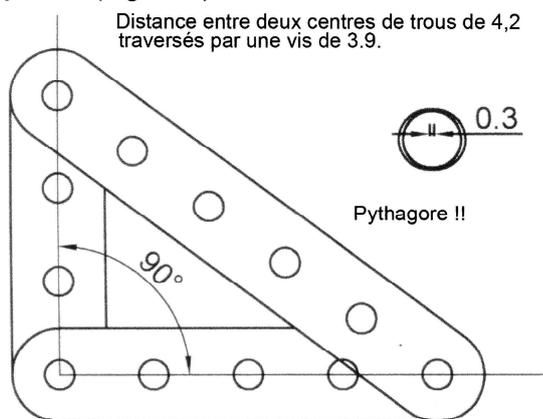
## QUATRIEME PARTIE

### REGLES DE BASE

#### 8. GEOMETRIE

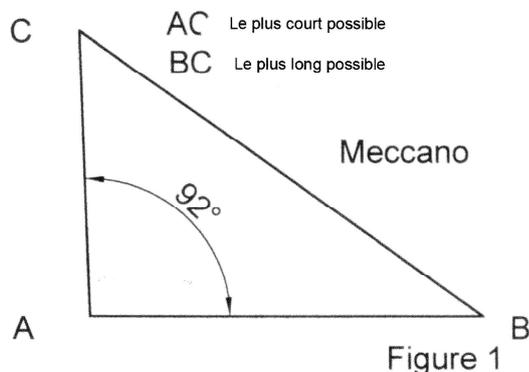
##### 8.0. Au montage.

Depuis longtemps, nous savons qu'un angle droit vaut  $90^\circ$  et qu'une ligne droite ne relie pas plusieurs points non alignés. Mais il semble que durant la réalisation de la structure du modèle, Pythagore ait moins d'importance que le serrage des boulons. L'entraînement d'une pièce par rapport à l'autre, par le serrage, donne des angles imprévus (Figure 1).



$$AC = 3 \times 12.7 - 2 \times 0.3 = 37.5$$

$$BC = 5 \times 12.7 + 2 \times 0.3 = 64.1$$



Un rectangle formé des deux bandes de cinq trous et de deux de sept trous peut très bien devenir un quadrilatère quelconque par la magie des jeux entre boulons (diamètre 3,9) et des trous Meccano (diamètre 4,2). Si la structure est géométriquement incorrecte au départ, ne vous attendez pas à un fonctionnement correct.

##### 8.1. En fonctionnement.

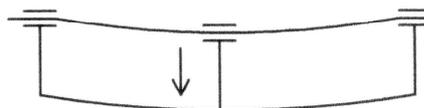
Mais il y a plus insidieux. Une structure mécanique est construite « à vide » (Figure 2).

Semble parfait



Puis on la soumet à différents efforts. Or tout effort correspond à une déformation. Donc une structure droite à la construction, deviendra courbe sous l'action des efforts supportés par le modèle.

Effort supporté par le châssis



Et pire encore, la réciproque est vraie. A toute déformation correspond un effort. C'est exactement ce que vous faites avec un moteur à ressort. Une déformation du ressort provoque un effort que vous utilisez pour faire marcher un petit modèle. Prenez une poutre horizontale en Meccano. Dans le sens de la longueur placez une tringle supportée par trois paliers bien alignés, dont l'un au milieu. Chargez la poutre au milieu. Elle va plier (effort = déformation), donc les paliers vont suivre et faire plier la tringle, si vous essayez de la faire tourner elle sera freinée par l'effort des paliers sur elle (déformation = effort).

Efforts de freinage sur l'arbre

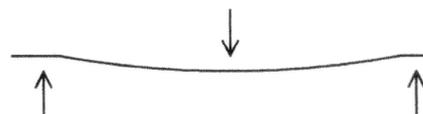


Figure 2

Votre transmission aura un mauvais rendement, et au pire sera bloquée.

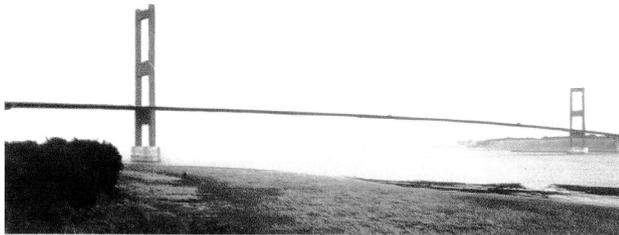
Il est important de tenir compte de cela, et lisez le chapitre 11 qui vous donnera quelques précisions à ce sujet.

Enfin la conception même de la structure la rendra plus ou moins élastique, donc déformable. De plus, ne pas croire que multiplier les pièces de renforcement va rendre la structure plus solide et indéformable. Les constructeurs de pont au moyen âge pensaient que plus le pont était lourd, par exemple en le surchargeant de maisons, plus il serait solide (Figure 3).



Les romains avaient déjà compris qu'ils devaient être légers et ne pas offrir de résistance à l'eau.

Un homme obèse n'est pas le plus résistant. Examinez bien des photos de ponts pour juger de l'amélioration due à une meilleure répartition des efforts et l'usage de matériaux nouveaux (Figure 4).



Une structure correcte doit être légère, peu déformable sous les efforts prévus, sans oublier une certaine esthétique. Il est d'usage de dire « Ce qui est beau, marche bien ».

8.2. Outillage.

Parmi les outils indispensables pour construire un modèle, citons : Règle, équerre, décimètre, pied à coulisse, niveau.

**9. FORCE, COUPLE**

9.0. Force.

Les forces appliquées sur les pièces Meccano ne posent pas trop de problèmes, sauf si elles sont trop importantes. Un levier multiplie la force appliquée et le résultat peut dépasser la résistance de la pièce. La genouillère (Figure 5)

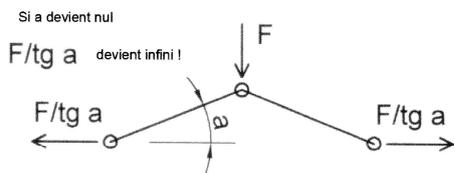


Figure 5

peut provoquer des forces considérables et plier n'importe quelle structure. De même un palan



Figure 6

(Figure 6) peut permettre de soulever une lourde charge avec un moteur de faible puissance, mais cette lourde charge va peut-être plier le support du palan. La transmission d'un effort se fait suivant une chaîne de pièces, de supports, de transmission, de moteurs. Il importe que cette chaîne soit d'égale résistance, sinon le maillon le plus faible va casser.

On peut d'ailleurs choisir ce maillon faible, de manière à préserver le reste de la chaîne. Dans une transmission, un embrayage peut glisser s'il est soumis à un effort qui risque de casser le reste. C'est alors un limiteur de couple (Figure 7). Il est tentant pour un spectateur, et surtout un enfant, de vouloir entraîner à la main une flèche de grue, une grande roue, un véhicule. Ces éléments étant souvent entraînés par une transmission non réversible, c'est la rupture assurée.

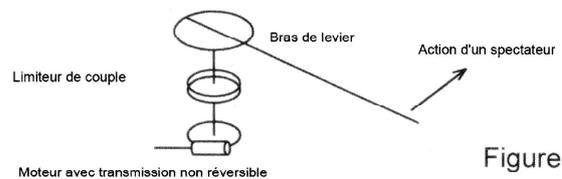


Figure 7

L'action du spectateur doit donc provoquer un glissement dans la transmission finale qui protégera la partie plus fragile.

Les forces peuvent se composer. Dans certains cas il est facile de les évaluer graphiquement. La (Figure 8) montre une pièce recevant une poussée F, transmettant cet effort à deux bielles. Les bielles reçoivent des forces F1 et F2 que vous pouvez facilement obtenir avec l'épure de la figure. Attention, il doit s'agir de bielles articulées !

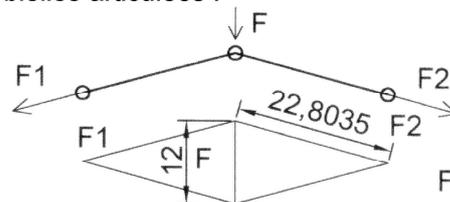


Figure 8

9.1. Couple.

Le moment d'un couple mesure en rotation, ce que la force mesure en translation. Le moment d'un couple est égal à la force F, multipliée par son bras de levier h. La (Figure 9)

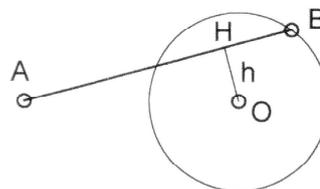


Figure 9

montre comment mesurer h. Ce n'est pas la longueur de la manivelle, mais la distance de la force à l'axe de rotation mesuré sur la perpendiculaire à la direction de la force.

Un vérin peut souvent fournir un couple, comme le piston d'un moteur fait tourner le vilebrequin. Mais si le levier en tournant fait varier le bras de levier h, c'est le cas général, le couple peut varier de 0 à un maximum. Dans deux positions (Figure 10) le couple est nul et le vérin, quel que soit sa puissance, ne peut rien faire.

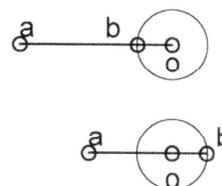


Figure 10

Dans ce cas de figure 11, il est prudent de limiter la course angulaire utile du levier à 45° de part et d'autre de la position de couple maximum. C'est-à-dire lorsque l'axe du vérin est tangent au cercle parcouru par l'articulation du levier (Figure 11).

En Meccano, la transmission d'un couple par une roue serrée sur une tringle est assez

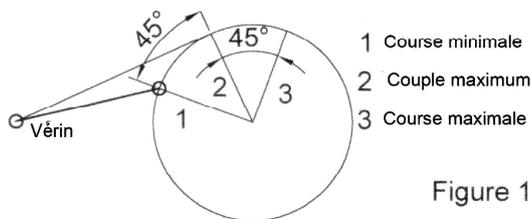


Figure 11

limitée. Si vous désirez obtenir un fort couple sur une roue (engins à chenilles), il faut penser qu'une réduction de vitesse par engrenage, chaîne ou poulie, s'accompagne d'une multiplication du couple dans le même rapport. Le couple de sortie du mécanisme est alors souvent trop important pour être transmis par une tringle. Le système le plus efficace est de fixer la dernière roue dentée directement sur la roue motrice qui sera guidée par une tringle ne transmettant pas l'effort de torsion (Figure 12).

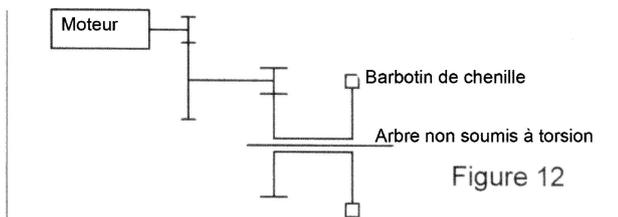


Figure 12

Il est impensable de relever la flèche d'une grue en faisant tourner son axe d'articulation. Il existe beaucoup de solutions permettant de résoudre ce problème (Figure 13).

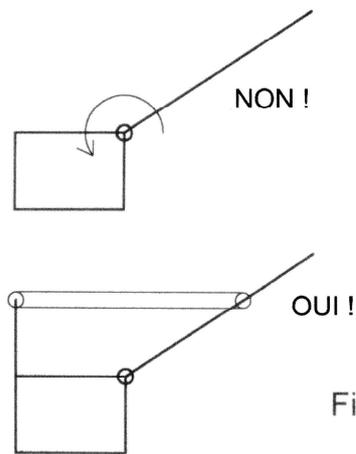


Figure 13

Pour beaucoup de pièces Meccano (manivelles, roues) le bossage risque de se séparer du reste de la pièce si vous appliquez un couple suffisant.

### 9.2. Prévision des couples et forces.

Ces calculs nécessitent une petite pratique de la mécanique théorique. Si ce n'est pas votre spécialité, demander à un ami de vous aider, ce sera plus rapide. Dans tous les clubs il y a des techniciens, ingénieurs ou spécialistes qui se feront un plaisir de résoudre votre problème, et souvent en vous expliquant comment le faire seul, la prochaine fois.

## CINQUIEME PARTIE

## THEORIE 1



## 10. RESISTANCE DES MATERIAUX.

10.0. But de cette matière théorique.

Elle permet d'analyser comment des forces ou moments, appliqués sur une pièce, la déforme et lui font subir une contrainte qui risque de la briser. Appliquée à un ensemble (structure d'un pont), elle permet de rationaliser les formes et de construire à la fois plus léger et résistant. Ci-dessous, nous ne ferons pas un cours, mais donnerons des principes d'application.

La loi de base (Hooke) précise que toute déformation se traduit par une contrainte, c'est-à-dire un effort par  $\text{mm}^2$  de la pièce. Toute action, force ou moment de couple, se traduisant par une contrainte, provoque une déformation (Figure 1). Si la contrainte augmente trop, la pièce commence par plier d'une manière non réversible, puis casse.

10.1. La partie la plus simple de la résistance des matériaux s'applique aux poutres.

C'est-à-dire à une cornière, une bande ou une tringle Meccano. Nous considérerons la section droite de cette poutre, pour une tringle ce sera le petit cercle, pour une bande un petit rectangle. Nous observons la direction de la force par rapport à cette section, puis la position de l'axe de rotation du couple dans les cas suivants.

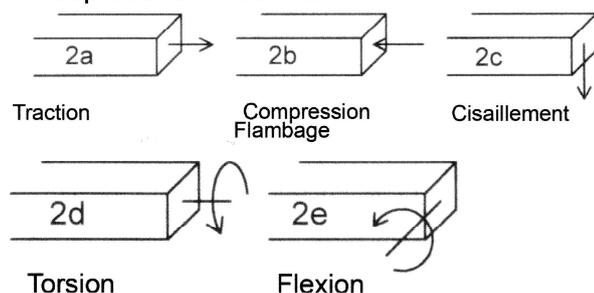


Figure 2

- (Figure 12a) La force est perpendiculaire à la section droite et tend à allonger la pièce = traction.
- (Figure 12b) La force est encore perpendiculaire à la section droite, mais tend à raccourcir la pièce = flambage.
- (Figure 12c) La force est dans le plan de section droite = cisaillement (ciseaux).
- (Figure 12d) Le couple fait tourner la pièce suivant un axe perpendiculaire à la section droite = torsion.

- (Figure 12e) Le couple a son axe dans le plan de section droite et plie la pièce = flexion.

10.2. Types de sollicitations.

La traction ne pose pratiquement aucun problème en Meccano, une simple bande pouvant supporter une centaine de kilos.

Le flambage pose de graves problèmes car la pièce va céder brutalement en se pliant autour de son axe de résistance le plus faible. La longueur de la poutre intervient avec un facteur très aggravant. Pour de courtes longueurs, on peut encore utiliser un empilage de bandes, mais au delà il faut prévoir des cornières. Pour les grandes longueurs, il faut prévoir des structures tubulaires ou des cornières assemblées en section carrée.

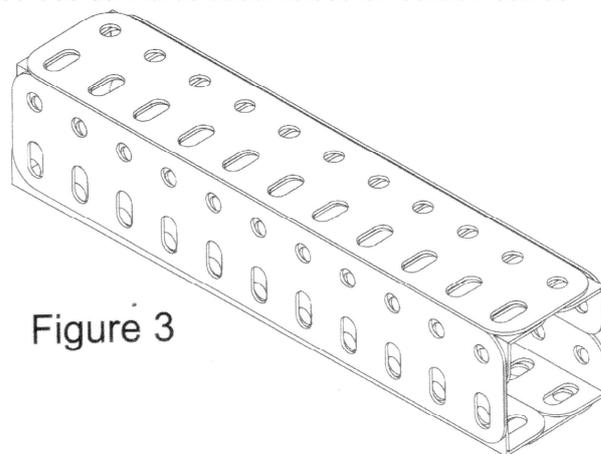


Figure 3

La torsion (Figure 3) est bien supportée par des sections tubulaires rondes ou carrées, mais toujours fermées. La tringle Meccano est suffisante pour les torsions ordinaires. Avec elles, le problème est dans l'entraînement de la tringle, le serrage d'un moyeu par vis sur la tringle étant assez moyen.

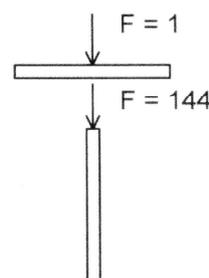


Figure 4

La flexion simple, une force située dans le plan de symétrie de la poutre (Figure 4) est bien supportée par des poutres dont la grande dimension est dans le sens de la force. Une bande à plat ne supporte pas de charge verticale. Maintenu avec sa grande largeur verticale, elle supportera cent fois plus. Pour de grandes portées et des charges importantes, il faut des poutres en treillis dont vous trouverez de multiples exemples dans les modèles Meccano classiques.

10.3. Conseils.

Lors de la conception d'une structure importante le bon constructeur veillera surtout à faire travailler les pièces de la manière la plus rationnelle. On essaiera toujours d'utiliser la traction, en réservant le flambage pour les pièces plus courtes et moins chargées. Les figures 5

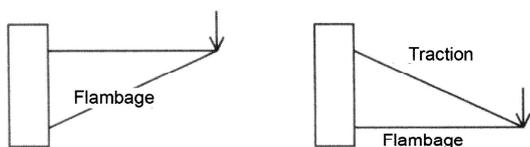
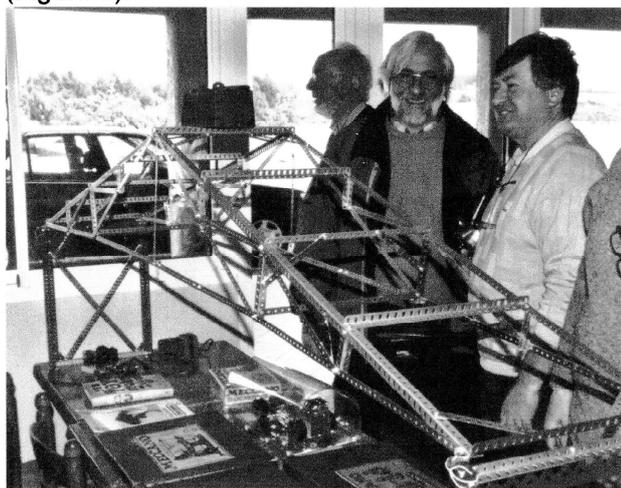


Figure 5

montrent le cas 1 avec la pièce longue, la plus chargée soumise au flambage. Le cas 2 fait travailler au flambage la pièce la plus courte et la moins chargée. Il existe des dessins classiques de structure qui utilisent ce raisonnement. La « ferme de Polonceau » permet en Meccano d'obtenir une portée entre poteaux de 2,5 m avec seulement des cornières de section simple, et pour les tirants des bandes étroites, des tringles, ou même un simple câble. Le tout, pour un poids réduit, supporte une charge de cinq kilos au centre de chaque ferme (Figure 6).



Pour les poutres soumises au flambage, une simple articulation aux extrémités est le cas le plus défavorable (Figure 7a).

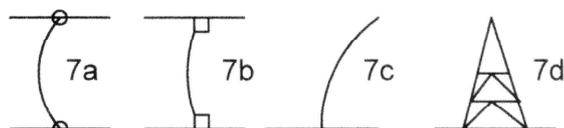
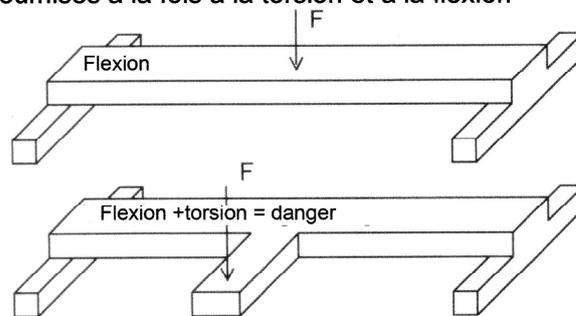


Figure 7

Pour une poutre soigneusement encadrée la résistance peut être largement multipliée (Figure 7b). Un poteau reste le plus difficile à rendre rigide (Figure 7b), d'où la nécessité de prévoir une forme du genre « Tour Eiffel » pour de grandes hauteurs (Figure 7d).

Enfin dans de nombreux cas, les poutres sont soumises à la fois à la torsion et à la flexion



(Figure 4). Les déformations seront considérables et il vaut mieux essayer de ne pas se placer dans ces conditions. Un bon exemple est celui d'un mètre à ruban d'acier. Sa courbure lui permet de rester droit. Mais si on le déroule suffisamment, le phénomène de torsion flambage apparaît et il s'écroule brutalement. Ce fut le cas de célèbres ponts dans les années 70.

**11. DEGRES DE LIBERTE.**

11.0. Définition.

Une pièce totalement libre dans l'espace (Difficile à réaliser) possède la qualité de se déplacer en translation suivant les trois axes xyz. Elle peut aussi tourner autour des axes ox, oy et oz.

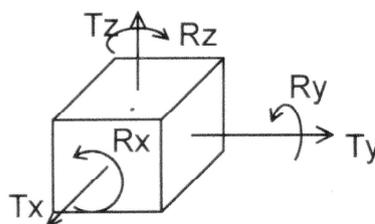


Figure 8

On dit qu'elle a six degrés de liberté. En enfilant une tringle d'axe ox dans une bande coudée fixe (Figure 9), on remarque qu'elle a perdu les

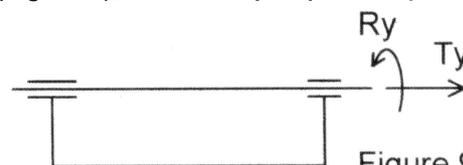


Figure 9

libertés de translation oy et oz, et les libertés en rotation oy et oz. On dit alors qu'elle n'a que 2 degrés de liberté, ou qu'elle a perdu 4 degrés. Tout contact d'une pièce avec une autre fixe, lui fait perdre un certain nombre de degrés de liberté.

Cette étude est primordiale pour l'étude des mécanismes surtout dans l'espace. Le non-respect de ses résultats peut provoquer des problèmes inattendus pour un Meccanoman sans grande expérience. La figure (Figure 10, mauvais) montre une flèche de grue relevée par un système vis écrou articulé sur la flèche mais fixe sur la tour.

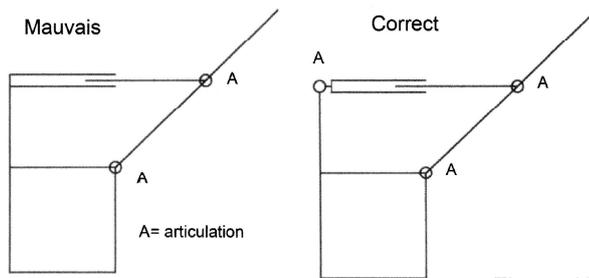


Figure 10

La mise en marche provoque le pliage de la vis. Il suffit pour éviter cet incident, de placer une autre articulation au point fixe de la vis (Figure 10, Correct). D'une manière générale un vérin doit toujours être fixé par des articulations à ses deux extrémités.

11.1. Cas de la droite.

Nous observerons qu'une droite est définie par deux points AB et deux seulement. On me répond souvent « Mais, nous prenons soin de bien aligner les trois ou quatre points d'appui à l'aide d'un tringle bien droite ». Faux ! Une fois en place, les supports « Bien » alignés vont subir des déplacements dus aux déformations sous effort. Ces efforts proviennent du poids des pièces, des efforts moteur, de la dilatation, des efforts imprévus durant le transport provoquant glissement et pliage, etc. Nous en concluons donc que trois points ne sont jamais alignés, ou ne le restent pas longtemps. D'où la règle absolue : Une tringle, ne doit être guidée que par deux points (Figure 11).

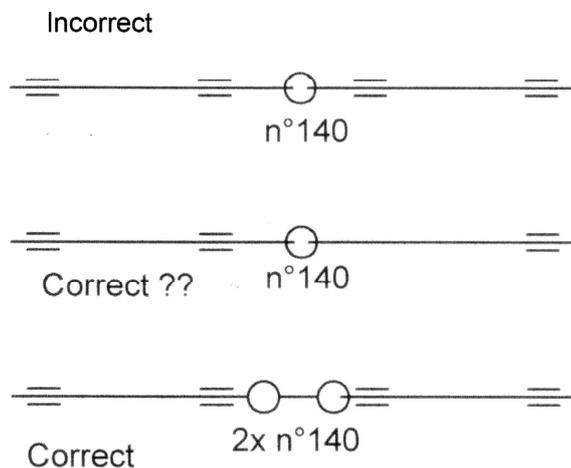


Figure 11

Si elle doit être longue, il faut la diviser en plusieurs tronçons, chacun guidé en deux points.

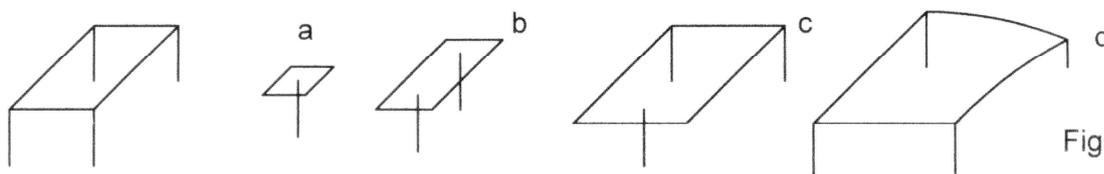


Figure 12

Si pour relier deux tringles vous utilisez un joint de cardan (pièce n°140), celui-ci compte pour un point. La tringle conduite ne devra donc être guidée que par un seul autre point. Le problème supplémentaire en Meccano est que cette pièce 140 ne tourne jamais rond, donc n'est pas un point mais un cercle de guidage et que la tringle a un mouvement conique. Les deux tringles étant presque alignées, il faut préférer deux fois deux points de guidage et un système de transmission autorisant une certaine liberté, comme par exemple deux roues barilletés reliées par une cheville filetée.

Si vous avez trois points d'appui, celui du milieu appuiera sur la tringle en la déformant, donc subira un effort. Cet effort provoquera du frottement qui réduira le rendement du mécanisme. De perte en perte, le système deviendra peu performant ou risque de se bloquer.

11.2. Cas de l'appui plan.

Un autre cas fréquent en Meccano est l'appui d'un modèle sur un plan. Tout le monde a observé une chaise ou une table branlante. Raisonons (Figure 12). Une pièce ayant un point d'appui sur un plan tombera de tous les cotés (Figure 12a). Avec deux points, elle tombera en tournant autour de ses deux points d'appui, comme une bicyclette à l'arrêt (Figure 12b). Trois points lui assureront un équilibre stable (Figure 12c). Avec quatre points elle sera branlante. Objection direz-vous ! Si les quatre points sont sur un plan, c'est possible. Pas du tout ! D'abord avez-vous vu un plan parfait autour de vous ? Si le plan est imparfait, la chaise peut porter sur quatre points. Il suffit d'y asseoir une personne suffisamment lourde dessus (Figure 12d). La charge provoquera une déformation assurant les quatre contacts. Règle absolue : Un appui plan doit se limiter à trois points. Si vous avez absolument besoin de quatre points, le quatrième devra être réglable. Un véhicule pourra porter sur quatre ou de nombreuses roues. Mais, sous peine de voir le châssis se déformer, les roues devront être montées sur des systèmes élastiques. Mais même avec cette précaution, il faudra penser que ces systèmes élastiques exerceront des efforts sur le châssis qu'il faudra prévoir suffisamment solide pour y résister.

En conclusion, trop de contrainte de guidage n'apporte pas de solidité, mais des problèmes de fonctionnement ou des blocages. Encore une fois le mieux est l'ennemi du bien.

## SIXIEME PARTIE

## THEORIE 2

## 12. FROTTEMENT, ADHERENCE.

## 12.0. Frottement.

Le frottement est le phénomène existant entre les surfaces de deux corps en mouvement, qui sont serrées entre elles (Figure 1).

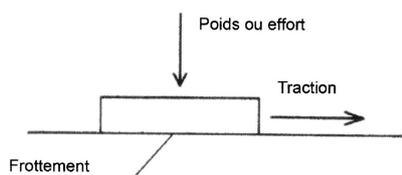


Figure 1

L'adhérence est le même phénomène entre deux surfaces fixes. Nous ne parlerons que du frottement, l'adhérence qui précède la mise en mouvement des pièces est supérieure au frottement, ce qui explique que pour pousser une caisse sur le sol, il faut pousser plus fort au départ qu'en mouvement. Beaucoup plus grave est que l'adhérence des pneus de votre automobile sur la route diminue dans une belle proportion lorsqu'il se met à glisser (frottement). Le système ABS prévient cette perte très grave sur la route.

Le frottement s'oppose systématiquement au mouvement (Figure 2).

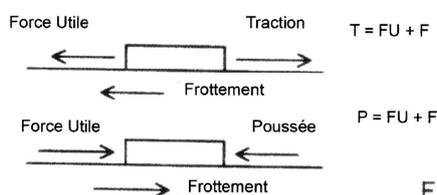


Figure 2

Votre effort sera donc toujours supérieur à son résultat. Le rapport de ce que vous pouvez utiliser, à ce que vous fournissez est le rendement. Celui-ci est toujours inférieur à 1 et s'exprime souvent en %. Quoique vous fassiez, vous perdrez toujours une partie de votre effort. Il y a pire. Un couple pignon roue dentée subit du frottement entre les dents et dans les paliers supportant ce couple. En première approximation vous perdrez 5% de votre puissance. Si un deuxième couple est utilisé après le premier, vous perdrez encore 5% de ce qui vous reste. Donc vous voilà avec 100% au moteur, 95% à la sortie de la première réduction et un peu plus de 90% à la deuxième. Encore ne faut-il pas utiliser une vis sans fin qui d'un seul coup vous enlèvera 50% de votre puissance. Beaucoup de meccanomen ont comme principe « jamais de vis sans fin ! ».

Cela justifie mon principe, la meilleure transmission est celle qui n'existe pas. Au moins réduisez la au strict minimum.

On peut faire varier le frottement de diverses manières, mais elles sont peu utilisables avec les pièces standard Meccano. La seule réellement utilisable est la lubrification. C'est un énorme chapitre de la technologie des machines. Pour un meccanoman voici deux conseils.

- Tester vos mécanismes sans les lubrifier, pour vérifier la douceur du mouvement.
- Une fois le mécanisme bien au point, le lubrifier à l'huile pour une rotation rapide ou moyenne, à la graisse pour les mécanismes lents, les engrenages et les translations.

Il y a une exception de taille. Interdiction absolue de graisser les horloges, pendules et autres montres. La présence d'huile freine le mouvement, beaucoup moins qu'elle ne fait gagner en rendement, les mouvements d'horlogerie travaillant avec des couples extrêmement réduits qui peuvent être annulés par le « collage » de l'huile.

## 12.1. Adhérence.

L'adhérence suit les mêmes règles. Elle précède le frottement au moment de la mise en route, donc prévoir une puissance de démarrage plus importante qu'en cours de mouvement. 10% est une bonne moyenne.

Mais l'adhérence est aussi utilisée pour interdire le mouvement dans le cas des freins. Dans ce cas, on peut utiliser des matières donnant une adhérence plus importante. Acier sur acier glisse mieux qu'acier sur caoutchouc ou corde. Donc un patin en caoutchouc sera un meilleur frein qu'une bande.

Evidemment, pour un frein, le graissage est interdit (En Meccano).

Un cas très particulier est le frottement d'une corde sur une poulie (Figure 3).

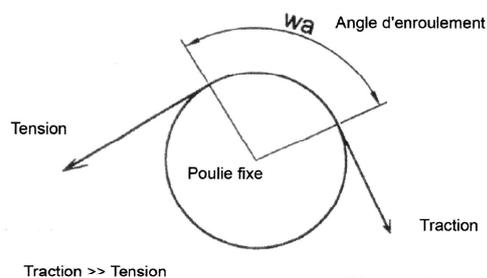


Figure 3

Cela s'appelle le frottement exponentiel. L'angle d'enroulement de la corde sur la poulie influe énormément. Doubler cet angle élève au carré le moment du couple de freinage, et un triplement l'élève au cube.

Si vous voulez entraîner une corde par une poulie ou un tambour auxquels elle n'est pas fixée, il faut prévoir un enroulement important, d'au moins un tour (Figure 4a).

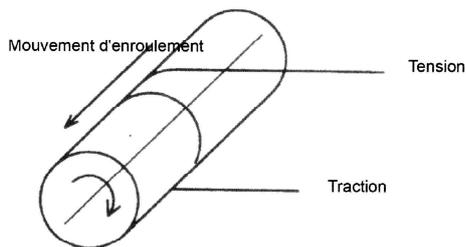


Figure 4a

Des systèmes classiques permettent d'augmenter cet angle (Figure 4c).

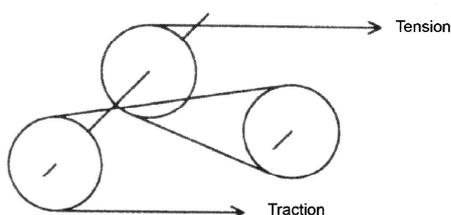


Figure 4c

Notez que si vous enroulez une corde de quelques tours sur un tambour, ces tours vont « avancer » lorsque le tambour tournera, au risque de sortir en franchissant ses bords. Dans ce cas, pensez à la forme des tambours de cabestan obligeant la corde à se maintenir au centre du tambour (Figure 4b).

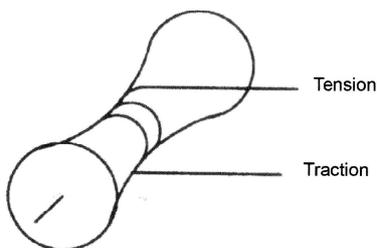


Figure 4b

### 13. CHAÎNE CINÉMATIQUE.

#### 13.0. Maillons de la chaîne.

On désigne par chaîne, la suite des mécanismes compris entre la sortie de l'arbre moteur et le point où la force est utilisée. Pour des raisons de rendement, elle devra être minimale car chaque élément diminuera la puissance utilisable à la sortie du moteur.

Mais il est évident que dans une majorité de cas il est impossible de s'en passer.

La première règle est que tous les maillons doivent, non pas avoir la même résistance, mais la même limite de résistance

(Figure 5). Sinon le maillon le plus faible va céder.

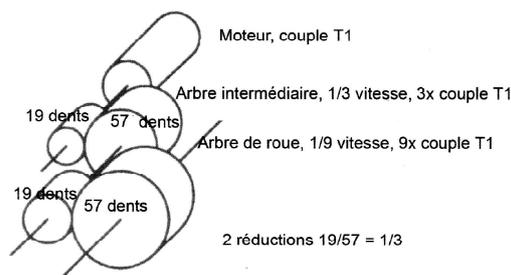


Figure 5

Pourquoi pas tous la même résistance ? Parce que vous transmettez une puissance. Une puissance est un effort multiplié par une vitesse. Vous ne pouvez pas augmenter la puissance du moteur (Sauf à changer le moteur, ou le modifier). Si vous réduisez la vitesse d'un rapport 1 à 2, vous augmentez l'effort (Force ou couple) dans le rapport 2 à 1. Au rendement près évidemment. Donc si le long de la chaîne vous réduisez plusieurs fois la vitesse, les efforts augmentent dans la même proportion. Les maillons successifs devront donc être de plus en plus solides dans le même rapport. Le pire arrive à la sortie, ou il faudra prévoir des structures et entraînement en rotation particulièrement robustes.

#### 13.1. Cas des leviers.

Lorsque l'effort est transmis par des leviers, le calcul est loin d'être aussi simple. Le cas le plus évident est le système bielle manivelle, dans lequel une force donnée se transforme en un couple variant de zéro à un maximum (Figure 6).

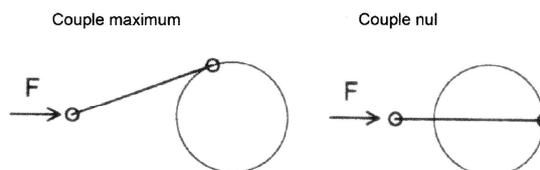


Figure 6

Il n'est pas possible ici d'analyser tous les cas possible, car les systèmes sont infiniment variés. Essayez plutôt de trouver un camarade capable de résoudre votre problème théorique.

#### 13.2. Mouvements de la partie réceptrice.

Si le moteur est fixe et la partie réceptrice (roue d'une voiture) mobile par rapport au châssis, il faut prévoir une partie de la chaîne capable de permettre cette mobilité. Pour cela une roue de véhicule, doit être relié au moteur par un arbre intermédiaire muni de joints de cardans ou autres (Figure 7).

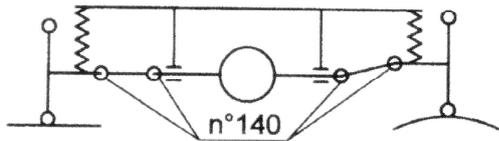


Figure 7

Cela peut apporter une composante plus complexe dans la chaîne.

### 13.3. Nombre de moteurs.

Sauf dans le cas d'un modèle reproduisant un mécanisme que l'on désire suivre (grue à vapeur du XIX<sup>e</sup> siècle), il est infiniment plus simple de prévoir un moteur par fonction, et de placer ce moteur le plus près possible de la partie réceptrice finale. La liaison électrique sera toujours plus souple qu'une liaison mécanique. Disons plutôt qu'il faut envisager toutes les positions possibles du moteur pour arriver à celle qui posera, au total, le moins de problèmes.

### 13.4. Réalisation des maillons.

Les maillons importants sont constitués par :

- Une série d'engrenages. Le rapport des vitesses est bien défini, la distance entre les arbres moteurs est relativement petite pour un couple de roues dentées, l'effort transmis est important à l'échelle Meccano. Parmi les répliques trouvables, les systèmes à tringle de gros diamètre sont très utiles pour le dernier étage de réduction transmettant l'effort maximum.

- Des chaînes avec leurs roues. Le rapport des vitesses est bien défini, la distance entre les arbres moteurs peut être importante, l'effort transmis est moyen. Il est souvent utile de prévoir une roue de tension pour la chaîne (Figure 8).

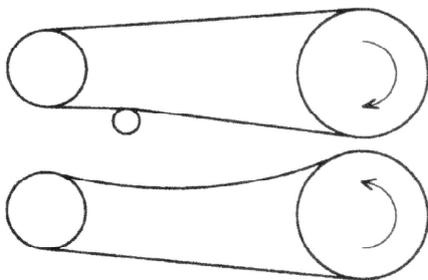


Figure 8

Le plan de la chaîne doit être vertical sous peine de déraillement. Le sens de rotation préférentiel doit enrouler au maximum la chaîne sur ses roues, le brin mou étant à la partie supérieure. Un manque de tension, ou un angle

d'enroulement sur la roue trop faible, peut causer des sauts par-dessus les dents des roues.

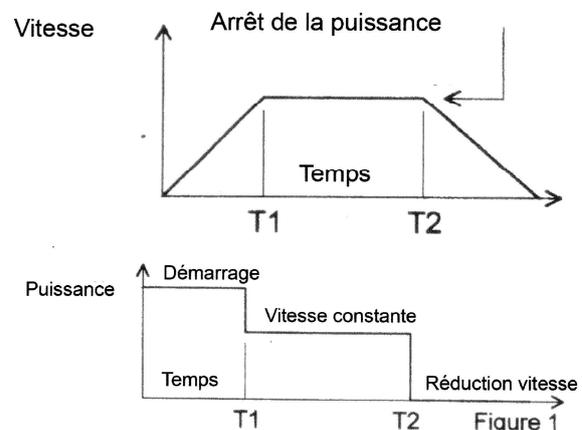
- Des poulies et courroies. Le fonctionnement est souple et silencieux. En cas de surcharge, la courroie glisse et protège le mécanisme. L'effort transmis est assez faible. Il est nécessaire de tendre la courroie, ce qui charge les paliers de guidage, d'où perte de rendement et usure. L'angle d'enroulement de la courroie sur la poulie doit être suffisant, de l'ordre de 180°. Un câble, ou une corde, peut remplacer la courroie pour de grandes distances par exemple dans les modèles de funiculaires.

Parmi les sous maillons, il faut citer les moyeux et les pièces sur lesquels ils sont rivés. En cas de forte charge, on voit souvent les moyeux se desserrer. Parfois, il est utile de doubler la roue dentée fixée sur la tringle pour bénéficier d'un double moyeu. La chaîne elle-même, soumise à un effort anormal, s'allonge en diminuant de largeur, causant des problèmes d'enroulement.

## 14. INERTIE, EQUILIBRAGE.

### 14.0. Inertie.

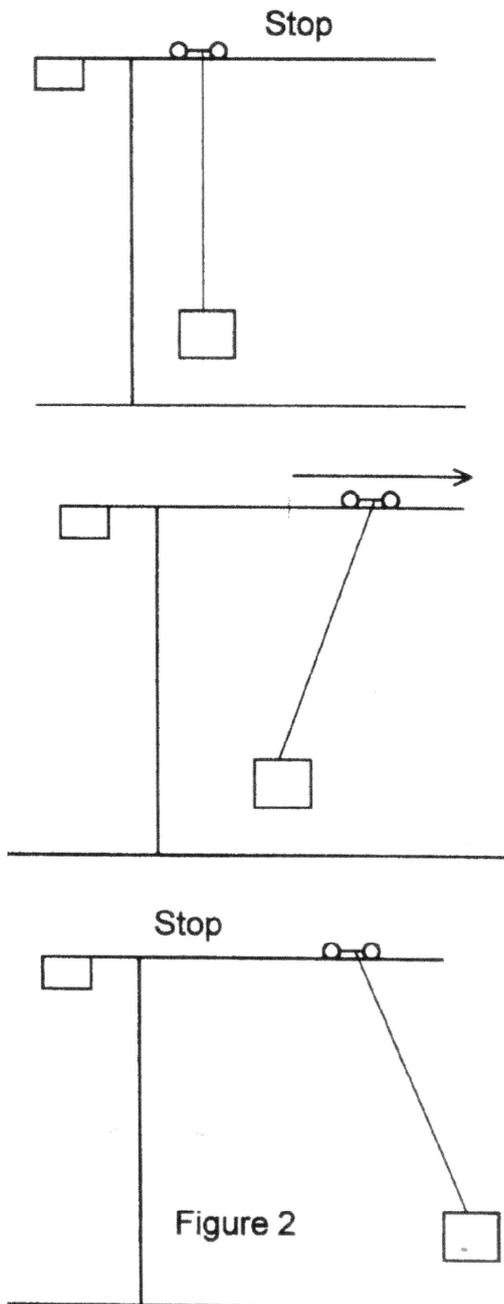
L'inertie s'oppose à toute variation de vitesse, c'est-à-dire à toute accélération de démarrage et de freinage. Elle augmente la puissance nécessaire au démarrage et allonge le déplacement après arrêt du moteur (Figure 1).



En Meccano, les accélérations sont souvent trop modestes pour causer des problèmes et la précision des arrêts rarement importante.

Mais un arrêt par contacteur de fin de course peut être affecté par l'inertie et des essais sont nécessaires pour le positionnement exact des contacteurs si le dépassement même léger de la fin de course peut provoquer un incident grave. Une petite idée pour réduire la course supplémentaire est de court-circuiter les bornes du moteur électrique lorsque l'alimentation cesse. Le moteur devient alors dynamo et devient frein.

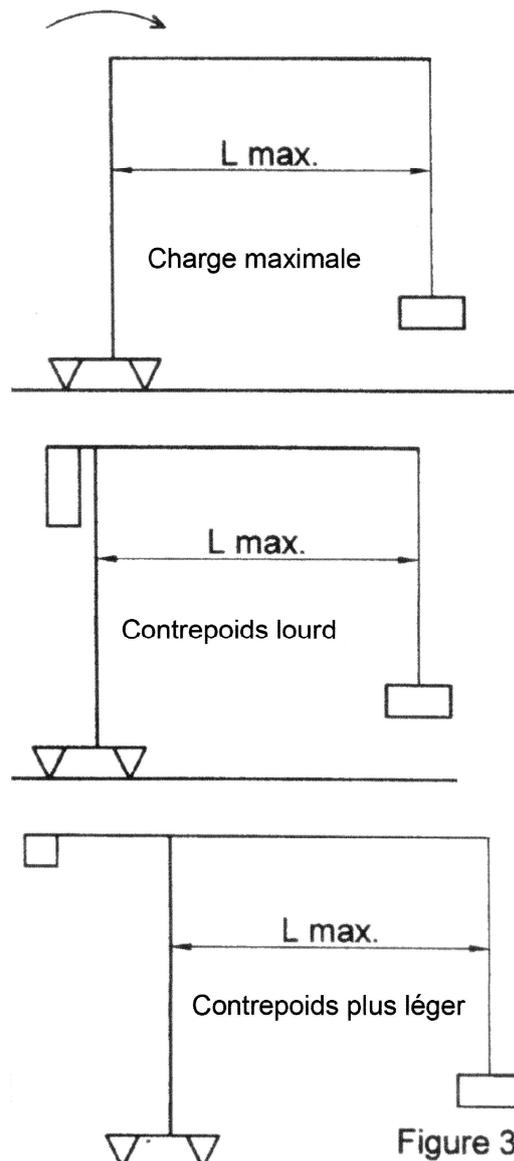
L'effet d'inertie est très visible avec les charges suspendues, comme dans les grues de hauteur importante. L'arrêt du chariot laisse la charge continuer par inertie, et celle-ci va se mettre à osciller comme un pendule (Figure 2).



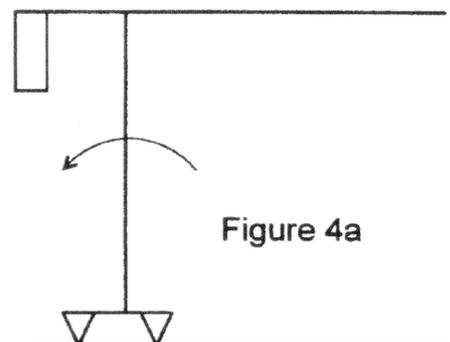
Il existe des solutions industrielles à ce problème, mais difficiles à transposer en Meccano.

14.1. Equilibrage statique.

Son étude, pratique ou théorique, est indispensable pour la stabilité des modèles. Pour les grues, le levage de la charge maximale, placée à une distance maximale de l'appui au sol, ne doit pas faire basculer la grue vers la charge (Figure 3). On placera donc le contrepoids à l'opposé. Plus la distance du contrepoids à l'appui au sol sera grande, plus il



pourra être léger. Une fois le plus léger contrepoids possible mis en place, il faut enlever la charge, ramener le chariot vers le centre et vérifiez que la grue ne bascule pas en arrière (Figure 4a).



Si elle bascule, vous avez deux solutions. La première est de réduire la charge maximale, ou le contrepoids (Figure 4b)

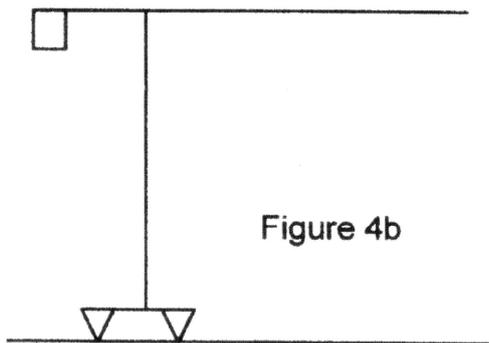


Figure 4b

ou la distance entre appuis (Figure 4c).

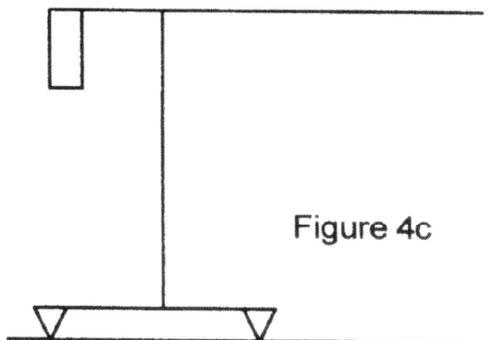
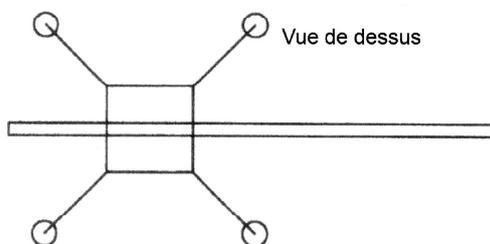


Figure 4c

La seconde, qui sauvegarde les capacités de la grue, est d'agrandir la surface de sustentation de la grue au sol. Observez, dans la réalité, comment les grues, de faible encombrement au sol, augmentent la surface de sustentation par des bras portant des vérins à leur extrémité (Figure 5).



Vue de dessus

Figure 5

Il faut aussi penser que la grue doit être stable au sol, mais aussi que la flèche doit être stable sur sa couronne d'appui (Figure 6). En général la flèche repose sur sa couronne d'appui par son poids et une traction vers le haut la soulève. Mais nous pouvons augmenter considérablement la stabilité flèche – tour en rendant l'appui bilatéral, c'est-à-dire que système supporte une charge de haut en bas, mais aussi de bas en haut (Figure 7). Rendre cette liaison bilatérale est parfois délicate. L'idéal est une couronne importante pour le bas et une plus petite vers le haut. L'arbre de guidage en rotation est, dans ces cas, fortement sollicité. Il est difficile de lui faire transmettre un mouvement de rotation pour la commande éventuelle de la translation de

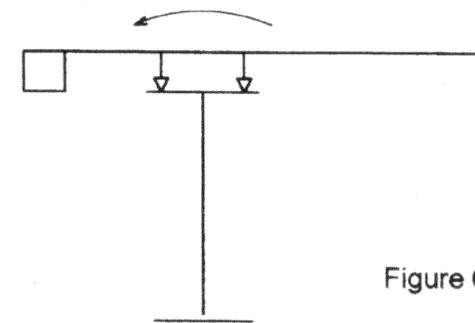


Figure 6

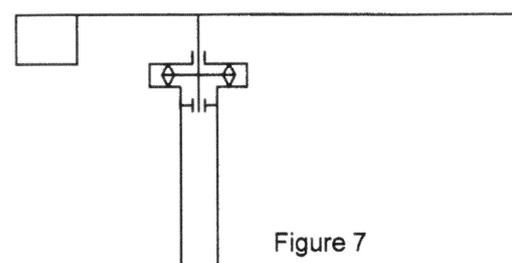


Figure 7

l'ensemble. Une bonne idée est d'utiliser un arbre de guidage « gros module » trouvable parmi les répliques, et pouvant être traversé par une tringle Meccano ordinaire qui ne sera sollicitée qu'en torsion, sans être pliée, ce qui empêcherait le mouvement (Figure 8).

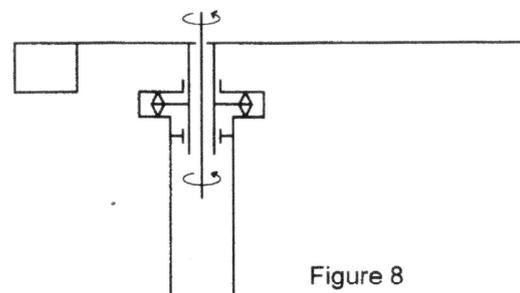


Figure 8

Pour des robots, ou autres modèles comportant des « bras », un équilibrage soigné diminuera dans une grande proportion les efforts nécessaires pour les mouvements. Il suffit de débrancher le mécanisme de commande et de rendre la structure et son mécanisme en équilibre indifférent, c'est-à-dire sans tendance au basculement.

Si le contrepoids a un mouvement différent de celui de la flèche de la grue, ou du tablier du pont, les essais doivent se faire dans les positions extrêmes (Figure 9).

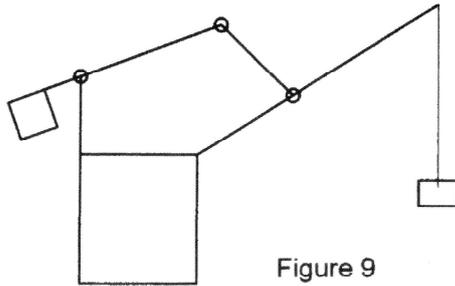


Figure 9

#### 14.2. Equilibrage dynamique.

Il est rarement utile en Meccano, les charges et vitesses nous laissant en dehors des plages de résonance et de vitesses critiques. Si jamais le modèle se met à vibrer en plein régime, il est difficile de réaliser un équilibrage dynamique comme celui des pneus de voiture, par contre, le changement des points de guidage des arbres rapides, peut apporter une solution. Evitez aussi de placer un volant lourd au milieu d'une tringle entre ses appuis (Figure 10).

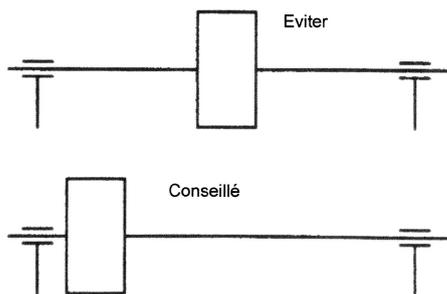


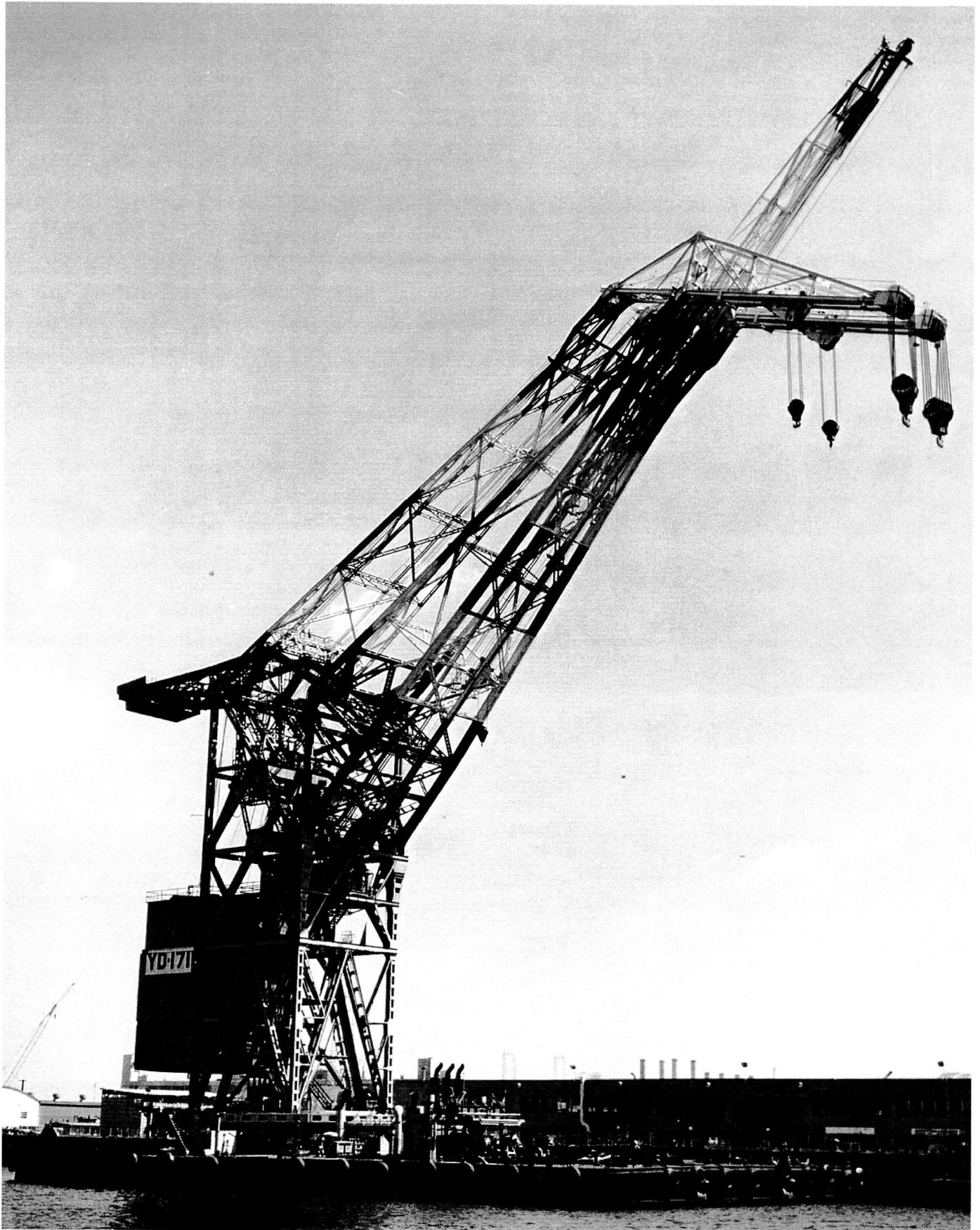
Fig.10

Tous ces conseils sont bien beaux, mais ne remplacent pas votre expérience. Essayez, essayez encore et vous finirez par obtenir de beaux modèles bien conçus et fonctionnant à la grande admiration de vos amis sans vous obliger à les réparer au milieu d'une exposition.

Si un chapitre vous intéresse vraiment, retournez à l'école. Dans tous les cas vous avez des livres scolaires qui vous donneront toutes les explications, que je ne vous ai pas donné pour faire simple et rapide. Documentation, essais et se faire aider par un « Spanner » sont les maîtres mots pour vous faire avancer dans la technique du Meccano et vous apporter un maximum de plaisir en construisant.

Bon modélisme.

Willy DEWULF



Allez-y. C'est devenu un modèle classique !