

Sésame, ouvre-toi!

JACQUES PIGLIA ^[1]

Voici un autre exemple de la méthode d'enseignement individualisé que nous avons suivie dans la première partie de l'article «À la découverte du perforateur» (Technologie n° 141). Les TP présentés ici, associant analyse et travail graphique avec un modéleur, sont élaborés à partir d'une problématique industrielle – l'ouverture et la fermeture automatiques d'un portail de garage – et débouchent sur les centres d'intérêt concernés. Ils ont été conçus pour les élèves de BEP et de bac pro EDPI.

Mots-clés

lycée professionnel, mécanique, modélisation, multimédia, simulation, travaux pratiques

L'environnement de travail

Les TP sont disponibles sur cédérom (voir «Références»); en suivant les directives affichées à l'écran **1**, à l'aide des ressources supplémentaires et de ses prérequis, l'élève pourra compléter les documents papier correspondants (les réponses sont en rouge sur l'exemple) **2**.

2 La page de travail

[1] Professeur de construction - génie mécanique au lycée Joliot-Curie de Dammarie-les-Lys (77).

1 L'affichage à l'écran

L'enseignant valide les différentes étapes de manière sommative ou formative en fonction des prérequis de l'élève, mais il doit aussi repérer le moment où l'élève est en difficulté, diagnostiquer son problème et le résoudre rapidement. À des étapes définies, une intervention de synthèse avec tous les élèves permet d'affiner certaines notions.

Par roulement de groupes de deux, ils réalisent le TP sur l'objet de l'étude ainsi qu'un TP de mécanique appliquée. Il est impératif que chaque élève dispose d'un poste informatique équipé d'un modéleur 3D, SolidWorks ou Inventor, et du logiciel de mécanique Motion.

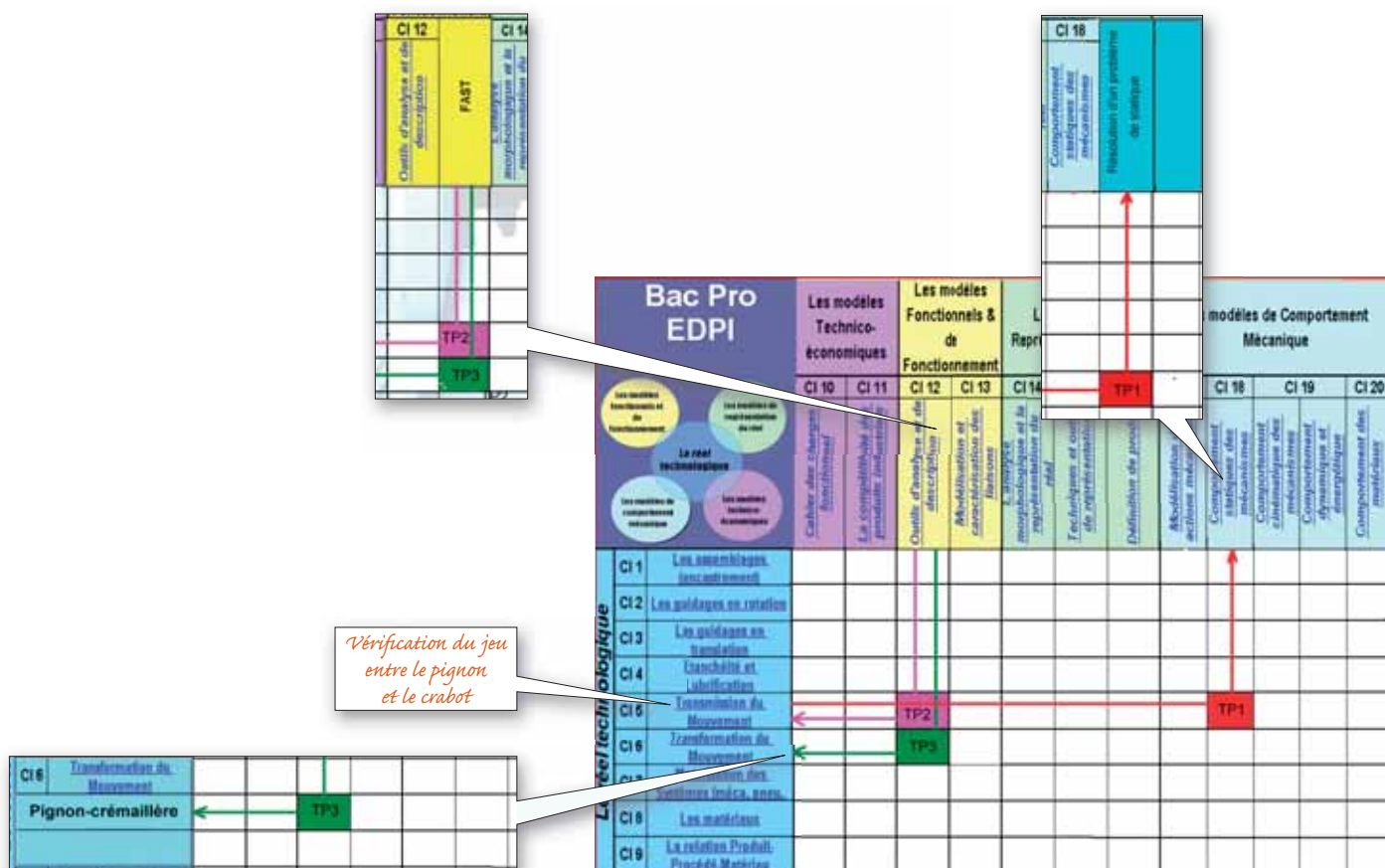
La structure des TP est basée sur le principe du Fast, associé à une problématique.

Les TP 1, 2 et 3

Ce sont des TP d'analyse de l'objet virtuel. Ils traiteront plus particulièrement de la cinématique de l'actionneur.

→ La matrice des centres d'intérêt
Un clic sur les centres d'intérêt étudiés permet d'en visualiser le contenu **3**.

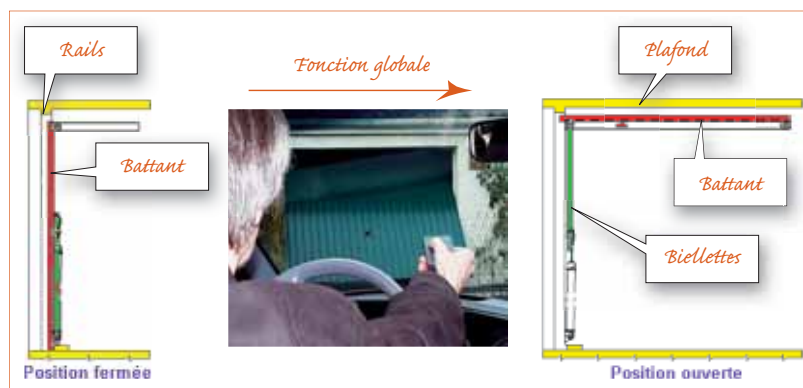
→ Le thème de l'étude
Il s'agit de l'actionneur permettant l'ouverture et la fermeture automa-



Vérification du jeu entre le pignon et le crabot



3 La matrice des centres d'intérêt



4 La mise en situation

Caractéristiques techniques d'un portail de garage de maison individuelle 4 aux caractéristiques suivantes :

- Commande à distance : 10 m maxi
- Masse de la porte : 44 kg
- Temps d'ouverture : environ 13 s / 10
- Vitesse de déplacement sur les rails : environ 14 cm/s
- Caractéristiques du moteur : N = 2800 tr/min
- P maxi = 500 W

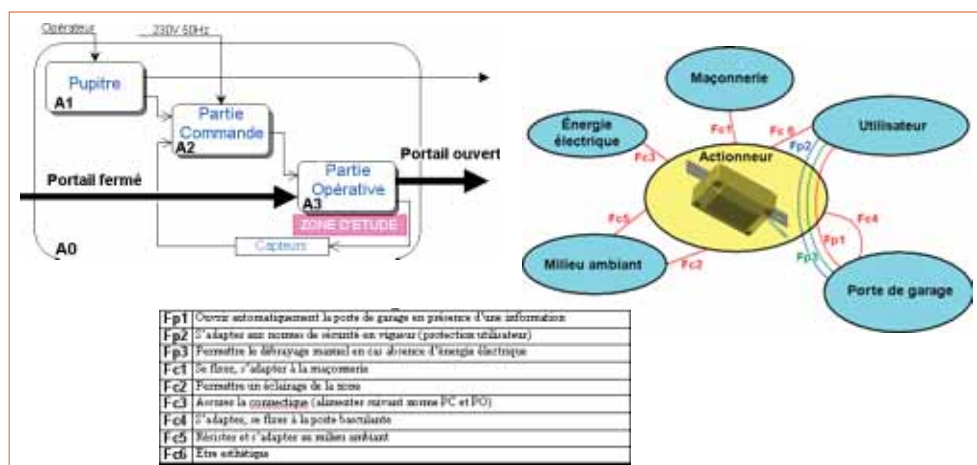
→ La problématique

Lors du changement de modèle de porte basculante, il faut vérifier si la puissance du moteur de la commande initiale peut supporter le nouveau

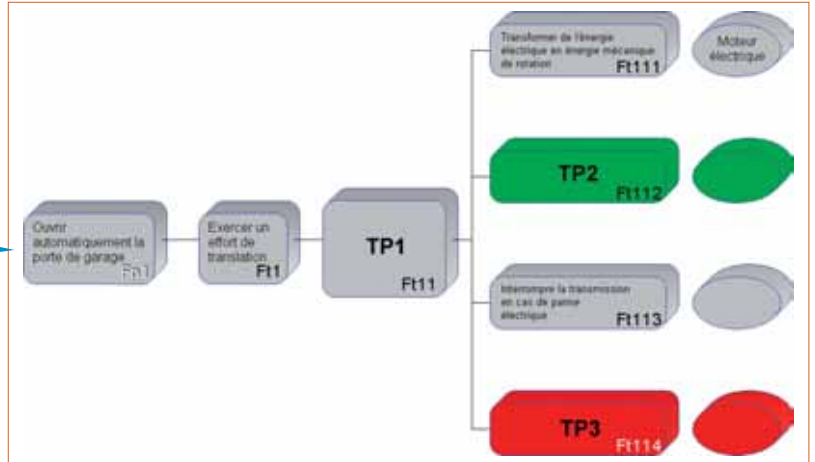
portail, et donc rechercher la force maximale permettant de le manoeuvrer. Dans le tableau des fonctions 5, l'élève sélectionne celle permettant d'intervenir pour résoudre le problème. Le corrigé est donné après validation par le professeur.

Avant de commencer les TP, on amène l'élève à situer la zone d'étude 5 en cliquant sur le boîtier de commande de l'écran 1. L'élève visualise le fonctionnement du portail 6.

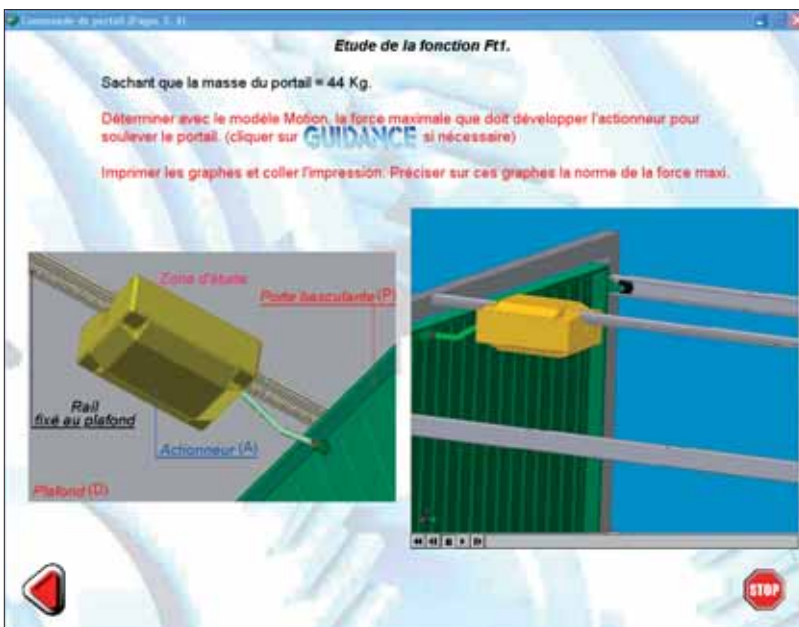
Remarque : Les fiches de validation n'apparaissent pas dans l'article.



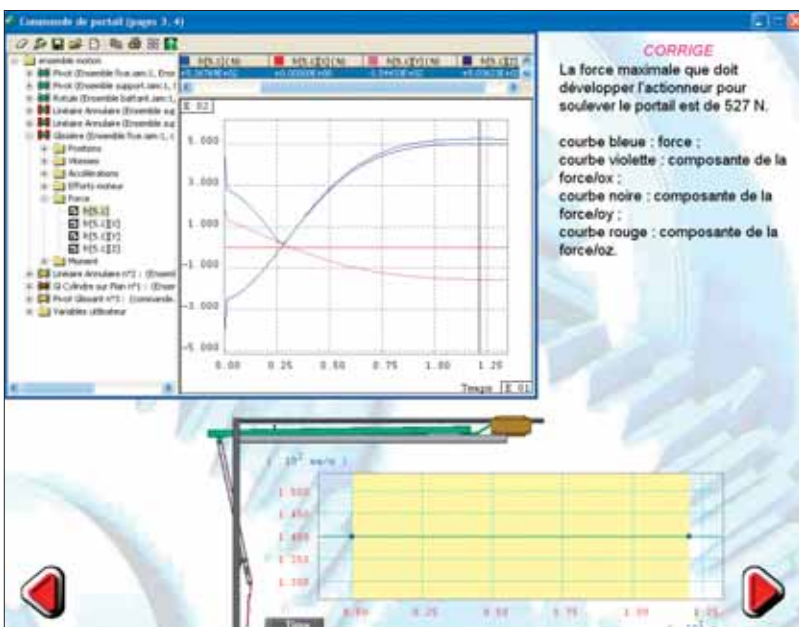
5 La zone d'étude



6 Le Fast et l'animation du fonctionnement



7 La résolution du problème



9 Les résultats

- Commande de portail/Inventor 6/Ensemble motion.iam
- Avec le clic droit de la souris, sélectionner "ENSEMBLE BATTANT"
 - Sélectionner propriété.
 - Sélectionner paramètre de masse.
 - Activer manuel puis indiquer la masse et appliquer.
 - Dans le tableau des temps, charger le temps en fonction du cahier des charges en 100 images.
 - Avec le bouton droit de la souris, cliquer sur la liaison qui permet d'intégrer la vitesse de l'axe rail. Sélectionner propriété, cocher mouvement imposé puis cliquer sur les graphes fonctions. Cocher vitesse puis entrer les valeurs du cahier des charges.
 - Lancer le calcul.
 - Activer le grapheur
 - Sélectionner la liaison relative au résultat que l'on veut trouver.
 - Activer tous les graphes
 - Enregistrer puis imprimer.

8 La guidance

Le TP 1

La fonction Fp1 est développée sous forme d'un Fast à partir duquel une animation permet de la visualiser **6**. Les fonctions manquantes situent les trois TP.

La première étude consiste à déterminer, à l'aide du logiciel Motion, l'effort maximal que doit fournir l'actionneur pour ouvrir le nouveau portail, sachant que sa masse est de 44 kg. En cliquant sur Fp1, l'élève visualise la fonction **7**.

Une guidance **8** est proposée à l'élève au cas où ses prérequis seraient insuffisants. Après avoir entré les données dans le logiciel, l'élève lance le calcul et en déduit la valeur demandée. Le corrigé est donné après validation par le professeur **9**.

L'élève complète le tableau **10**, et après validation de ses résultats par

10 Le tableau récapitulatif

Force		mini		maxi	
Temps	0 s	2,7	6 s	12,1	13,5
Composantes/oy	206	227	-8,1	-154	-154
Composantes/oz	-419	-220	3,62	503	502

le professeur, les valeurs exactes lui sont données (en rouge dans le tableau).

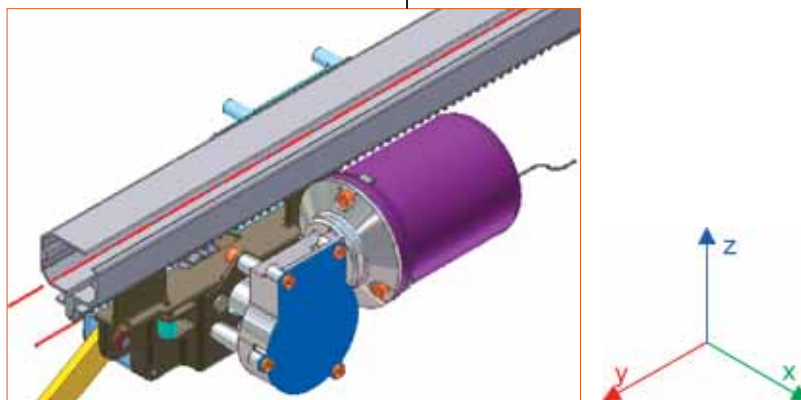
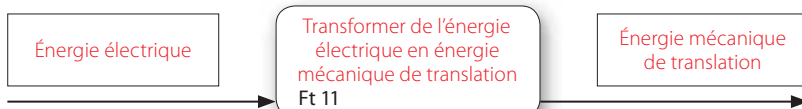
La fonction Ft11

En cliquant sur l'image de l'actionneur, l'élève visualise son fonctionnement. Il complète alors la fonction de l'objet de l'étude en indiquant les matières d'œuvre d'entrée et de sortie (texte en rouge) **11**.

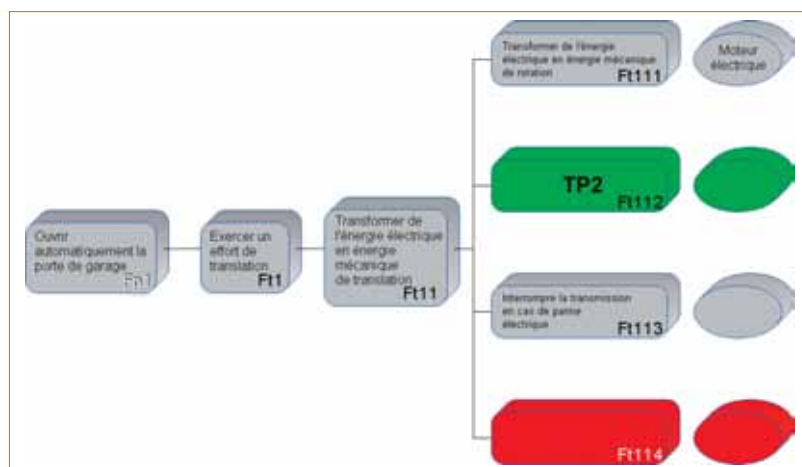
Le TP 2

La fonction Ft11 étant complétée, le Fast **12** s'affiche à l'écran, précisant la position du TP 2.

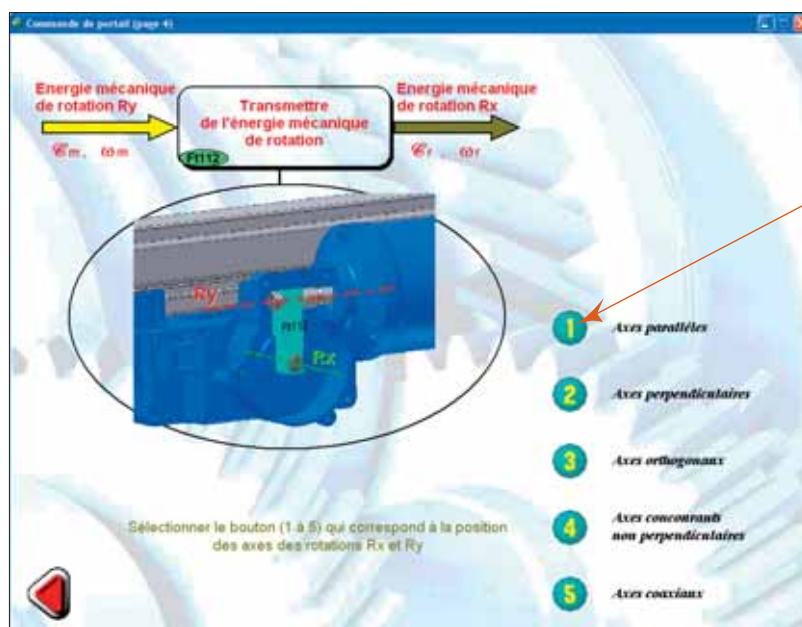
La démarche du TP 2 va permettre à l'élève de déterminer la solution



11 L'énoncé de la fonction



12 Le Fast 2



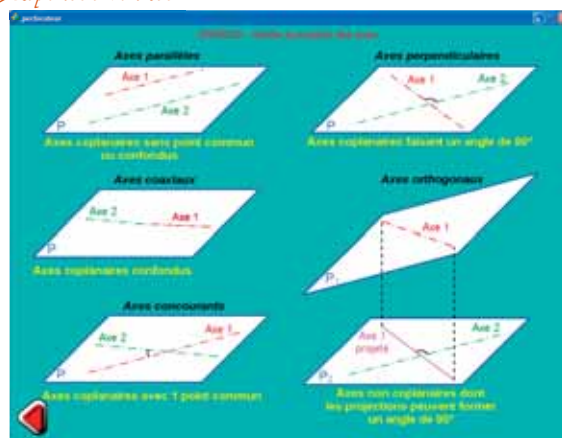
13 La fonction Ft112 et l'aide

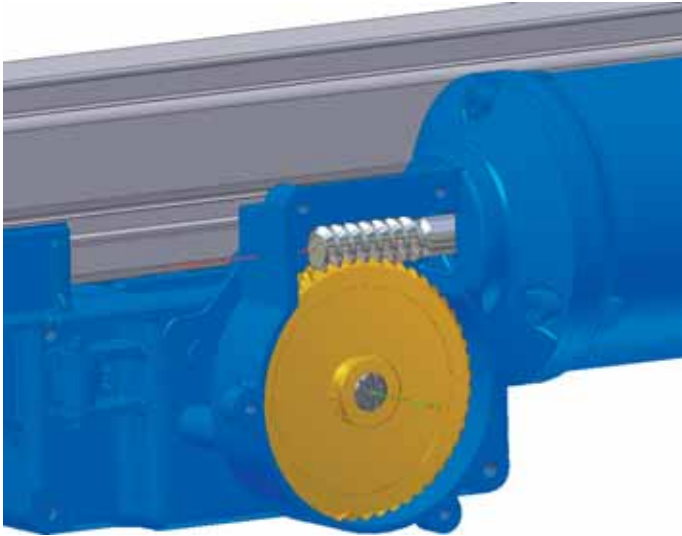
d'asservissement de la fonction Ft112. En cliquant sur cette dernière, matérialisée par une boîte bleue, dans l'image **13**, il en visualise grâce à une animation l'entrée et la sortie, et la complète. Le choix de position des axes proposé à l'élève l'amène à déterminer la solution technologique. Si sa réponse est mauvaise, une fenêtre s'affiche pour l'aider à corriger son erreur.

La solution **14** est simulée à l'écran **15**.

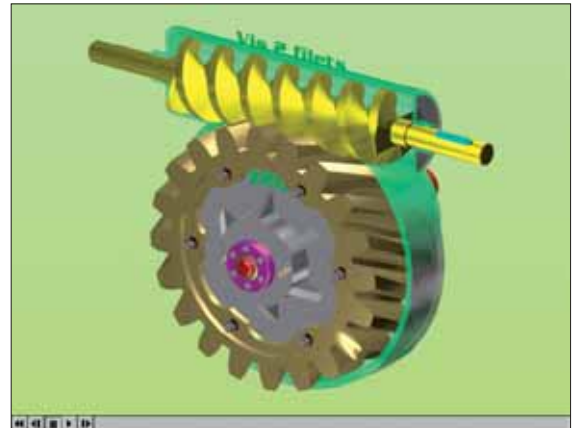
On propose alors à l'élève de formaliser par des fiches le concept roue et vis sans fin. Pour cela, il a accès à un livre virtuel **16**, réalisé avec Pascal Fievet, dans lequel sont répertoriés tous les centres d'intérêt cibles du domaine mécanique prébac **17** et qu'il manipule par simple clic. À partir de la matrice des centres d'intérêt, il ouvre le chapitre correspondant, ici

Réponse erronée

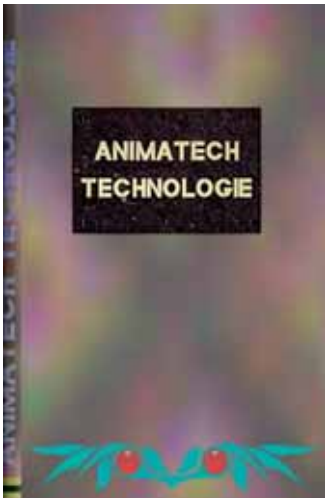




14 La solution réelle



15 La simulation de la roue et vis sans fin



16 Le livre virtuel



17 Les centres d'intérêt dans le livre



18 Le chapitre sélectionné

sur les transmissions de mouvement, dans lequel sont répertoriés les savoirs associés. Il sélectionne alors celui qu'il va formaliser – ici la transmission

par roue et vis sans fin 18. Tout en manipulant le livre, il complète les quatre fiches de formalisation fournies 19 20.

19 La page écran 1 et la fiche 1 associée

20 Fiche de formalisation associée

1/ Fonction.
Transmettre, sans glissement, une énergie mécanique de rotation entre deux axes dont les axes sont orthogonaux. Dans la majorité des cas, le système n'est pas réversible.

2/ Conditions d'utilisation.

- Transmission de rotation sans glissement.
- Précision de transmission.
- Axes colimatés.
- Couple élevé à l'entrée.
- Transmission moyennement silencieuse.
- Rapport de vitesse important.
- Rendement : réversible lubrifié $\eta = 0,4$ à $0,8$.
- Rendement : irréversible, graissé $\eta = 0,3$ à $0,4$.

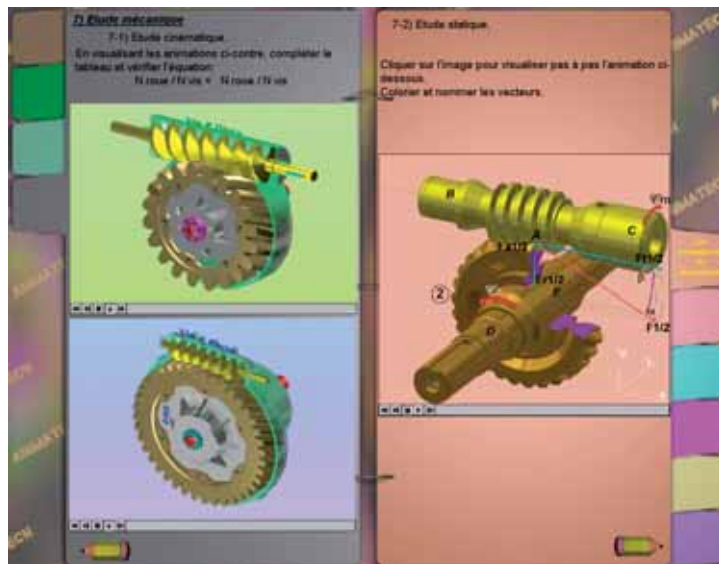
3/ Terminologie.
Le système roue et vis sans fin est constitué d'une vis à vis ou plusieurs filetages avec un roue. Le sens d'hélice et le sens pour la vis et pour la roue.

▲ Compléter les repères.

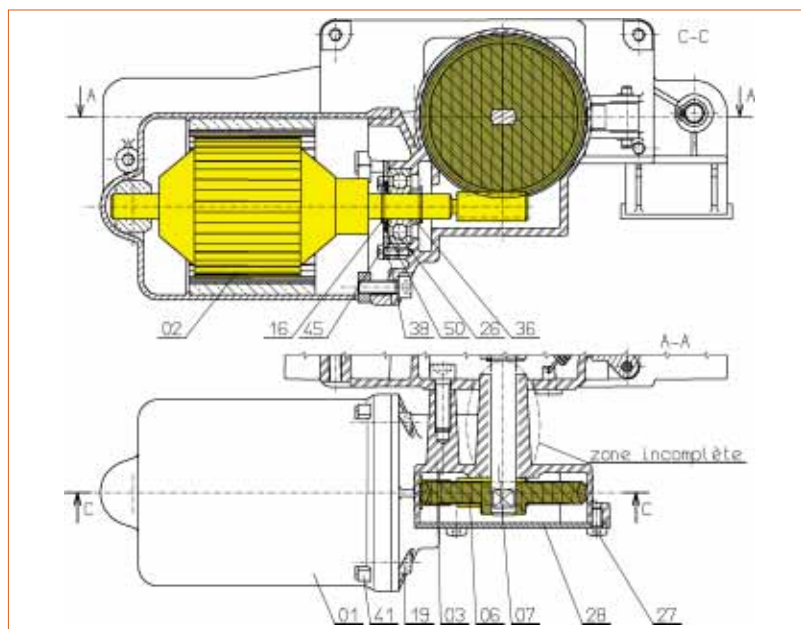
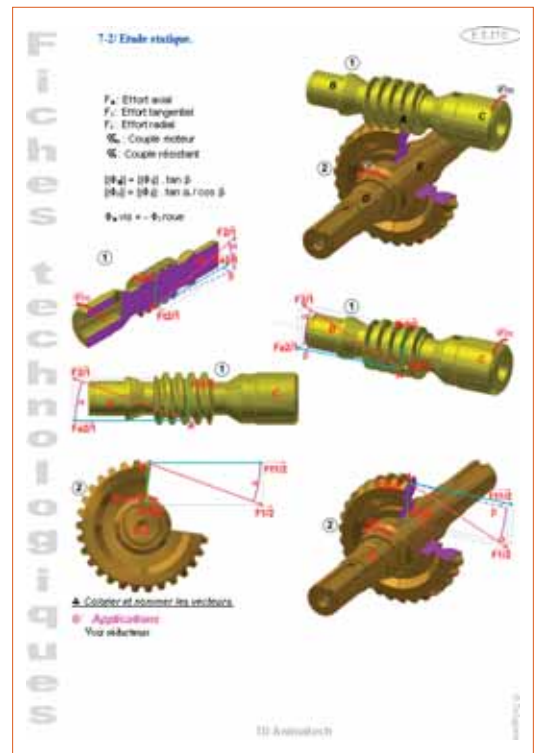
▲ Colorier les dessins en respectant les couleurs à l'écran.

▲ Colorier les dessins en respectant les couleurs à l'écran.

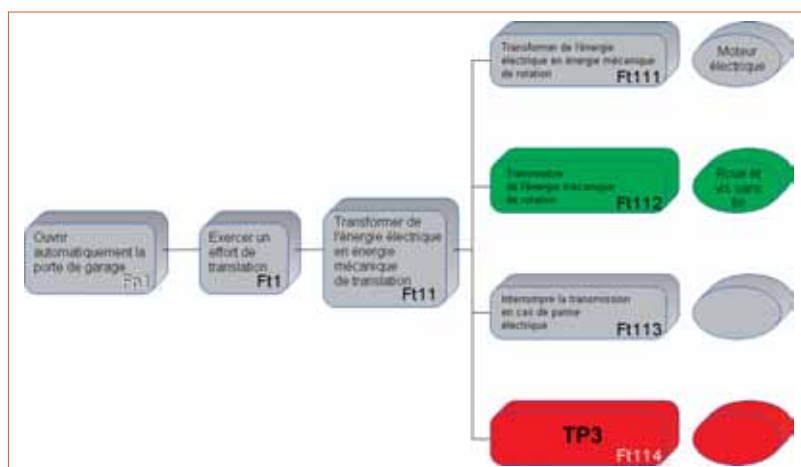
TD Animatech



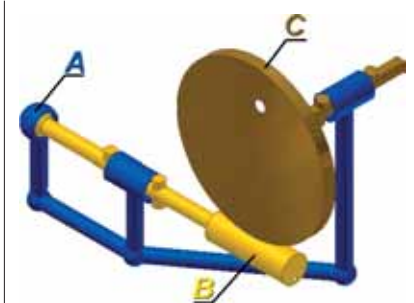
20 La page écran 4 et la fiche 4 associée



21 Le repérage



24 Le Fast 3



22 Le schéma cinématique partiel

- {A} = {01, 03, 19, 26ext, 27, 28, 38, 41, 45...}
- {B} = {02, 16, 26int, 36, 50.....}
- {C} = {06, 07.....}

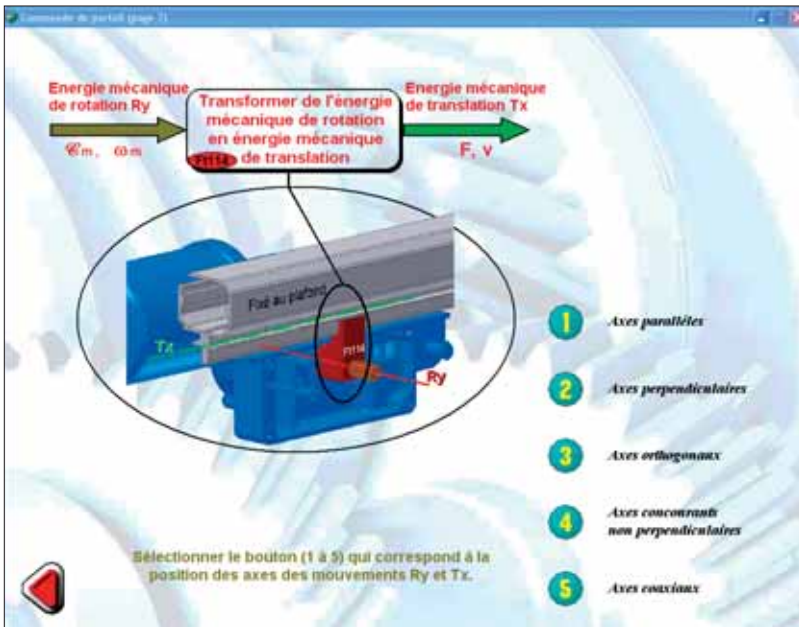
23 Les classes d'équivalence

Puis il repère par coloriage la roue et la vis 24 en utilisant les couleurs du schéma cinématique partiel 22 et complète les classes d'équivalence 23 avec uniquement les repères donnés sur le dessin.

Le TP 3
Le TP 3-1

La fonction Ft112 étant complétée, le Fast 24 s'affiche à l'écran, précisant la position du TP 3.

La démarche du TP 3 est la même que la précédente : elle va permettre à l'élève de déterminer la solution d'asservissement de la fonction Ft114. En cliquant sur cette dernière, matérialisée par une boîte rouge, dans l'image 25, il en visualise grâce à une animation l'entrée et la sortie.

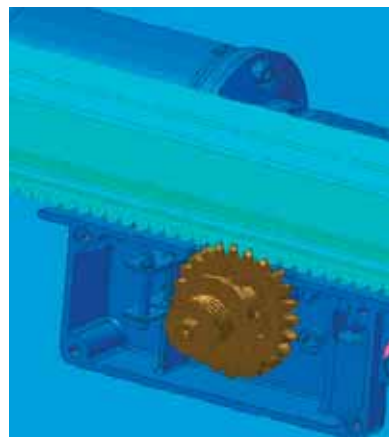


25 La fonction Ft114

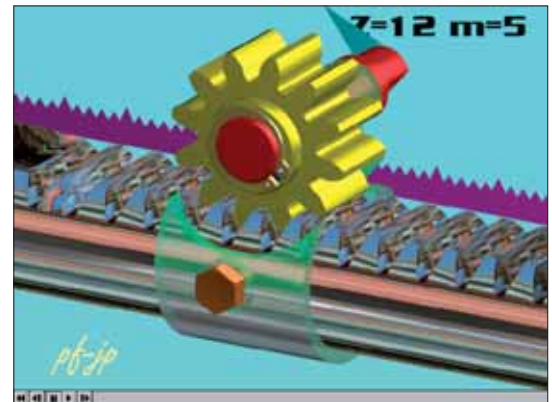
et la complète. Le choix de position des axes proposé à l'élève l'amène à déterminer la solution technologique. Si sa réponse est mauvaise, la même fenêtre s'affiche que pour le TP 2.

La solution 26 est simulée à l'écran 27.

Toujours à l'aide du livre virtuel — le chapitre correspondant est ici celui sur les transformations de mouvement, et le savoir associé la transformation de mouvement par pignon-crémaillère 28 —, l'élève complète les quatre fiches de formalisation fournies 29 30. Parmi les deux possibilités de



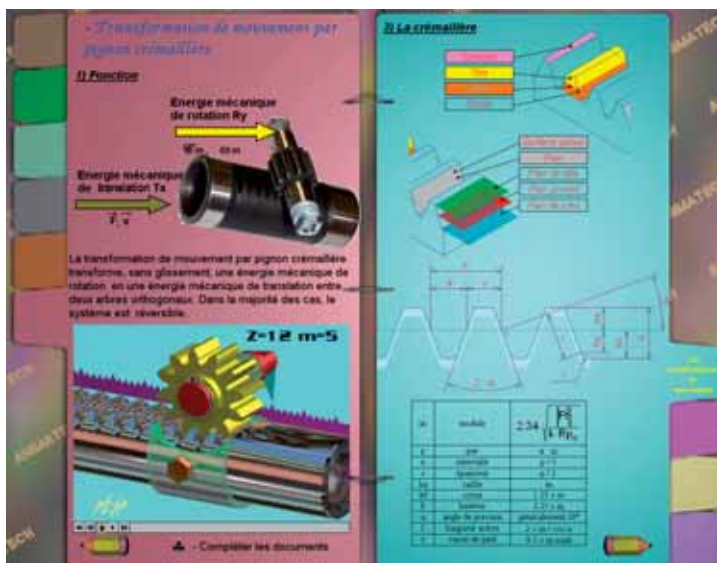
26 La solution pignon-crémaillère



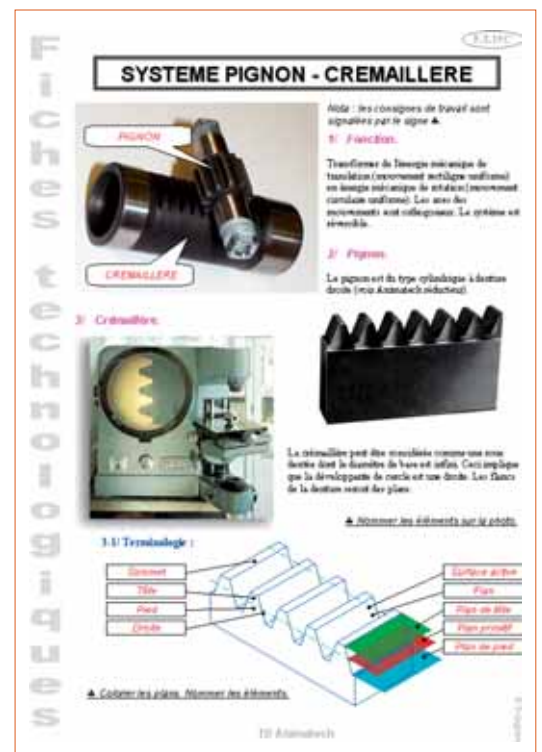
27 La solution simulée

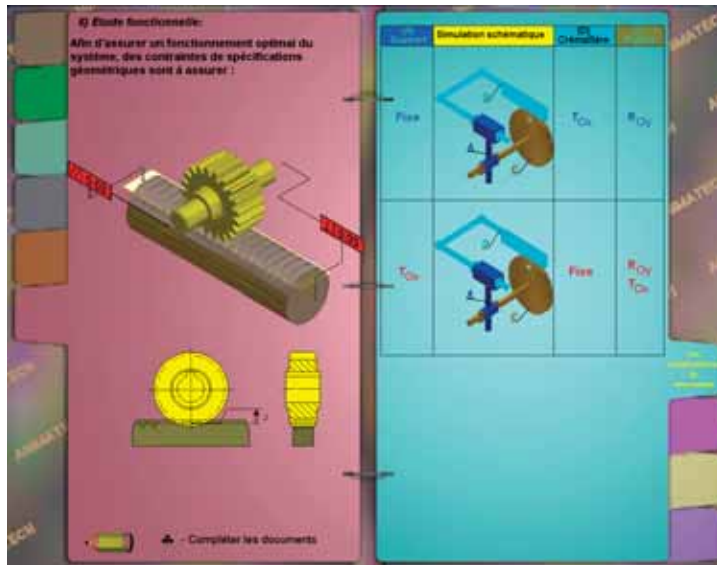


28 Le chapitre sélectionné

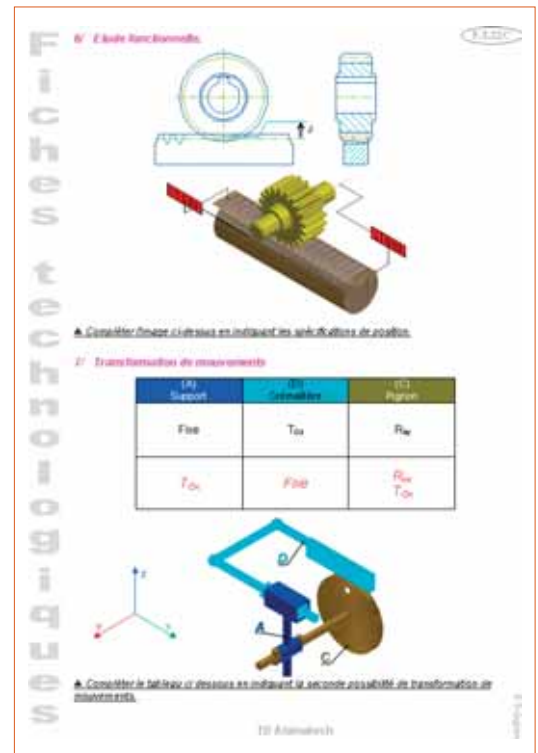


29 La page écran 1 et la fiche 1 associée





30 La page écran 4 et la fiche 4 associée



mouvement précisées dans la fiche de formalisation 4, il sélectionne celle qui correspond à l'actionneur.

Il repère par coloriage le pignon et la crémaillère 31 en utilisant les couleurs du schéma cinématique partiel 22.

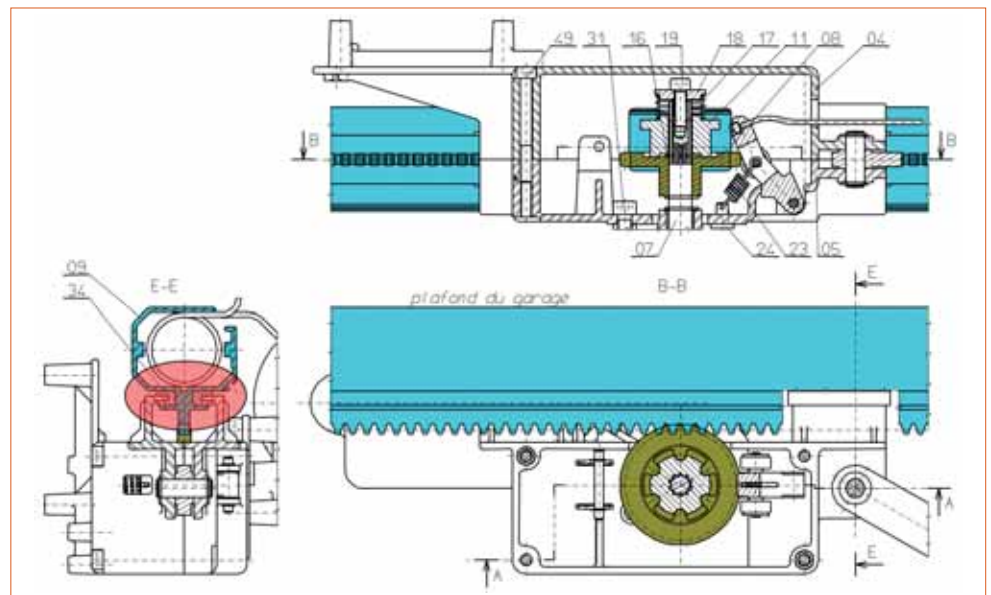
Il complète ensuite la classe d'équivalence {C} avec les repères dans l'ordre défini par la continuité cinématique :

$$\{C\} = \{06, 07, 11, 08\}$$

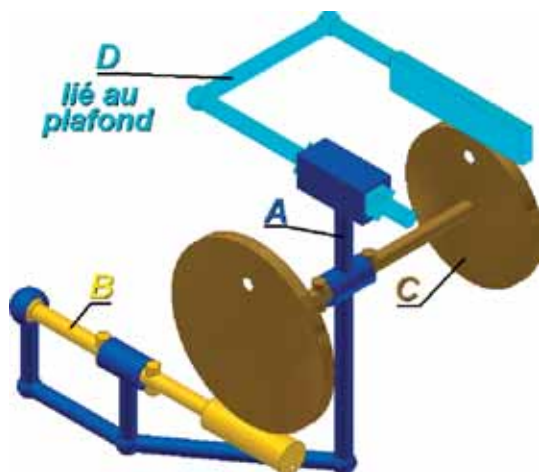
Puis il inscrit les autres :

$$\{C\} = \{06, 07, 11, 08, 16, 17, 18, 19\}$$

Après repérage sur la coupe E-E 31 de la zone relative à la liaison {A} R {D}, il coche dans le tableau 32 le type de solution retenue pour cette relation.



31 Le repérage par coloriage



33 Le schéma cinématique final

Le TP 3-2 : la résolution de la problématique

Les études précédentes ont permis de compléter les classes d'équiva-

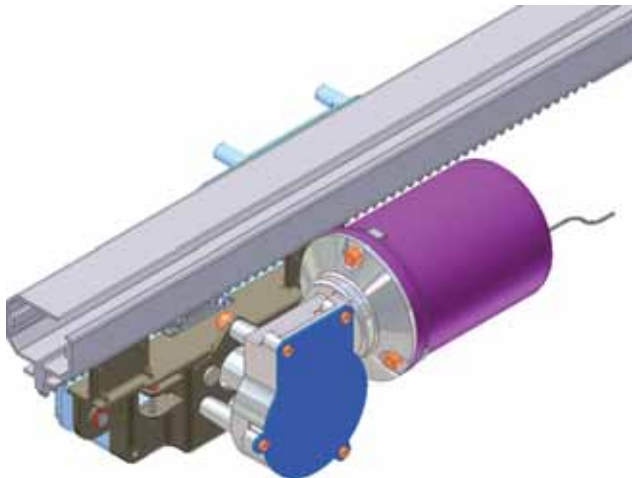
lence et de finaliser le schéma cinématique 33. La matrice 34 donne la classe d'équivalence correspondant à la pièce repérée.

Guidage en T Guidage en queue d'aronde Guidage cylindrique

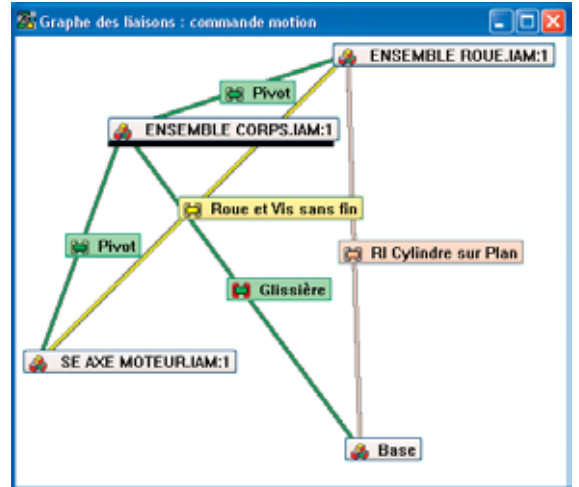
32 La solution retenue

	04	05	09	15	22	24	25	29	30	31	32	34	43	44	46	47	48	49	51	52
A	∇	∇		∇	∇	∇	(∇)	∇	(∇)	∇	∇	∇		∇	∇	∇	∇	∇	∇	∇
B														∇						
C							(∇)	(∇)												
D			∇																	

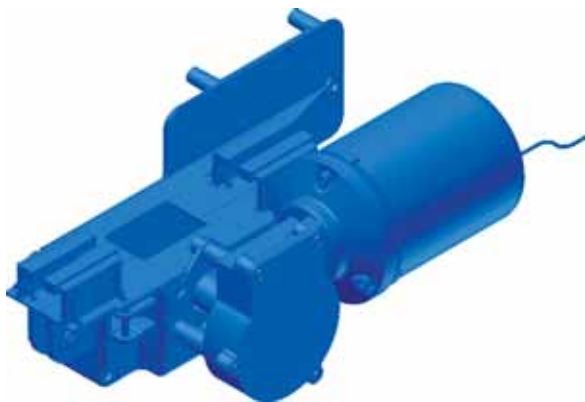
34 La matrice des classes d'équivalence



35 Le modèle numérique Inventor



39 Le graphe des liaisons sous Motion



36 La classe d'équivalence A



40 Le modèle numérique



37 La classe d'équivalence B



38 La classe d'équivalence C

Afin de vérifier si les fiches de formalisation sont bien assimilées, l'élève calcule :

→ La vitesse de la roue 08

On sait que

$$V_{\text{commande}} = V_{A/D} = 14 \text{ cm/s}$$

et l'on donne :

$$Z_{08} = 24 \quad d_{08} = 48 \quad m_{08} = 2$$

$$V = \omega \cdot R$$

$$\omega = V/R = 140 \div 2/48 = 5,83 \text{ rd/s}$$

→ La vitesse et la fréquence de rotation du moteur

Les calculs précédents ont montré que :

$$\omega_{08} = 5,83 \text{ rd/s}$$

$$N_{06}/N_{02} = Z_{06}/Z_{02} = r = 1/49$$

En déduire :

$$\omega_{06}/\omega_{02} = r = 1/49$$

Comparer ω_{06} et ω_{08} :

$$\omega_{06} = \omega_{08}$$

Calculer ω_{06} :

$$\omega_{06} = 5,83 \text{ rd/s}$$

Calculer ω_{02} :

$$\omega_{02} = 49 \div 5,83 = 285,67 \text{ rd/s}$$

Calculer N_{02} :

$$N_{02} = 30 \div \omega_{02}/\pi = 30 \div 285,67/\pi = 2729,95 \text{ tr/min}$$

L'élève va, avec le logiciel Motion, vérifier les résultats précédents et donner sa conclusion quant au problème posé.

À partir du modèle numérique 35, il va établir les différentes classes d'équivalence définies précédemment en respectant les couleurs du schéma 36 37 38.

Avec Motion et son graphe des liaisons 39, il construit le modèle numérique 40.

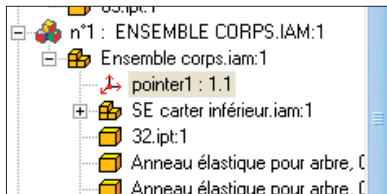
En entrant les données établies dans le TP 1 – le temps 41, le graphe



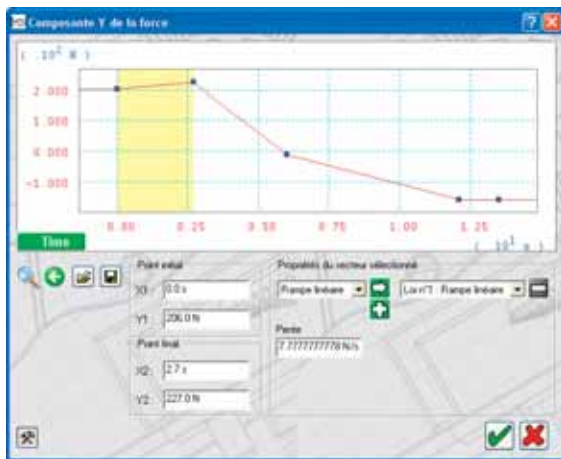
41 Le temps de la simulation



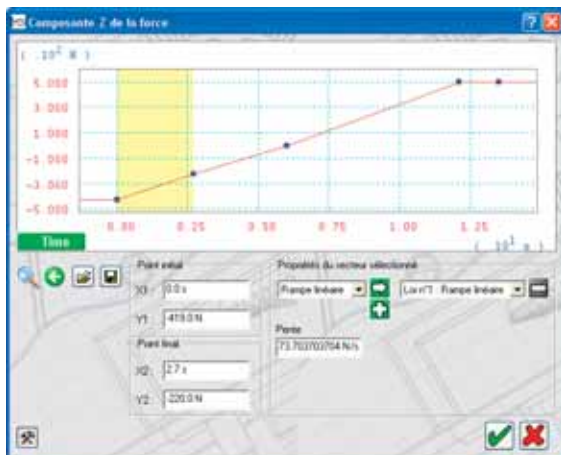
42 Le graphe du mouvement



43 Le repère



44 Le graphe de la composante Y



45 Le graphe de la composante Z

des vitesses sur la liaison glissière 42, le repère 43 permettant de définir les graphes des coordonnées 44 45 de la force exercée par l'actionneur – et en lançant la simulation, l'élève va obtenir des résultats 46 47 qui lui permettront de résoudre le problème posé :

$$\begin{aligned} \omega_{06} &= 5,83333 \text{ rd/s} \\ \omega_{02} &= 280,616 \text{ rd/s} \\ C_z \text{ moyen} &= 0,001589 \text{ m} \cdot \text{N} = \\ &= 1,589 \text{ m} \cdot \text{N} \quad 48 \end{aligned}$$

Pour la suite des calculs, on prendra :
 $C_z = 1,6 \text{ m} \cdot \text{N}$
 $\omega_{06} = 5,83 \text{ rd/s}$
 $\omega_{02} = 280 \text{ rd/s}$

Calculer la puissance nécessaire du moteur :

$$P_{\text{moteur}} = C_z \cdot \omega_{02} = 1,6 \cdot 280 = 448 \text{ W}$$

Conclure :
 Le moteur convient
 ne convient pas
 à cette nouvelle configuration.

Le TP 5

Ce TP concerne la modification du produit par la création d'une pièce permettant d'assurer une fonction.

→ La matrice du centre d'intérêt
 Un clic sur les centres d'intérêt étudiés permet d'en visualiser le contenu 49.

→ La problématique
 En cas de coupure d'électricité, l'ouverture de la porte basculante ne serait pas possible, car le système roue et vis sans fin n'est pas réversible. Un débrayage manuel est donc nécessaire pour interrompre la chaîne cinématique de la commande de porte.

Le travail demandé

La fonction Ft113 50 est développée sous forme d'un Fast à partir duquel une animation permet de la visualiser 51.



46 La vitesse angulaire de la roue



47 La vitesse angulaire et le couple du moteur

Valeurs

Sur toute la courbe Sur la partie zoomée

Moyenne : -1.58950E-03 Minimale : -1.27036E-01 Maximale : +1.27108E-01

Multiplicateur

Actif Valeur : 1.0 Couleur :

48 La valeur du couple moyen

Pour la phase de débrayage manuel, le schéma est celui donné en 52 et les classes d'équivalence deviennent :

{A} = {01, 03, 04, 05, 15, 19a, 22, 24, 25, 26e, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 38, 41, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 51, 52}

{B} = {02, 16a, 26i, 36, 43, 50}

{C} = {06, 07, 11, 16b, 18, 19}

{E} = {08}

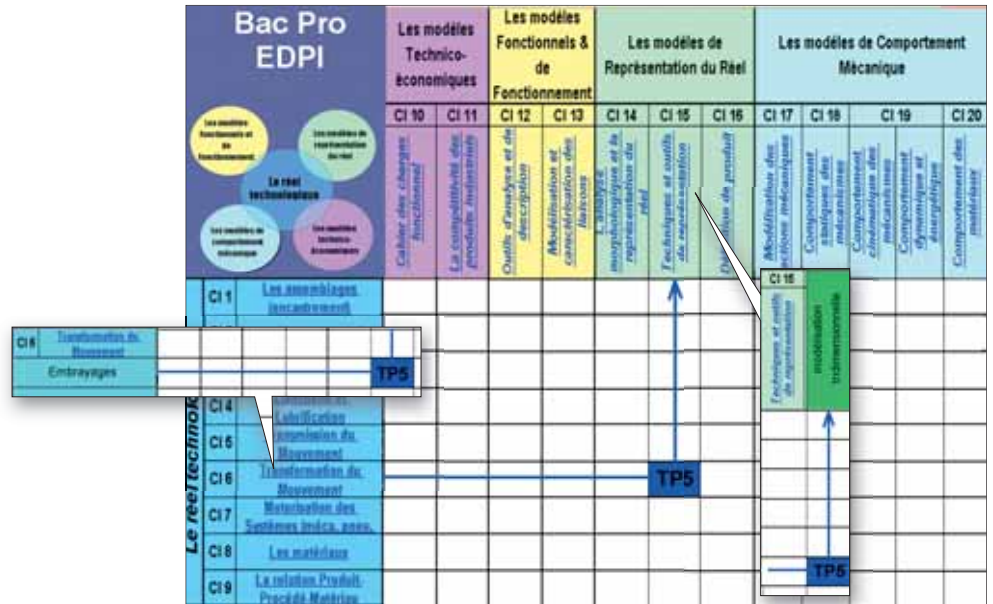
{F} = {10}

{G} = {11}

{H} = {12, 13i, 14, 20, 21}

L'élève doit concevoir la modélisation du levier 10 de manière que la course de {G} soit suffisante pour rompre la liaison entre {G} et {E}. Pour cela, il faut définir le contact de {H} avec {A} dans l'autre position limite.

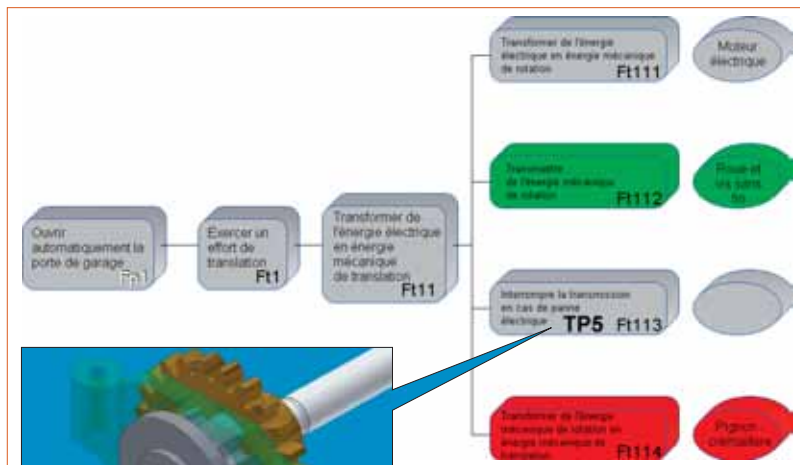
Il prépare son travail à main levée en représentant cette position sur le dessin incomplet 53.



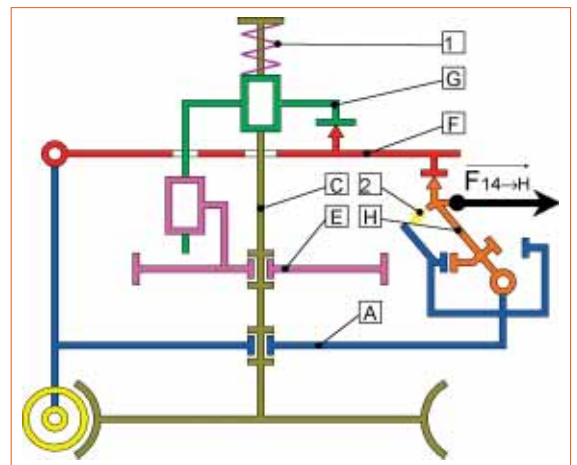
49 La matrice et le centre d'intérêt étudié

Fonction	Libellé et contrainte	Critère d'appréciation	Niveau	Flexibilité
FP3	Permettre le débrayage manuel en cas de coupure d'électricité Action de l'opérateur sur le câble 14	Débrayage de l'opérateur Préhension aisée pour manœuvre manuelle	Tout ou rien Hauteur d'homme 10 daN	Totale Maxi : 1,80 m Maxi : 10 daN

50 La fonction Ft113



51 Le Fast et l'animation de la fonction Ft113

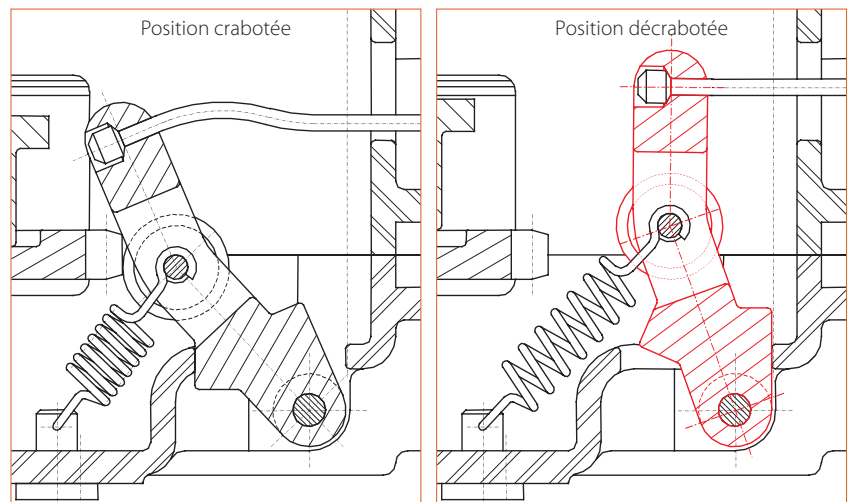


52 Le schéma de la fonction Ft113

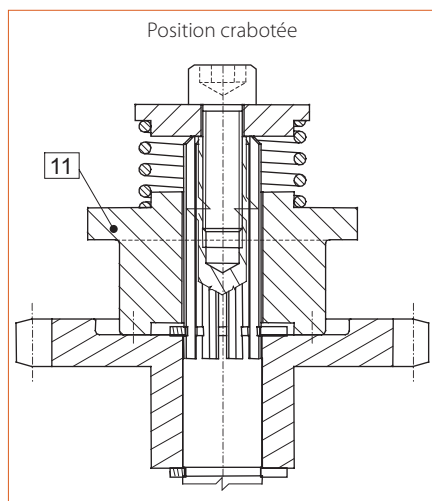
Il s'agit de rompre la liaison entre {G} et {E}. Pour cela, il faut rechercher la course minimale du crabot 11. L'élève doit représenter le crabot 11 en position de « décrabotage » minimal 54.

Ensuite, sur dessin 2D partiel, il trace aux instruments le croquis d'intention 55 afin de préparer son travail de modélisation.

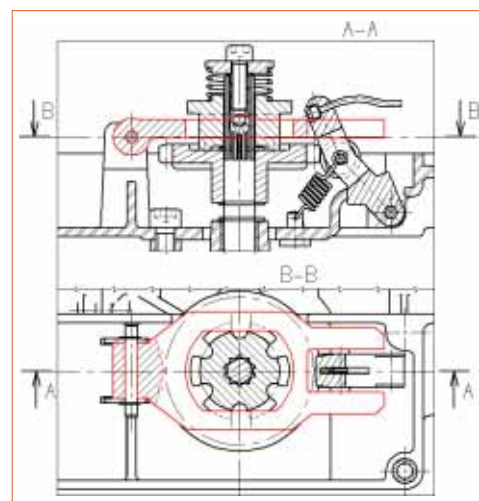
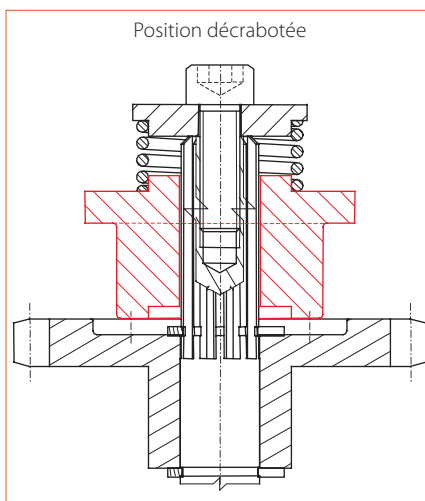
Dans l'ensemble partiel modélisé, il conçoit le levier 56 57 et vérifie par manipulation virtuelle 58 s'il remplit bien la fonction de déverrouiller le crabot.



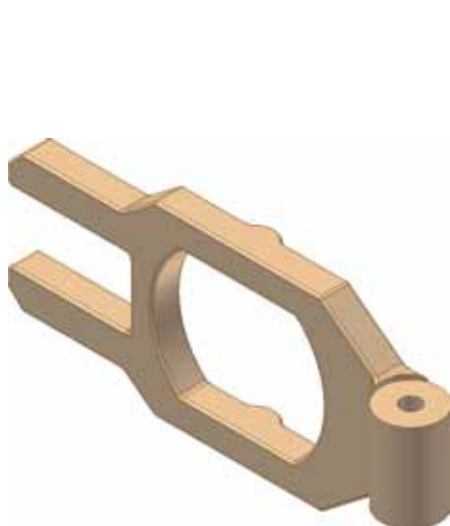
53 Le croquis de battement du levier



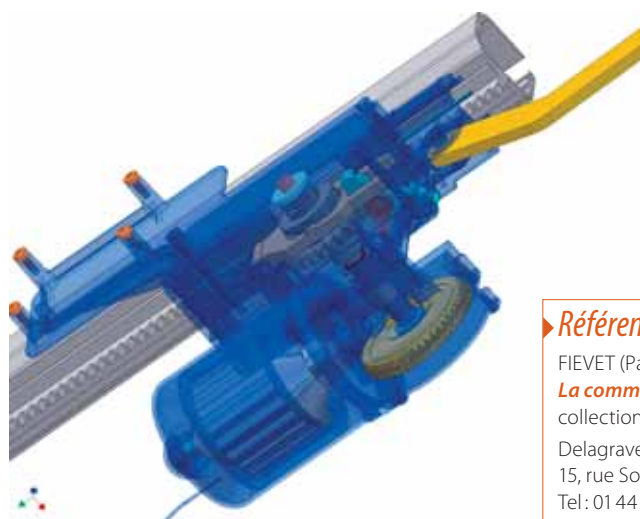
54 Le croquis de battement du crabot



55 Le croquis d'intention



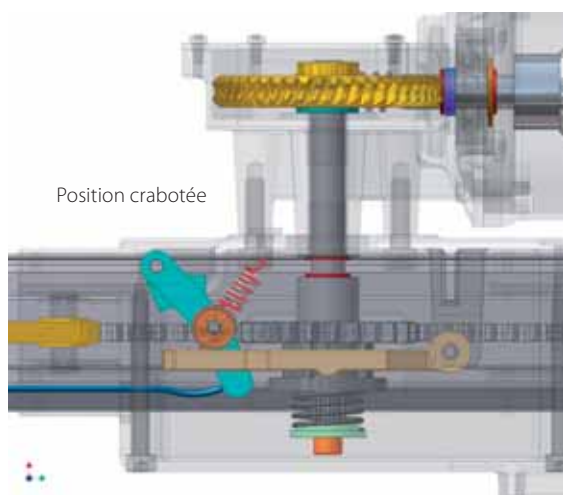
56 Le levier



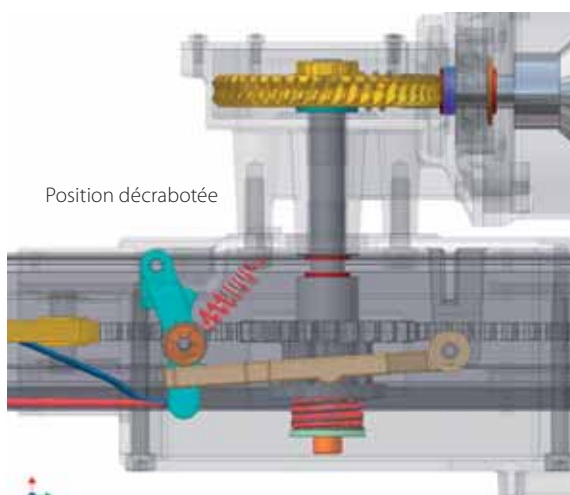
57 La conception dans l'assemblage

► **Références**

FIEVET (Pascal), PIGLIA (Jacques),
La commande de portail,
 collection « Animattech », Delagrave
 Delagrave édition
 15, rue Soufflot 75254 Paris Cedex 05
 Tel: 01 44 41 89 30 Fax: 01 44 41 89 39
 Courriel: delagrave@delagrave-edition.fr06



58 La manipulation virtuelle



Une élaboration collective

Cette méthode autorise un travail en « classe ouverte ». Les élèves ont accès à la salle en dehors des heures habituellement attribuées, en fonction des places disponibles, afin de poursuivre leurs travaux. Le mélange des élèves de sections différentes

permet des échanges très intéressants dans tous les domaines. De ce fait, la disponibilité de l'enseignant est très importante.

La conception de ce type de TP demande de la part des professeurs un investissement en temps conséquent. Le travail en équipe ainsi qu'un échange

de TP entre équipes d'enseignants me paraissent donc indispensables à cette méthode d'enseignement. C'est ce qui se pratique dans l'académie de Créteil, où des équipes sont en train d'élaborer des TP intégrant le maximum de centres d'intérêt. ➔