
Maquettage Numérique

RAPPORT DE PROJET : CRÉATION D'UNE LIAISON AU SOL
AUTOMATIQUE

Arthur PERDEREAU
Guillaume TOUZÉ

16 juillet 2019

Table des matières

1	Introduction et objectifs	2
2	Données d'entrée	3
3	Génération du filaire à partir d'une table de paramétrage	4
3.1	Lecture de la table de paramétrage	4
3.2	Création du filaire	4
4	Mise en place du Catalogue de pièces	5
4.1	Création du catalogue	5
4.2	Structure du catalogue	5
4.2.1	A_Arms - Triangles	5
4.2.2	Uprights - Porte moyeu	6
4.2.3	Rods - Tubes	6
4.2.4	Rockers - Basculeurs	7
4.2.5	Wheels - Roues	7
4.3	Difficultés rencontrées	7
5	Création de l'assemblage	8
6	Animation de l'assemblage sous Kinematics	9
7	Animation du mécanisme et récupération des mesures par une macro	10
8	Conclusion	11

1 Introduction et objectifs

Nous sommes deux membres de l'Écurie Piston Sport Auto (EPSA) et dans le cadre de notre projet nous devons réaliser la liaison au sol du véhicule. La conception peut se décomposer en deux principales phases : la détermination sous un logiciel spécialisé des différentes coordonnées de points caractéristiques puis la réalisation et l'assemblage sous CATIA des pièces correspondant à ces points. Le résultat complet avec toutes les pièces est présenté en figure 1 :

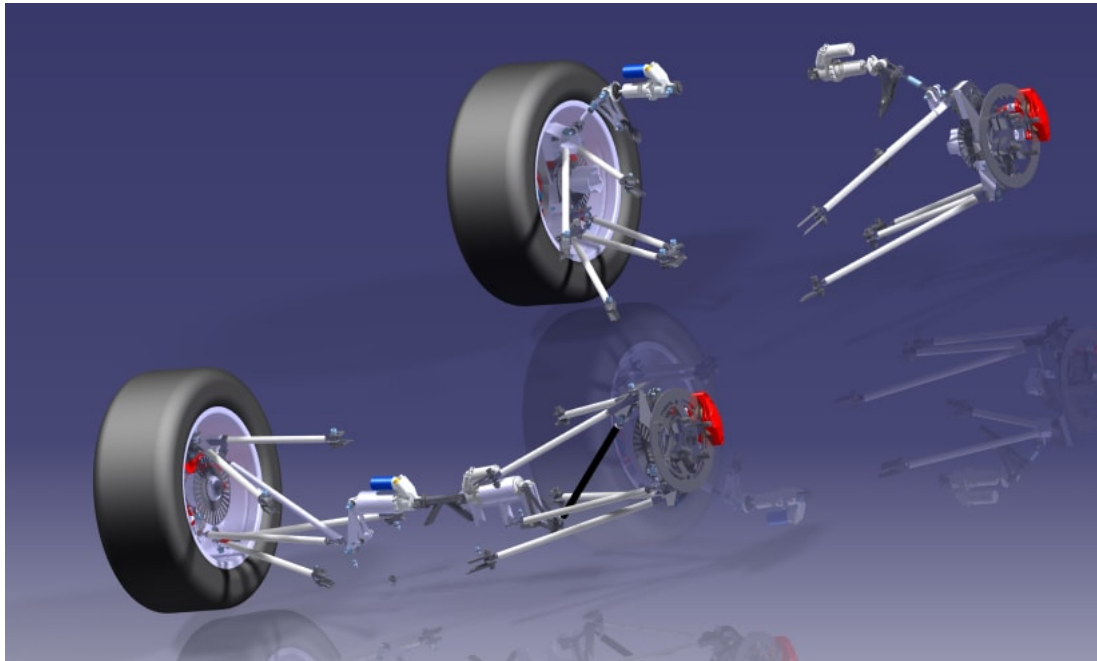


FIGURE 1 – Liaison au sol finale du véhicule 2018.

Le passage entre les deux phases est très chronophage, sujet à de nombreuses erreurs et très difficile à modifier une fois qu'il est fini. Il est de plus difficile de vérifier correctement les différents paramètres cinématiques qui ont été déterminés lors de la première phase, pouvant de nouveau laisser des erreurs se glisser dans l'assemblage CATIA.

L'objectif de ce projet de PLM est d'automatiser le passage entre les deux phases et d'animer le mécanisme sous CATIA pour en ressortir des paramètres cinématiques. Cela permettra de gagner du temps et de réduire les erreurs lors de la conception des prochains véhicules.

Toutes les pièces présentes en figure 1 ne seront pas générées automatiquement car trop complexes. Dans le cadre de ce projet nous nous limiterons aux suspensions, aux triangles, aux biellettes de suspension, direction et pince et aux basculeurs. Pour permettre la rotation des roues avant, la direction avec le volant sera également ajoutée ce qui permettra d'avoir le mécanisme complet.

2 Données d'entrée

Le logiciel d'étude cinématique de la liaison au sol permet d'accéder aux coordonnées des différents points la caractérisant à travers un fichier Excel. Néanmoins la disposition de ces points ne leur permet pas d'être traités facilement et d'autres paramètres doivent être ajoutés pour générer toutes les pièces.

Pour palier à ce problème il a été décidé de conserver un onglet où les données du logiciel de simulation seraient mises brut et où les autres paramètres sont facilement accessible et modifiable. De nouveaux onglets avec la structure appropriée et renvoyant à la page principale sont créés, permettant d'être exploité par CATIA.

Le fichier Excel comportant les différentes données est le fichier : "LAS_auto.xls". L'onglet comportant les données brut est intitulé "Lotus" et est le seul onglet qui a vocation à être directement modifié. Tous les autres onglets sont générés quasi-entièrement en prenant des valeurs dans l'onglet "Lotus".

L'onglet "Lotus" peut être séparé en 4 principales parties :

- "Rear" : Dans cette section il y a tous les points définissant les suspensions et triangles arrières.
- "Front" : Cette section est similaire à "Rear" mais elle définit les points avant.
- "Steering System" : il y a ici les points définissant la direction. Il y a un point pour le volant, le centre du cardan et la partie cannelée de la crémaillère.
- "Global Parameters" : Ce sont des paramètres généraux du véhicule, tel que le rayon des roues, les diamètres internes et externes des tubes de triangle ou l'espacement des basculeurs de suspension.

Le référentiel qui est utilisé a pour origine un point centré par rapport à la droite et la gauche de la voiture, situé au niveau du sol en configuration non perturbée et sur l'axe des roues avant. L'axe Z est verticale vers le haut, l'axe X est longitudinal vers l'arrière et l'axe Y transversal vers la droite. Ce référentiel est représenté en figure 2 mais avec l'origine qui n'est pas au bon endroit.

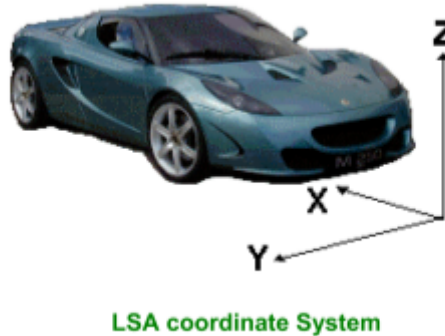


FIGURE 2 – système d'axes utilisé.

3 Génération du filaire à partir d'une table de paramétrage

Dans un premier temps il faut créer une pièce de référence regroupant tous les points de la liaison au sol qui sont reliés au châssis. Ces points sont donc fixes entre eux et c'est sur ces points que toutes les autres pièces seront en liaison. Cette pièce sera générée à partir d'une table de paramétrage. Cette pièce est appelée "Wireframe_frame" pour "filaire châssis", ces points servant ensuite de référence pour créer le châssis.

3.1 Lecture de la table de paramétrage

Le fichier Excel comporte un 2nd onglet nommé "Wireframe_frame". Cet onglet comporte environ 80 paramètres qui définissent les points du Wireframe_frame. Il y a les points des triangles côté châssis, les points d'attache des basculeurs, les points d'attache des suspensions, les points de la direction et les symétriques des points de suspension et de triangle (après la colonne BK du tableau). Pour chaque point il y a les trois coordonnées d'espace.

Pour les basculeurs on peut remarquer qu'il y a deux points qui sont défini ainsi qu'un paramètre "Front_Rocker_Spacing". Le premier point permet de définir le centre du basculeur et le second permet de définir l'axe de pivot du basculeur, utile par la suite. Le paramètre "Front_Rocker_Spacing" permet de définir l'espacement entre les deux plaques qui composent le basculeur.

L'onglet est ensuite lu par CATIA permettant de créer une table de paramétrage où les paramètres prennent les noms définis dans l'onglet.

3.2 Création du filaire

Le Wireframe_frame est nommé "Suspension_Frame_points" dans le dossier.

Cette pièce est un CATPart dans laquelle des points sont insérés sans passer par une esquisse. Lorsque un point est ajouté, pour chacune de ses coordonnées X, Y et Z une formule est créée qui associe un paramètre du fichier Excel. Cela est illustré en figure 3 .

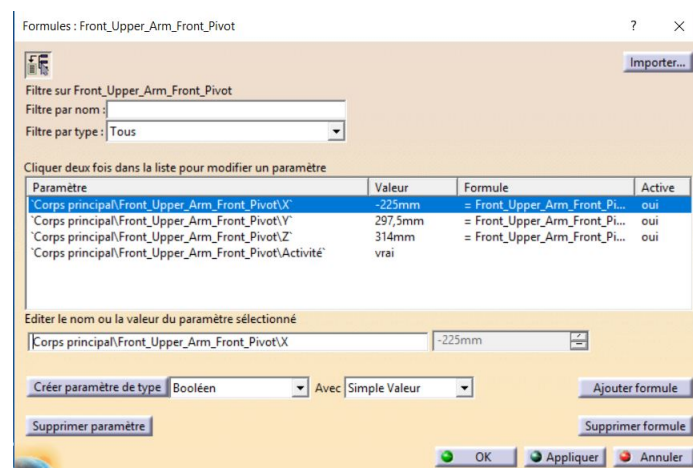


FIGURE 3 – Ajout des points dans Suspension_Frame_points.

Pour les basculeurs, deux plans sont ajoutés chacun à une distance + ou - "Front_Rocker_Spacing / 2" du premier point définissant un basculeur. Ils vont permettre de positionner par la suite correctement les deux plaques composant un basculeur.

4 Mise en place du Catalogue de pièces

Il faut maintenant générer toutes les autres pièces dont la taille va varier avec la géométrie. Dans la mesure où plusieurs pièces vont être similaires en forme mais avec des dimensions différentes, la manière la plus rapide pour facilement générer toutes ces pièces est de passer par un catalogue.

Le catalogue est situé à l'emplacement "Catalog\Automatic_Suspension.catalog" et c'est dans ce même dossier que sont stockées les pièces.

4.1 Création du catalogue

Pour créer le catalogue il faut tout d'abord créer une pièce à partir d'une table de paramétrage contenant plusieurs configurations. Dans notre cas, les pièces sont générées à partir d'un onglet du tableau Excel général et les paramètres sont présentés en colonnes. Donc une ligne correspond à une configuration de la pièce générée. Pour le cas de la création d'un catalogue, la première colonne doit s'appeler "PartNumber" et correspondra au nom de fichier de la pièce générée par le catalogue.

Ensuite, une nouvelle famille de pièce basée sur la CatPart créée est ajoutée au catalogue. Il est maintenant possible à partir du catalogue de générer toutes les configurations présentes dans les tables servant à générer la CatPart initiale.

Ce catalogue doit engendrer les pièces dans un dossier particulier qui permettra de réutiliser les pièces par la suite dans l'assemblage complet de la liaison au sol. Pour cela, il faut modifier le chemin d'accès dans les options de CATIA : Outils/Options/Infrastructure/Catalog Editor/Famille de pièces puis choisir le dossier dans lequel est enregistré le fichier catalogue.

Une fois le catalogue créé, si il y a un changement dans le fichier Excel "LAS_Auto.xls", il suffit de mettre à jour le catalogue pour que les pièces soient de nouveau générées avec les paramètres modifiés. Pour cela il faut utiliser l'outil "Synchroniser les chapitres" de l'atelier "Éditeur de catalogue".

4.2 Structure du catalogue

Les 5 catégories qui composent le catalogue sont les suivantes :

4.2.1 A_Arms - Triangles

Les triangles sont représentés par trois points reliés par des droites (voir figure 4).

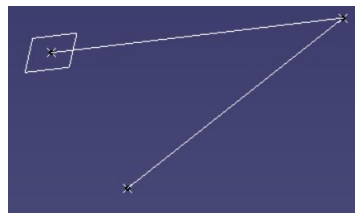


FIGURE 4 – Filaire des triangles.

Ces points sont générés de la même manière que pour les points du filaire. Ils utilisent l'onglet "Wireframe_A_Arm" où les coordonnées X, Y et Z sont définies pour les 8 triangles de la voiture. On peut noter que le plan visible sur la figure 4 passe par les trois points du triangle.

Sur deux des quatre triangles, une bielle de suspension vient se fixer et elle nécessite d'avoir un point sur le triangle pour mettre une liaison rotule entre le triangle et la bielle. La présence ou non de ce

point d'attache est défini par le paramètre "Push_Rod_Presence " qui est un booléen. En faisant prendre à l'activité du point ce paramètre booléen, il est possible de gérer si ce point est activé ou non.

La coordonnée de ce point est donnée par le paramètre "Push_Rod_Wishbone_end" (colonnes K à M du fichier Excel) et dans le cas où il ne doit pas être présent, pour éviter une erreur nous avons été obligé de donner des valeurs à ce paramètre au lieu de laisser la case vide.

4.2.2 Uprights - Porte moyeu

Le porte-moyeu est une pièce composé de trois points qui sont les points d'attache de deux triangles et de la biellette de direction ou de pince (figure 5). Un cylindre creux été également ajouté pour représenter la porté du moyeu, cette pièce permettra par la suite de placer la roue. Le cylindre est placé à l'aide du "Wheel Center Point" qui correspond au centre de rotation de la roue, l'axe du moyeu étant également placé.



FIGURE 5 – Porte-moyeu.

Les différents points permettant de générer le porte-moyeu sont dans l'onglet "Wireframe_Upright" du fichier Excel.

4.2.3 Rods - Tubes

Il faut également générer tous les tubes composant la liaison au sol (figure 6). Il y a les tubes des triangles (2 par triangles), les tubes des biellettes de direction, de pince, et de suspension et ceux représentant la colonne de direction.

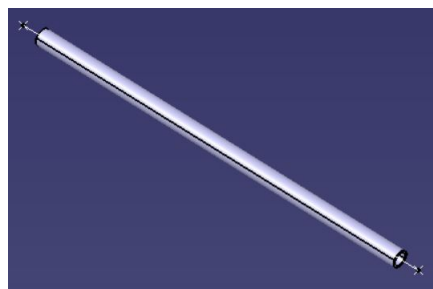


FIGURE 6 – Exemple d'un tube généré par le catalogue

Ces tubes comportent deux points placés grâce à une table de paramétrage. Le tube est défini pour aller d'un point à l'autre moins un certain offset. Cet offset peut être différent du côté châssis et du côté porte-moyeu par l'intermédiaire des paramètres "Offset_Frame_Side" et "Offset_Upright_Side". Cet offset est important dans la mesure où en pratique ces tubes sont en carbone et il faut donc laisser de la place pour coller au tube un insert avec une rotule. Les rayons interne et externe sont également issus de paramètres "Inside_Radius" et "Outside_Radius".

Les différents paramètres sont définis dans l'onglet "Rods" du fichier Excel.

4.2.4 Rockers - Basculeurs

Les basculeurs générés dans le cadre du projet ne sont pas les basculeurs définitifs, leur forme optimisée rendant peu utile leur automatisation. Le basculeur arrière créé par le catalogue est présenté en figure 7.

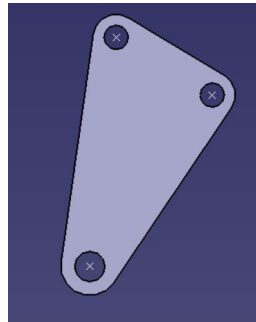


FIGURE 7 – Basculeur arrière.

Pour rendre l'assemblage possible, les points d'attache de la suspension et de la biellette de suspension sont ajoutés dans la pièce.

Les différents points des basculeurs sont dans l'onglet "Rockers" du fichier Excel.

4.2.5 Wheels - Roues

Les derniers éléments générés par le catalogue sont les roues, illustrées figure 8. Les points représentant l'axe de rotation de la roue ("Wheel_Center_Point" et "Wheel_Spindle_Point") ainsi que le rayon de la roue ("Wheel_Radius") proviennent de paramètres.

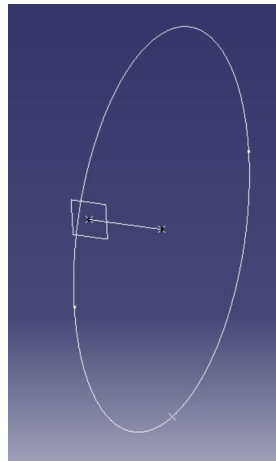


FIGURE 8 – Roue généré par le catalogue.

Les paramètres définissant la roue sont présents dans l'onglet "Wireframe_tire" du fichier Excel.

4.3 Difficultés rencontrées

La principale difficulté que nous avons rencontrée avec ce catalogue a été l'impossibilité de créer un catalogue d'assemblage. En effet, pour les triangles par exemple il aurait été plus simple de faire un assemblage avec le filaire, les tubes et les inserts ce qui aurait évité de faire l'assemblage systématiquement à la main pour chaque triangle lors de l'assemblage complet de la liaison au sol.

Il a également fallu prendre en compte lors de la phase de conception des pièces pour le catalogue les différentes liaisons. En effet de nombreux points et droites ont dû être rajoutés dans les pièces afin de pouvoir réaliser les liaisons sous kinematics décrites par la suite.

Le catalogue ne semble pas être la solution la plus idéale, en effet, lors de la réalisation de ce projet, certains problèmes sont apparus lors de la mise à jour des pièces générées par le catalogue, car des pièces ne se mettent pas forcément à jour. Mieux vaut donc supprimer toutes les pièces générées par le catalogue avant de le mettre à jour.

5 Création de l'assemblage

Une fois toutes les pièces générées, il est maintenant nécessaire d'assembler les pièces entre elles. L'assemblage est directement effectué sous Kinematics, la plupart des liaisons d'assemblage se créent automatiquement lorsqu'une liaison Kinematics est ajoutée. Cette phase a consisté à mettre en place les liaisons physiques sous Kinematics. Nous avons néanmoins eu plusieurs difficultés du fait que certaines liaisons Kinematics ne génèrent pas automatiquement des contraintes, à l'image de la liaison cardan, glissière, point sur surface et point sur courbe. Dans ces cas il a été nécessaire de mettre des liaisons d'assemblage pour tous placer correctement puis de faire la liaison sous Kinematics.

Comme l'assemblage complexe comprend un certain nombre de pièces, l'assemblage global a été fait partie par partie afin de vérifier que les degrés de liberté sous Kinematics étaient bien réduits à 0 pour simuler le mécanisme. La première étape a été de relier une roue au châssis, puis les deux roues d'un même côté. Ensuite ont été ajoutés les systèmes de suspension et de direction complète. Pour finir, l'ajout de la symétrie a permis de définir les centres de roulis.

Les difficultés rencontrées ont d'abord été la mise en place des liaisons pour les différentes biellettes présentes sur le véhicule. Ces pièces sont des tiges relier à leurs extrémités par des rotules. Lorsque ces liaisons sont simulées sous kinematics, il subsiste 1 degré de liberté, celui de la rotation selon son axe de la biellette. Or ce degré de liberté ne peut pas être fixé à l'instar des liaisons pivots. La solution qui a été mise en place est donc de remplacer l'une des rotules par une liaison cardan, ce qui permet de réaliser un équivalent des liaisons initiales tout en enlevant le degré de liberté subsistant.

L'allure de l'assemblage est présenté en figure 9 :

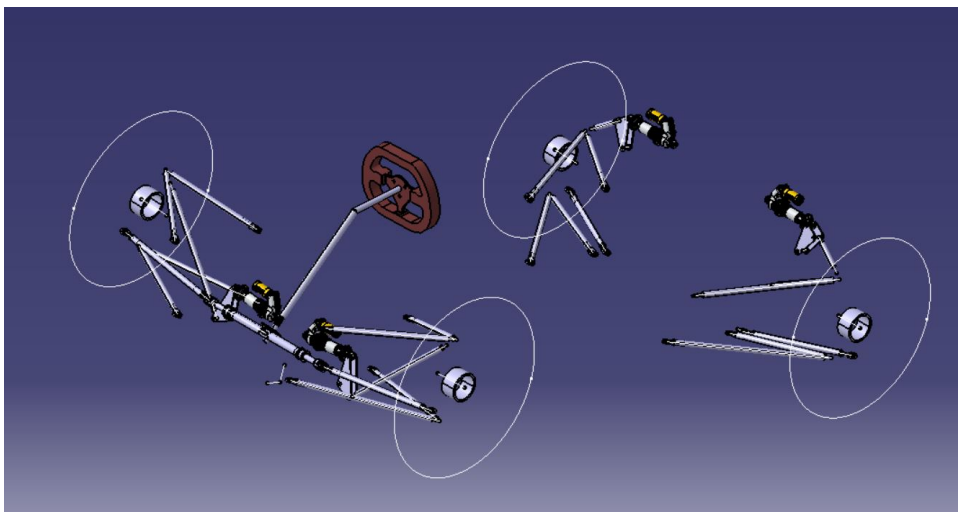


FIGURE 9 – Assemblage final de la liaison au sol.

On peut également noter que pour bloquer certains degrés de liberté il a été nécessaire de commander certaines liaisons. Principalement en angle pour bloquer la rotation d'une liaison pivot, comme par exemple celle entre la roue et le porte moyeu.

Il a également été complexe de placer les centres de roulis, représentés par un seul point. Le blocage de tous les degrés de liberté étant difficile, le placement des liaisons a souvent conduit à un assemblage ayant 0 degrés de liberté mais étant surcontraint. Catia gère donc mal lorsqu'il y a trop de contraintes, même si en apparence le système n'était pas sur contraint.

6 Animation de l'assemblage sous Kinematics

Lorsque toutes les liaisons ont été correctement placées, c'est à dire que le degré de liberté est nulle il est possible d'animer le mécanisme complet. Pour cela nous avons dû créer des commandes utiles ou non. Les commandes utiles que nous avons mis en place sont les suivantes :

- "Front Suspension", "Rear Suspension", "Front left Suspension" et "Rear left Suspension" : ces 4 commandes permettant de commander en longueur les suspensions, faisant animer le mécanisme et simulant une pousse de roulis ou une variation de hauteur de caisse.
- "Steering Wheel" : Il s'agit de la rotation du volant permettant de faire tourner les roues.

On peut noter que les commandes notées "NAN" sont des commandes inutiles qui ont été nécessaire pour réduire le degré de liberté du mécanisme.

Pour la commande "Steering Wheel", les liaisons mises empêchent de définir une commande en angle au niveau du volant. Cette commande est donc définie au niveau de la liaison crémaillère et non au niveau du volant.

On peut ensuite définir des capteurs sous Kinematics et extraire les valeurs qui nous intéressent. Les mesures dont nous avons eu besoin sont les suivantes :

- "Front Camber" et "Rear Camber" : il s'agit du carrossage des roues avant et arrière, c'est à dire l'angle entre la roue et le plan vertical parallèle à la voiture.
- "Front Wheel Travel" et "Rear Wheel Travel" : en récupérant la composante selon Z, cette mesure donne accès au déplacement de la roue par rapport au sol.
- "Right Steering Angle" et "Left Steering Angle" : il s'agit de l'angle de rotation des roues droites et gauches, la configuration de la direction donnant des angles différents.
- "Rear Toe" : Il s'agit de l'angle de pince des roues arrière, cette valeur étant censé être nulle il est important de le vérifier.
- "Front CIR" et "Rear CIR" : en récupérant les composantes selon Y et Z il est possible d'obtenir la position du centre de roulis par rapport au sol.

7 Animation du mécanisme et récupération des mesures par une macro

Afin de définir le design d'une liaison au sol, il faut avoir accès aux différents paramètres représentés par les mesures définies dans la partie précédente, tout en animant le véhicule dans ses positions extrémales (suspension, direction).

La stratégie employée initialement était d'utiliser les "Capteurs" du module Kinematics. Ces capteurs sont définis grâce aux mesures. Après définition d'une loi animant le mécanisme, on peut alors récupérer la valeur des capteurs dans un fichier Excel. La macro devait automatiser l'ensemble de la génération des lois, à la définition des capteurs et l'export grâce au module Kinematics déjà existant. Or, ceci est impossible par macro, cette partie du module kinematics y étant absente.

Donc il a fallu récupérer nous mêmes les valeurs des mesures puis les exporter sous Excel. Le fichier Macro.catvba comprend deux modules.

- "Animation_mec" joue sur le mécanisme créé sous kinematics. La macro récupère les commandes du mécanismes et les fait varier dans une boucle. Lors de chaque itération les valeurs des mesures sont écrites dans un fichier Excel. Cependant cette méthode ne marche pas. En effet, les mesures ne se mettent pas à jour lorsque le mécanisme lui a de nouvelles commandes, même après mise à jour du produit.
- "anim_mec_contrainte" travaille sur un assemblage de la liaison au sol avec uniquement des contraintes classiques, donc sans le module Kinematics. Le fonctionnement est sur le même principe que celui du module précédent. Seule la manière d'animer le mécanisme diffère. Au lieu d'agir sur le mécanisme de Kinematics, ce sont les paramètres des contraintes de distance qui sont modifiés pour animer la liaison au sol. Alors, si l'option détaillée dans la notice est activée, une mise à jour de l'assemblage par la macro met à jour les valeurs des mesures. Cette macro permet donc d'animer le mécanisme, de récupérer la valeur des paramètres intéressant lors du mouvement puis de les exporter dans un fichier Excel.

Ces macros ne permettent cependant pas de visualiser le mécanisme s'animer lors de l'exécution de celle-ci, l'affichage ne se mettant pas à jour.

8 Conclusion

La génération de la liaison au sol à partir du fichier Excel reste complexe. Les libertés offertes par Catia sont parfois insuffisantes. En effet, les limitations sur les catalogues uniquement de pièce et non d'assemblage obligent à avoir une organisation de l'assemblage moins efficace et pouvant être source d'erreurs.

Le module Kinematics qui semblait au premier abord idéal pour animer le mécanisme se révèle finalement inutile à cause des difficultés de gestion de ce module via macro. Il est donc plus intéressant par la suite de repasser l'assemblage de la liaison au sol uniquement avec des liaisons classiques, afin de pouvoir générer les tableaux de données. Ceci a également l'avantage d'offrir plus de stabilité car la génération des liaisons Kinematics sont parfois faites "en place" et pourraient ne pas suivre de gros changement de configuration.