

# Fabrication et contrôle des engrenages : Des exigences croissantes



Mercier Engrenages : pignon et crémaillère



Ferry Capitain

Une belle application : les radiotélescopes de l'IRAM sur le plateau de Bure

« L'engrenage est un produit sophistiqué, mais dont le fonctionnement reste simple ! », souligne Michel Dreher. « Il est délicat à fabriquer, mais facile à utiliser, poursuit le responsable du Département Transmissions Mécaniques de Ferry Capitain. A la différence de certains moteurs annulaires utilisés pour l'entraînement et susceptibles de tomber en panne sans prévenir, avec l'engrenage, on voit se qui se passe et il est donc possible de réagir à temps en cas de problème ! En outre, on peut fournir des engrenages partout dans le monde, pour des fonctionnements même en ambiances très sévères. C'est un produit universel ».

Pignon conique droit pour commande d'ouverture de volet aéronautique (photo : Epsitech)

« L'engrenage est toujours un produit indispensable, surenchérit Jean-Claude Mouveaux, président de la Commission Normalisation de l'UNM, et je ne le vois pas être remplacé par quelque chose d'autre... » Voilà une entrée en matière qui, d'emblée, plante le décor. Et laisse supposer que l'engrenage a encore de beaux jours devant lui.

## CONCURRENCE DES VARIATEURS

Il n'empêche, la partie est loin d'être gagnée et la plupart des intervenants sur le marché évoquent soit « un marché relativement stable », comme Jacques Boisset, PDG de BCSA, soit, à l'instar de Gérard Burgaud, PDG d'Engrenage Service, « un marché de la fabrication plutôt en baisse ». En tant que président de l'Unitram, Jacques Boisset remarque ainsi que « tant les engrenages que les « boîtes à

En dépit de regroupements récents, la fabrication des engrenages en France est encore très éclatée entre de nombreuses entreprises, souvent familiales et très spécialisées. Il n'empêche : le marché évolue. L'engrenage doit s'adapter aux nouvelles demandes d'une clientèle toujours plus exigeante en termes de qualité de fabrication et de baisse des coûts. Les investissements en nouvelles machines et en moyens de contrôle sont souvent très lourds. A charge pour les fabricants d'engrenages de trouver de nouveaux marchés sectoriels ou géographiques pour les amortir.

**« L'engrenage est un produit sophistiqué, mais dont le fonctionnement reste simple ! Il est délicat à fabriquer, mais facile à utiliser »**

engrenages » - réducteurs, multiplicateurs, boîtes de vitesse... - tirent bien leur épingle du jeu ». A l'opposé, Gérard Burgaud met en avant « la concurrence des variateurs et guidages ainsi que des transmissions par courroies, poulies et chaînes ». Bernard Drevet, PDG de Foc Transmissions, rejoint plutôt cette dernière opinion quand il évoque « un marché des réducteurs plutôt en baisse du fait de l'arrivée de l'électronique, de la diminution du nombre de clients potentiels en France et d'une tendance des marchés à partir à l'étranger ». Tout en soulignant néanmoins « une assez bonne fidélité des clients vis-à-vis de leurs fournisseurs ». Quoiqu'il en soit, Jean-Claude Mouveaux met tout le monde d'accord en évoquant un marché de l'engrenage... « en dents de scie » ! Et puis, tous les spécialistes se retrouvent quand il s'agit d'évo-

### LUBRIFICATION DES ENGRENAGES D'ÉOLIENNES : UNE FILTRATION DÉLICATE

Parmi ses nombreuses applications, la société Karberg & Hennemann intervient notamment pour la filtration des huiles utilisées pour les engrenages des éoliennes.

« Les entrées de particules et d'eau dans l'huile sont des causes d'érosion, d'abrasion et de corrosion qui entraînent 80% des problèmes de maintenance, explique Karberg & Hennemann. Les dommages et pannes ainsi créés ont un coût qui peut être évité par une filtration à travers une cartouche spécialement conçue pour cette application (la 15/256 BG) qui assure un soin au fluide pour une qualité constante de l'huile. Les températures extrêmement basses ainsi que les huiles d'une haute viscosité utilisées pour les engrenages des éoliennes rendent

la filtration particulièrement difficile. La pompe à engrenage, très résistante, fonctionne avec des huiles d'une haute viscosité (jusqu'à ISO VG 320). Une valve by-pass spéciale garantit un fonctionnement irréprochable du filtre, même pour des températures extrêmement basses ».

En outre, les intervalles de maintenance sur les éoliennes sont très faibles (une à deux fois par an). Or, « les groupes de filtration CJC ne nécessitent pas de maintenance en fonctionnement continu. La commande des groupes de filtration est complètement mécanique, sans électronique complexe et susceptible ! Le faible encombrement du filtre permet une implantation facile dans les espaces restreints ».

Enfin, tout comme les contaminants, la cartouche filtrante absorbe l'eau de condensation créée par les variations de températures. « La capacité d'absorption de l'eau représente environ 50% de la capacité totale de rétention des particules », note Karberg & Hennemann.

quer la montée en puissance des activités de maintenance.

« Avec l'externalisation croissante des activités chez les donneurs d'ordres, ceux-ci doivent s'en remettre à des spécialistes extérieurs. La maintenance et la recharge représentent donc un gros marché », constate Jacques Boisset. « Les activités de maintenance et de réparation dans des délais très courts de pièces, parfois très anciennes, augmentent fortement, notamment sur les machines-outils et les machines spéciales », remarque lui aussi Gérard Burgaud, qui qualifie parfois son entreprise de « Samu de l'engrenage ! »

Jean-Louis Mérigard, Directeur Technique d'Epsitech, constate, quant à lui, que « les clients recherchent une gamme de ser-

« Les fabricants d'engrenages se doivent de s'adapter en permanence, notamment en termes de techniques de fabrication »

VICES de plus en plus large. Les pièces se complexifient, d'où un grand besoin d'expertise, de conseils et de R&D. Nous devons aussi faire preuve de compétences en termes d'analyse de la valeur et de réduction des coûts. Enfin, notre réactivité face aux problèmes évoqués par nos clients est mise à l'épreuve tous les jours ».

### DE LOURDS INVESTISSEMENTS

Face à ces mutations, les fabricants d'engrenages se doivent de s'adapter en permanence.

Et notamment en termes de techniques de fabrication.

Ainsi, Engrenages Ribaut notamment a consenti des investissements très importants en termes de machines de taillage, tournage et rectification de dentures. Ces machines à commandes numériques sont dotées de systèmes de chargement d'outils intégrés et de robots. Et récemment, ce sont deux machines de rectification de dentures (internes en externes) qui ont rejoint le parc de l'entreprise afin de répondre aux exigences des clients. « Ces machines sont très performantes mais très onéreuses, constate Jean-Pierre Ribaut, PDG. Mais elles sont indispensables étant donné les besoins de notre clientèle en produits de qualité. De nos jours, on ne peut plus envisager de livrer des engrenages non



Application Flender sur une éolienne Nordex

rectifiés ! »

Surtout spécialisé dans le taillage de gros modules (de 100 à 500 mm de diamètre) en moyennes séries, Ribaut fournit ainsi des engrenages de haute technicité à des secteurs comme les travaux publics, les poids lourds, les machines agricoles et l'aéronautique, tous domaines où les défauts de qualité sont exclus.

De fait, un parc machines de qualité s'avère indispensable chez les fabricants d'engrenages.

Rollix-Defontaine, par exemple, grand spécialiste de la fabrication de couronnes d'orientation, possède quelque 70 machines, en majorité dotées de commandes numériques, pour la fabrication de pièces de différents diamètres.

« L'évolution des machines-outils d'usinage et de taillage a permis



Flender



Le marché des éoliennes est particulièrement exigeant en matière de traitement thermique et de rectification.

d'accroître sensiblement la qualité des engrenages », constate, lui, Jean-Louis Mérigard. Aussi Ep-sitech utilise-t-elle des machines à commandes numériques avec un accroissement notable du nombre d'axes, dont une tailleuse couteaux de 9 axes circulaires pour la réalisation d'un grand nombre d'opérations : taillage du cône, d'engrenages bombés, hélicoïdaux, internes, externes..., et utilise le taillage par fraise-mère pour la correction des hélices.

clients, précise Benoît Combier, Directeur Technique. Nous nous adaptons en permanence à des besoins spécifiques »...

La fabrication d'engrenages est donc vraiment un métier de spécialistes. Que ceux-ci emploient des techniques ultramodernes de fabrication ou des procédés plus traditionnels à l'instar de Segor Industries, par exemple, qui s'est en quelque sorte spécialisée dans « tout ce que les autres ne veulent plus



Rollix-Defontaine

Ferry Capitain, en ce qui le concerne, utilise de plus en plus de fraises-mères et autres outils comportant des inserts en plaquette carbure, « ce qui permet d'obtenir des gains de compétitivité et de rapidité importants et de fabriquer des produits de qualité à des vitesses incroyables », se réjouit Michel Dreher.

### UN MÉTIER DE SPÉCIALISTES

Les opérations effectuées se doivent également de répondre à des besoins bien précis. Chez Engrenages HPC par exemple, le taillage s'effectue par fraise-mère pour la fabrication de petites et moyennes séries destinées aux fabricants de machines spéciales. « Nous réalisons ou adaptons selon les cas des produits très différents, selon les plans de nos

faire », explique Stéphane Morel, directeur commercial. A savoir le taillage d'engrenages spéciaux, la plupart du temps fabriqués à l'unitaire. Segor Industries utilise ainsi l'outil-mouche pour le taillage au grain de ses engrenages. Cette

technique étant principalement employée pour le taillage des roues en bronze. En outre, Segor Industries dispose de son propre atelier d'affûtage et fabrique lui-même ses outils. L'entreprise travaille beaucoup en sous-traitance de tailleurs d'engrenages,



Engrenage Service

notamment pour la réalisation de roues et vis sans fin non standard ou la rectification de filets...

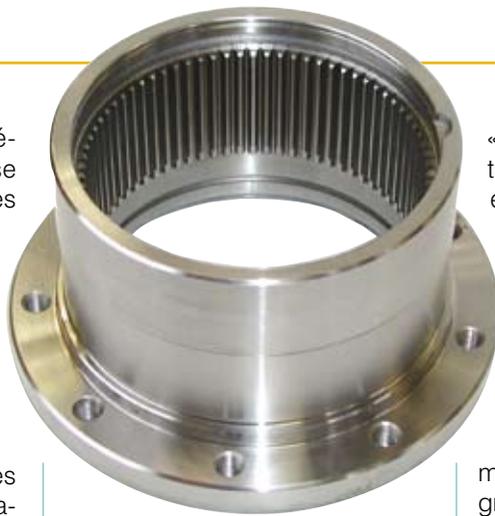
« Le savoir-faire de l'opérateur se révèle déterminant », remarque d'ailleurs Philippe Mercier, PDG

de Mercier Engrenages, spécialiste du taillage qui dispose tant de machines à commandes numériques pour le taillage par fraise-mère et couteaux circulaires que de machines traditionnelles automatisées pour la réalisation de prototypes et petites séries.

### QUALITÉ DES OUTILS

« Mais, si les procédés employés font preuve d'une relative stabilité, les techniques évoluent essentiellement avec la qualité des matériaux des outils », affirme Philippe Mercier.

« En matière d'engrenages, il faut disposer à la fois des machines et des outillages », renchérit Bernard Drevet. Spécialisée à l'origine dans les réducteurs, Foc Transmissions a ainsi procédé en 1997 au rachat de la société Lyonnaise Manquat - une référence en matière d'engrenages - et dispose ainsi d'un vaste parc de machines et d'outillages. L'entreprise maîtrise le process de fabrication de tous types de pièces : taillage conique droit ou incliné, couteau



Couronne intérieure (photo Engrenage Service)

intérieur et extérieur, fraise-mère, roues et vis sans fin, cannelures pour machines spéciales, brochage, rectification de dentures et de cannelures. Sa production d'engrenages couvre une plage étendue de dimensions du module 0,5 (diamètre 10 mm) au module 22 (diamètre 2,3 m). Récemment, Foc Transmissions a investi dans une tailleuse de grandes dimensions pour la réalisation d'engrenages de grands diamètres.

**« Si les procédés employés font preuve d'une relative stabilité, les techniques évoluent essentiellement avec la qualité des matériaux des outils »**

Pignon d'alternateur aéronautique de très haute précision (tolérance à 0 + 2 microns, rugosité inférieure à Ra 0.05 !)



Foc Transmissions

« Concernant les outils, les matériaux ont considérablement évolué », remarque également Jean-Louis Méricard qui cite notamment les opérations de correction de profils avec des outils spécifiques ainsi que de nouveaux revêtements au nitrure de carbure ou de titane.

D'une manière générale, les méthodes de fabrication ont progressé et continuent à évoluer. Le Directeur Technique d'Epsitech cite ainsi le taillage dur en fraise-mère jusqu'à 63/64 HRC,

tandis que « des progrès restent à accomplir en taillage couteaux dans la mesure où le fonctionnement par chocs peut poser des problèmes pour les matériaux durs qui présentent une certaine fragilité ».

Le taillage à sec semble, selon lui, plus approprié pour les petits modules et la grande série comme les boîtes de vitesses dans l'automobile. En outre, « si l'absence de lubrification est bénéfique pour l'environnement, les micro-copeaux peuvent représenter un problème en regard

### UN MARCHÉ... « EN DENTS DE SCIE » !

Selon les statistiques officielles, les engrenages sont regroupés avec les poulies et les volants. Il s'agit de fabrications réalisées par des sous-traitants.

Hors activité automobile, les chiffres communiqués par l'Unitram font état d'une production française de 122 millions d'euros en 2004, soit une augmentation de 5,7% par rapport à 2003 (source SESSI). La production vendue sur le marché français s'est élevée à 70,2 millions d'euros, tandis que l'exportation a représenté 51,8 millions d'euros (42,5% du total).

Les engrenages réalisés par les fabricants de réducteurs pour leurs propres besoins ne sont pas comptabilisés dans ces chiffres, sauf s'ils sont réalisés pour le marché de la réparation.

Pour 2005, les chiffres définitifs ne sont pas encore connus, mais la production d'engrenages devrait être supérieure d'environ 5% à celle de 2004, due à une forte croissance des exportations, note l'Unitram.

La production française est assurée par de nombreuses PME souvent indépendantes et familiales.

Il n'empêche, à l'instar d'autres marchés, des regroupements d'entreprises s'opèrent.

En 1997, Foc Transmissions, spécialisée à l'origine dans les réducteurs de vitesse, a racheté la société lyonnaise Manquat qui faisait référence dans le domaine des engrenages. Objectif selon Bernard Drevet, PDG de Foc Transmissions : « maîtriser tout le process de fabrication et couvrir l'ensemble des problèmes de transmissions de puissance de manière à pouvoir prendre en charge l'ingénierie complète d'un projet de transmission ». 2006 verra ainsi chez Foc Transmissions la redéfinition des compétences vers l'ingénierie et les services.

Plus récemment, en décembre 2005, c'est la société CMD qui a été reprise par le groupe CIF, maison-mère de Ferry-Capitain. Résultat de l'opération : le rapprochement de deux entreprises aux activités complémentaires (fabrication de réducteurs et d'engrenages, taillage, fonderie...), permettant ainsi de couvrir la gamme complète d'une chaîne cinématique d'entraînement, depuis le moteur jusqu'à la couronne dentée.

Le groupe CIF compte 1.100 salariés dans le monde et réalise un chiffre d'affaires de 130 millions d'euros, dont 60% en transmissions mécaniques.

D'une manière générale, « le marché évolue en dents de scie », estime Jean-Claude Mouveaux, Consultant de l'Unitram.

« La construction d'une nouvelle usine, une cimenterie par exemple, donnera beaucoup de travail aux fabricants d'engrenages... Et cela en dépit de la concurrence d'autres techniques. Les moteurs annulaires, par exemple, peuvent être employés pour entraîner directement les broyeurs d'une cimenterie. Mais leur coût demeure important... L'engrenage reste ainsi un produit indispensable ».

### ET LE PLASTIQUE ?

On parle de plus en plus de matériaux composites renforcés à la fibre de verre et autres, qui offrent les mêmes caractéristiques que le cimenté/trempé pour la réalisation d'engrenages. Ces produits sont réalisés à la chaîne sur des extrudeurs en grande série, d'où une baisse notable des coûts de fabrication.

« Pour l'instant, on les utilise surtout sur les moto-réducteurs, les tondeuses à gazon ou l'automobile (commande de marche arrière) », remarque Jean-Claude Mouveaux, consultant de l'Unitram.

Cette solution a néanmoins le mérite d'exister et certains s'interrogent.

« Des études sont en cours concernant la pignonerie plastique usinée et les matériaux composites type PEEK, remarque Jean-Louis Mérigard, directeur technique d'Epsitech. Cette solution pourrait remplacer l'acier dans certains cas et se traduire alors par des gains importants en termes de niveau sonore et de poids ».

« Le plastique est un peu utilisé, mais sur des créneaux très particuliers, note Gérard Burgaud, PDG d'Engrenage Service. Le PEEK par exemple peut être utilisé dans le secteur alimentaire, où dans des domaines où il y a peu de couple à passer, ou encore dans le but de réduire le bruit ».

Ainsi, Engrenage Service intervient actuellement sur une application dans le domaine médical où l'utilisation du plastique permet de diminuer le niveau sonore...

La correction des dentures a aussi évolué grâce à l'emploi de logiciels appropriés, d'où une diminution du bruit et une meilleure tenue à la pression.

Enfin, le Directeur Technique d'Epsitech

remarque que

«la superfinition

progressive, permettant

l'amélioration de l'état de

surface des dentures

par abrasion ou

chimiquement :

« on

retarde ainsi l'apparition

de micro Pitting, signes

avant-coureurs de la dégradation

de l'engrenage ».

De fait, « la maintenance est une

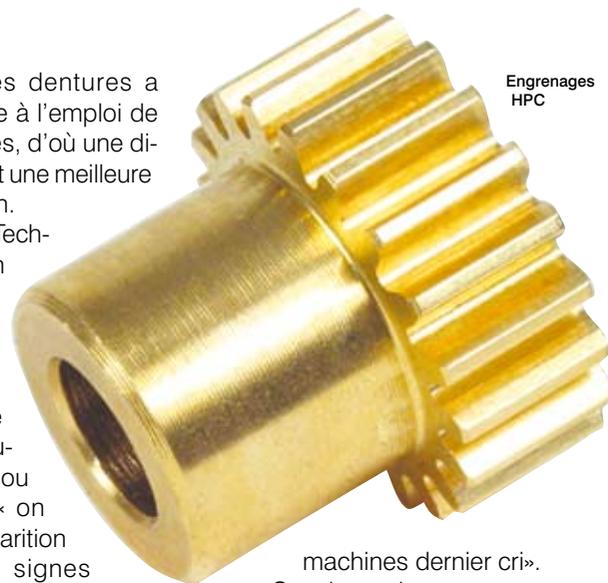
opération onéreuse, constate

Jean-Louis Mérigard, et tout doit

donc être mis en œuvre pour

accroître la durée de vie des

engrenages ».



machines dernier cri».

Ces investissements ont

notamment été consentis pour

desservir le marché des éoliennes,

particulièrement exigeant en

matière de traitement thermique

et de rectification.

La cémentation est réalisée dans

des fours avec des gaz très chargés

en carbone en regroupant les

pièces de tailles sensiblement

similaires nécessitant des épaisseurs

de cémentation homogènes. Les

pièces sont ensuite trempées dans

des bains d'huile, recuites et

rectifiées.

«Il est indispensable de maîtriser

la rectification, opération au cours

de laquelle on doit retirer de façon

homogène quelques microns de

cet apport en carbone, explique

Gilles Beau. En outre, les pièces

de réducteurs d'éoliennes sont

passées dans des bains spéciaux

(acide et soude) afin de tester

la rectification. Ces bains font

ressortir les défauts éventuels

des pièces. Les pièces défectueuses

### RECTIFICATION

«C'est dans le domaine de la rectification que les progrès les plus importants ont été effectués», constate quant à lui Gilles Beau, ingénieur commercial export chez Flender.

Flender, qui, disposant de son propre savoir-faire, a également développé des partenariats avec les fabricants de machines.

Là aussi, les investissements sont particulièrement conséquents.

«Les machines de rectification valent entre 500.000 et 1 million d'euros pièce, affirme Gilles Beau, et Flender a consenti de très gros investissements pour se doter de

« Les gains de temps sont également à l'honneur en matière de rectification des dentures, dont le temps de cycle a beaucoup baissé »



Roue d'élévation de plate-forme pétrolière taillée extérieurement : diamètre 1600 module 16, brochage de la denture intérieure

avec les normes Atex ».

Quant au taillage à grande vitesse, il fait l'objet de développements dans le cadre de l'Enise de St Etienne. Objectif : aller encore plus vite dans l'UGV à sec et limiter l'usure.

Les gains de temps sont également à l'honneur en matière de rectification des dentures, « dont le temps de cycle a beaucoup baissé, remarque Jean-Louis Mérigard, passant de 20 à 2 ou 3 secondes, tout en gagnant en qualité ».



Ensemble pignon et couronne montés dans un corps de pompe

tueuses sont impitoyablement éliminées car les opérations de maintenance sont très délicates et onéreuses sur une éolienne. »

Il faut également noter que des progrès sont enregistrés en termes de niveau sonore. La fabrication de couronnes de planétaires avec un léger angle permet, à cet égard, d'optimiser l'engrènement : il y a davantage de dents

engagées, d'où une diminution du bruit.

### COUPLE MATÉRIAU/ TRAITEMENT THERMIQUE

Le traitement thermique des pièces joue, lui aussi, un rôle déterminant dans la qualité des engrenages.

Plusieurs méthodes sont employées : trempe massive, nitru-



Taillage d'une couronne de 12 m sur une tailleuse à commande numérique au sein de l'usine allemande de Hattingen

### UNE FORMATION SELON DEUX AXES

« Il y a deux grands axes dans les actions de formation en matière d'engrenages, explique Jean-Claude Mouveaux, consultant à l'Unitram :

. La formation en usine, pour les personnes qui interviennent sur les zones d'utilisation des engrenages et des réducteurs.

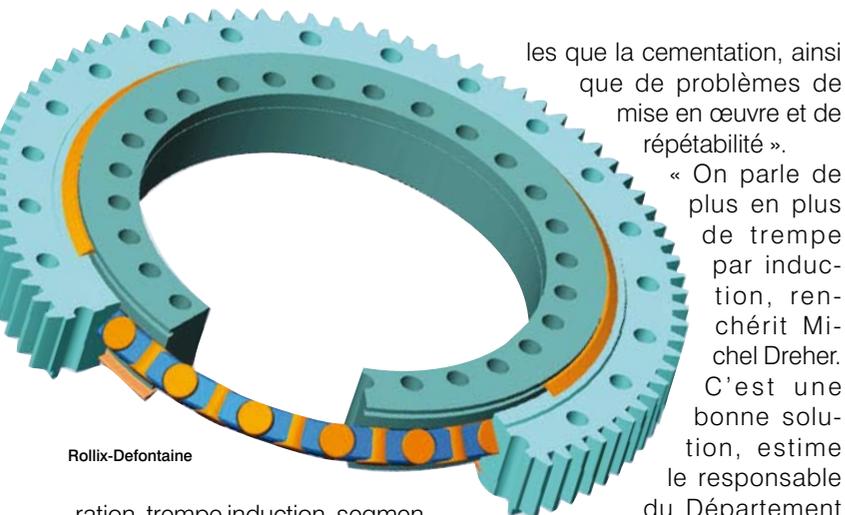
Il s'agit alors de comprendre ce qu'est un engrenage, avec une base théorique sur l'engrènement allée à la pratique concernant les problèmes rencontrés sur le matériel : lubrification, détérioration de la denture...

A noter que les utilisateurs disposent souvent de différents types de matériels qui coexistent au sein des usines : des machines vieilles de 30 à 40 ans et des équipements très récents. D'où la diversité des problèmes évoqués.

. La formation des personnels des entreprises qui conçoivent et fabriquent des engrenages : formation aux nouvelles normes de calcul de la partie dentée (coefficients, matériaux utilisés, calculs torsionnels, lubrification...), par exemple ».

En partenariat avec le Cetim, l'Unitram propose un catalogue standard de formations auquel s'ajoute des formations sur mesure concernant, par exemple, les réducteurs/engrenages ouverts (grandes couronnes) ou encore les engrenages plastiques et composites pour entraînement de tondeuses à gazon aux diamètres de 10 à 15 mm. « Les matières sont différentes, mais les problèmes d'engrènement sont les mêmes », assure Jean-Claude Mouveaux.

Les grandes sociétés établissent leurs besoins de formation chaque année, ce qui donne lieu à des stages réguliers de 4 à 6 personnes. « Les besoins sont assez constants, constate Jean-Claude Mouveaux, même si la maintenance est de plus en plus externalisée. Au sein des bureaux d'études des fabricants, au contraire, les besoins diminuent avec le nombre de fournisseurs d'engrenages »...



Rollix-Defontaine

ration, trempe induction, segmentation (carbo-nituration)...

« Engrenage Service utilise des procédés « classiques » tels que la cémentation, la nituration ou la trempe à cœur », indique Gérard Burgaud, qui explique que « la sulfocarbonituration » a fait son apparition depuis quelques années et permet d'améliorer le glissement sur des vis par exemple, ou en cas de mauvaise lubrification ». C'est ainsi qu'Engrenage Service intervient avec ce procédé sur les véhicules prototypes utilisés lors de l'Eco-Marathon, par exemple...

Selon Jean-Louis Mérigard, «c'est la trempe induction (HF) qui évolue le plus actuellement. Des études sont réalisées par l'Ademe qui émet des rapports favorables concernant la dépense en énergie. En outre, cette méthode est plus facile à intégrer dans une chaîne de fabrication (un seul cycle)». Revers de la médaille, «cette solution souffre beaucoup de caractéristiques en retrait par rapport aux autres méthodes tel-

les que la cémentation, ainsi que de problèmes de mise en œuvre et de répétabilité ».

« On parle de plus en plus de trempe par induction, renchérit Michel Dreher. C'est une bonne solution, estime le responsable du Département

Transmissions Mécaniques de Ferry Capitain, mais on se heurte malheureusement en France à un problème de normes vis-à-vis de nos concurrents étrangers. Cependant, nous ne nous désespérons pas de la faire progresser ! »

La cémentation basse pression dans des fours à basses températures, quant à elle, joue à la fois sur la dureté en surface et la dureté à cœur.

« D'une manière générale, afin de choisir la méthode appropriée, c'est le couple matériaux/traitements thermiques qui doit être considéré : il est indissociable », insiste Jean-Louis Mérigard.

#### VALIDATION DU PROCESS

Reste enfin une étape indispensable : le contrôle. Ou plutôt, les contrôles, tant les méthodes se sont multipliées ces dernières années, poussées par une clientèle de plus en plus rigoureuse.

« Ces opérations sont souvent plus longues à effectuer que la

#### DES NORMES EN ÉVOLUTION PERPÉTUELLE

De nombreux travaux de normalisation sont en cours dans le domaine de la normalisation concernant les engrenages et la France y participe activement.

Il en est ainsi de la nouvelle norme sur le calcul des engrenages, l'ISO 6336, qui comporte plusieurs volets et vise à optimiser le calcul en approchant le plus possible de la vérité.

Les participants aux commissions viennent de tous pays : Grande Bretagne, USA, Allemagne, France...

« Avec une équipe de quatre personnes, les français se placent bien et arrivent à faire évoluer les choses », se félicite Jean-Claude Mouveaux, Président de la Commission Normalisation de l'UNM.

« Toutes les normes sont revues régulièrement pour voir s'il est nécessaire de les faire évoluer », explique Jean-Claude Mouveaux.

En outre, plusieurs autres normes sont à l'étude et diffèrent selon les applications - comme la norme sur les éoliennes - ou selon les procédés de fabrication (lubrification).

« On ne peut pas traiter tous les engrenages de la même façon », insiste Jean-Claude Mouveaux. Les études sur la denture et la lubrification deviennent de plus en plus fines.

Idem pour les engrenages de grandes dimensions.

En matière de contrôles des engrenages, l'UNM a ainsi proposé une norme spécifique qui délimite ce que l'on peut faire sur les grandes couronnes dentées.

« Si l'on peut maintenant effectuer directement le contrôle sur la machine à rectifier les couronnes jusqu'à 4 m de diamètre avec des moteurs pas-à-pas montés sur la machine, au-delà, on ne peut pas contrôler le profil, explique Jean-Claude Mouveaux. Les cahiers des charges sont donc souvent très théoriques. On évoque un peu le contrôle laser, mais cela coûte très cher, vu la faible taille du marché »...

« La multiplication et la sévérité des moyens de contrôle vont sans doute s'accroître à l'avenir et les fournisseurs d'engrenages ne pourront pas relâcher leurs efforts car le marché est demandeur »



Rotary Breaker : tube tournant utilisé pour séparer le sable du schiste bitumineux dans l'Alberta, au Canada



Ferry Capitain



Epsitech

Ensemble « transmission par denture chevron reconstitué »  
(denture rectifiée, emmanchée, réglée et piété en position)

fabrication elle-même, note Jean-Pierre Ribaut, mais elles constituent un passage obligé ».

Charles Bousseau (Rollix Defontaine) estime, quant à lui, que « l'ensemble de nos moyens de contrôle nous permet d'assurer la validation de notre process ».

« Les machines de fabrication étant entièrement automatisées, les opérations de contrôle permanent prennent de plus en plus d'importance », note Gilles Beau. C'est ainsi que chacune des usines de Flender dans le monde est dotée de salles climatisées équipées de bancs de tests tridimensionnels et de matériels de contrôle (qualité, dureté...)

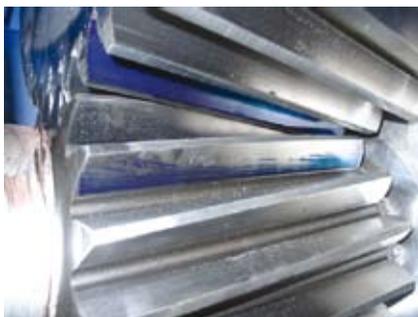
Ces contrôles peuvent s'exercer sur les caractéristiques des dentures. Ils seront alors réalisés par des machines dédiées (hélices, profils, erreurs de pas, faux ronds...), ou par des machines tri-dimensionnelles. « A noter que des logiciels de contrôle des engrenages sont conçus pour s'adapter sur les machines tridimensionnelles polyvalentes », indique Jean-Louis Méricard.

« Les machines traditionnelles sont en général très précises, eu égard au fait que la denture constitue une surface relativement complexe », note Bernard Drevet. Le PDG de Foc Transmissions reconnaît par contre, que « l'utilisation des machines tridimensionnelles se traduit par un gain de temps appréciable et présente l'avantage de constituer un historique de l'ensemble des interventions effectuées sur la pièce ».

Les contrôles concernent également la métallurgie (dureté de surface, dureté à cœur, tenue des caractéristiques), les états de surface (rugosimétrie...), la magnétoscopie ou encore la vérification de l'absence de brûlures après rectification des pignons pouvant entraîner la création de zones de recuits, et donc un risque de diminution de la dureté...

La multiplication et la sévérité des moyens de contrôle vont sans doute s'accroître à l'avenir et les fournisseurs d'engrenages ne pourront pas relâcher leurs efforts car le marché est demandeur. Gérard Burgaud constate ainsi que « les exigences des clients s'accroissent en matière de contrôle, notamment dans des secteurs comme l'aéronautique où Engrenage Service intervient comme fournisseur des sous-traitants de premier rang ».

Ces moyens de contrôle sont d'ailleurs de plus en plus intégrés aux machines de production, remarque Jacques Boisset. « Ils interviennent alors un peu « en juge de paix » », note le PDG de BCSA.



Contrôle d'une portée au bleu sur banc de contrôle d'engrènement de denture rectifiée

Foc Transmissions