

## BIONIQUE

# Du modèle naturel de la technique

FESTO

***Festo a créé un groupe de recherche en coopération avec des écoles supérieures et des instituts renommés, des entreprises de développement et des inventeurs privés : le Bionic Learning Network. Ce sont les solutions novatrices produites par ce groupe que nous vous proposons de découvrir.***

### **mots-clés**

automatisme, efficacité énergétique, innovation, mécatronique, prototypage, recherche & développement

La nature fait preuve d'un maximum d'efficacité. C'est pourquoi Festo se préoccupe activement de transposer les principes biologiques dans le monde de la technique.

Fournisseur de renom mondial en technique d'automatisation, cette entreprise familiale propose des produits, des solutions et des services dans le domaine de la technique de commande et d'entraînement pneumatique et électrique pour plus de 300 000 clients dans 176 pays.

Sa gamme s'étend de l'ensemble des différents composants d'automatisation jusqu'aux solutions intégrales adaptées aux besoins des clients pour l'automatisation industrielle et des process.

Festo dépose plus de 2 900 brevets dans le monde entier et commercialise 100 nouveaux produits tous les ans. L'entreprise doit sa force d'innovation à l'intégration des dernières découvertes dans le développement de ses produits. La bionique est une source de nouvelles connaissances et de technologies du futur. Elle fournit des impulsions stupéfiantes pour l'automatisation industrielle et des processus et ouvre de nouvelles pistes de solutions dans la pratique industrielle.

### **Que fait la technique d'automatisation ?**

Les fonctions types de la technique d'automatisation dans le quotidien industriel sont la préhension, le déplacement et le positionnement de produits

ainsi que la commande et la régulation de processus. Les composants de Festo sont ainsi employés pour la production et l'assemblage dans les secteurs les plus divers comme l'industrie automobile et électronique.

La technologie de traitement de l'eau et d'assainissement, l'industrie biotechnologique et pharmaceutique, l'exploitation minière, l'automatisation de laboratoires ainsi que la fabrication de denrées alimentaires et de boissons font partie des segments industriels de l'automatisation des process chez Festo. Tous ces secteurs sont caractérisés par l'établissement de diagnostics, tels la mesure, l'analyse et la visualisation de fluides (liquides, gaz, matières pâteuses et produits en vrac).

Dans les composants individuels ou les systèmes complets, les fonctions essentielles de la technologie d'automatisation sont les suivantes :

- **Déplacement** : déplacement linéaire et rotatif, tourner, retourner, saisir, pincer
- **Commande et réglage** : position, parcours, force, pression
- **Process** : mélanger, doser, remplir, séparer
- **Diagnostic** : mesurer, analyser, visualiser

Saisir et déplacer, commander, régler et mesurer – telles sont les tâches qui sont résolues automatiquement, simplement et avec une grande efficacité énergétique par les animaux. Quoi de plus naturel que d'observer

les phénomènes de la nature et d'en apprendre quelque chose ?

C'est ce qui a incité Festo à créer un partenariat de recherche avec des écoles supérieures et des instituts, des entreprises de développement et des inventeurs privés : le Bionic Learning Network.

### **Qu'est-ce que le Bionic Learning Network ?**

Une équipe de responsables composée d'ingénieurs et de designers, de biologistes et d'étudiants collabore étroitement avec des experts d'autres domaines d'entreprise ainsi qu'avec des partenaires externes du monde entier. Le travail d'équipe ouvert et interdisciplinaire crée de nouvelles perspectives et fournit de nouvelles impulsions pour les applications industrielles et les produits en série potentiels du futur.

### **Que souhaite-t-il réaliser avec la bionique ?**

Donner des impulsions et encourager l'innovation, inspirer et enthousiasmer. En tant qu'entreprise d'apprentissage à la pointe de la technologie, Festo poursuit des objectifs clairement définis avec le Bionic Learning Network :

- ① Créer des réseaux et encourager les acteurs dans les domaines les plus divers à développer leurs idées avec Festo.
- ② Prendre conscience des tendances actuelles dans le domaine de la recherche et du développement et tester des nouvelles technologies et procédés de production.
- ③ Augmenter la créativité dans les processus de développement de solutions et promouvoir le pré-développement de produits par la réalisation de prototypes.

# au monde

④ Établir un dialogue avec les clients et les partenaires sur les solutions indiquées et connaître les réactions des clients sur des thèmes voués à l'innovation.

⑤ Mettre en scène de manière convaincante la compétence de Festo pour trouver des solutions pour éveiller la passion pour la technique chez les jeunes et trouver de nouveaux talents.

## Qu'est-ce que nous pouvons apprendre de la nature ?

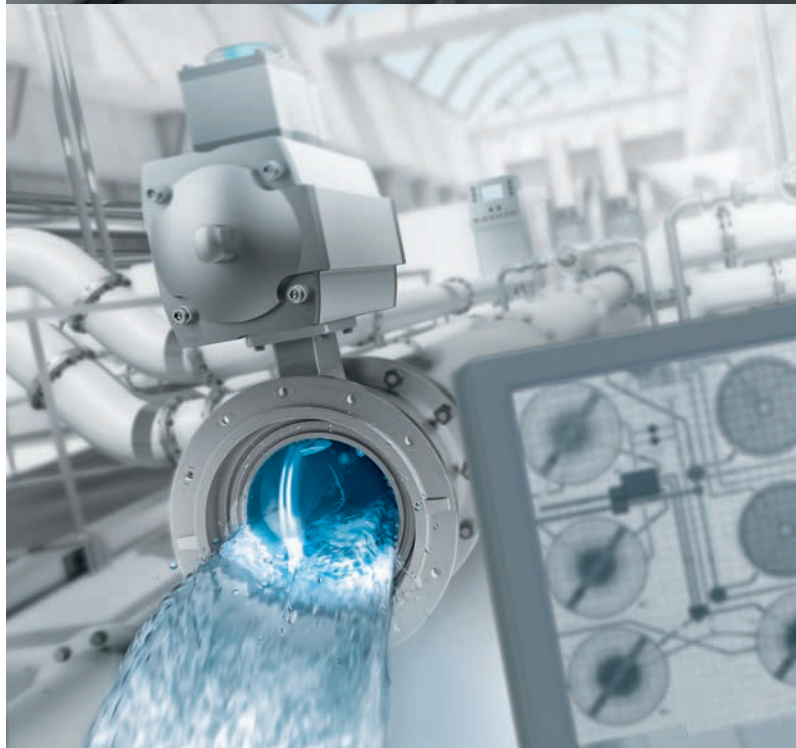
L'efficacité énergétique, les constructions légères, l'intégration fonctionnelle ou encore la capacité d'apprentissage et de communication... Depuis des millions d'années d'évolution, la nature a développé les stratégies d'optimisation les plus diverses pour s'adapter à l'environnement. Et ces stratégies sont transposables dans le monde de la technique.

### Efficacité énergétique

La nature nous montre de multiples manières comment obtenir un maximum de performance avec un minimum d'énergie. Les pingouins par exemple sont parfaitement isolés et réduisent leur consommation d'énergie grâce à leur corps hydrodynamique parfaitement adapté à la survie dans l'eau glacée de l'Antarctique. C'est pourquoi Festo a transposé l'efficacité énergétique du corps de ces oiseaux dans les AquaPenguins.

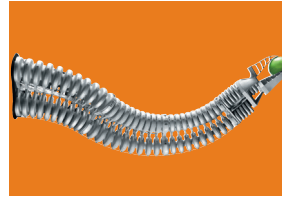
### Construction légère et intégration fonctionnelle

Ce qui vaut pour la technique vaut également pour la nature : plus le poids à déplacer est faible, plus la consommation d'énergie est réduite. Les oiseaux migrateurs qui ont de longs vols à effectuer ont donc un squelette extrêmement

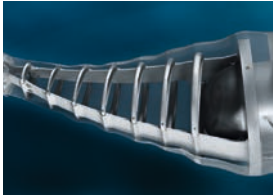


## Bioméchatronique

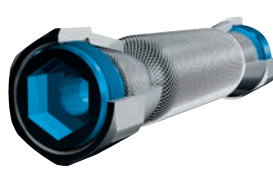
### Trompe



### Nageoire



### Muscle



>> Modèle naturel

>> Principe technique

>> Adaptation bionique

>> Application industrielle

■ De l'exemple de la nature au principe fondamental technique, de l'adaptation bionique à l'application industrielle

léger. Au plan technique, les constructions légères ne sont pas seulement économes en énergie, mais également en ressources, car elles nécessitent des quantités moins importantes de matériaux. L'exécution de plusieurs fonctions par une seule réduit le poids et économise de l'énergie et des matériaux.

La construction légère se retrouve dans un grand nombre de prototypes expérimentaux, comme l'assistant de manipulation bionique et le SmartBird, dont le battement d'ailes sert en plus de référence à l'intégration fonctionnelle de la force ascensionnelle et de la poussée en avant.

#### Apprentissage et communication

L'une des stratégies d'optimisation les plus importantes au cours de l'évolution est la communication des organismes entre eux, tel l'échange sur les sources de nourriture et leur qualité : quiconque peut apprendre où trouver la meilleure nourriture possède un avantage sélectif naturel. La communication de plusieurs systèmes autonomes est testée par Festo avec les AquaJellies. Dans des espaces exigus, le « banc » veille à ce que chaque méduse reçoive l'énergie nécessaire du poste de chargement.

#### Comment fonctionne la bionique ?

La bionique est bien plus qu'un mot artificiel composé des termes *biologie* et *technique*. Elle est à la fois une source d'inspiration et une méthodologie. Dans le processus de développement de nouvelles technologies, elle peut stimuler la créativité des ingénieurs pour les inciter à réfléchir à des solutions auxquelles ils n'auraient jamais songé auparavant.

À côté de la recherche libre et créative d'idées, il existe également deux méthodes concrètes et structurées de transposition des principes biologiques dans la technique : la stratégie top-down et la stratégie bottom-up.

#### Stratégie top-down : de l'exigence technique à la solution naturelle

Dans le cadre de la stratégie top-down, le chercheur se consacre à un problème technique et recherche de manière ciblée une solution inspirée des modèles de la nature.

#### NanoForceGripper : de la patte du gecko à la pince peu énergivore

Pendant longtemps, il était presque impossible de soulever par exemple des surfaces lisses sans pince ou tech-

nique du vide. Dans sa recherche de solutions, un partenaire de réseaux a découvert un modèle biologique inspiré du gecko.

Il grimpe sans effort sur des surfaces entièrement lisses et peut même se tenir la tête en bas sans consommer beaucoup d'énergie. Les quelque 29 000 poils nanométriques par centimètre carré développent des forces appelées forces de van der Waals. Grâce à ces poils, la patte du gecko peut supporter plusieurs fois son propre poids.

Grâce à un film spécial qui simule ces éléments adhésifs et à un mécanisme de détachement unique, le NanoForceGripper peut saisir et reposer des objets lisses presque sans énergie.

#### Stratégie bottom-up : du principe naturel à l'application industrielle

La stratégie bottom-up s'effectue dans le sens inverse : le scientifique détecte un phénomène naturel pour en déduire sa mise en œuvre technique.

#### Structure à Fin Ray Effect : de la nageoire de poisson à l'application technique

Le meilleur exemple est le Fin Ray Effect, qui s'apparente au comportement de la nageoire caudale du pois-

son. Lorsqu'on appuie sur la nageoire, elle ne fléchit pas en s'écartant du point de pression, mais autour du point de pression.

Sur la base de cette observation, le principe biologique a été technologisé en collaboration avec Festo et développé pour devenir un doigt de préhension adaptatif. Après analyse du phénomène naturel, les chercheurs en ont déduit le principe de base technique.

Avec différents objets bioniques nageants et volants, les ingénieurs en ont testé le fonctionnement jusqu'à ce que la technologie ait été appliquée pour la première fois dans la pratique dans un environnement industriel. Pour le Bionic Tripod, le prototype d'une cinématique du tripode souple, les constructeurs ont développé le FinGripper, une main de préhension adaptive complète.

Elle permet une saisie sûre et non destructive de pièces à usiner ou de produits fragiles et de forme irrégulière. Grâce à l'application de forces par accouplement mécanique sur la surface de préhension, elle est idéale pour les composants ou les produits sensibles à la pression – par exemple dans l'industrie alimentaire.

#### **Fluidic Muscle : du muscle humain à l'entraînement pneumatique**

Le muscle pneumatique DSMP/MAS a été créé un peu comme la pince. Inspiré du muscle humain, il est aujourd'hui employé comme actionneur à simple effet ou comme ressort pneumatique dans les installations de poinçonnage et de laminage, pour les bobines ou les bandes transporteuses.

#### **Assistant de manipulation bionique : de la trompe d'éléphant à l'interaction homme-machine**

La transposition la plus connue d'un principe naturel dans le monde de la technique par Festo est bien l'assistant de manipulation bionique dont le bras préhenseur est inspiré par la structure et la fonction d'ensemble de la trompe d'éléphant. La structure en soufflet pneumatique est une construction extrêmement légère

et souple. Le contact direct entre l'homme et la machine ne représente ainsi aucun danger. En cas de collision, le système d'assistance se retire directement. Une protection de l'homme, comme pour les robots industriels conventionnels, n'est donc pas nécessaire.

Pour les chercheurs et les développeurs de Festo, le système d'assistance sert de plate-forme de développement mécatronique qui réunit les technologies et les composants les plus divers. Le système est commandé par la plate-forme d'automatisation CPX. Les capteurs Smat saisissent les parcours et la position de la structure en soufflet, dont la pression est réglée via la technique de soupape proportionnelle de Festo.

En 2012, l'assistant de manipulation bionique a été complété par un programme de reconnaissance d'images et vocale qui permet au système de saisir des objets de manière autonome et sans aucune programmation ni commande manuelle. Ainsi, Festo apporte de nouvelles réponses à la question qui nous préoccupe aujourd'hui : comment l'homme pourra-t-il agir simplement, efficacement et surtout en sécurité avec les machines dans les usines de demain ?

#### **L'ExoHand : de l'énergie d'assistance directe à la manipulation à distance fiable**

Avec l'ExoHand, Festo poursuit les efforts déployés dans le domaine de recherche de l'interaction homme-technique.

Pouvant bouger librement, l'exosquelette s'enfile comme un gant et élargit la marge de manœuvre de la main. On pourrait envisager l'ExoHand comme un système d'assistance de force dans le cas d'activités d'assemblage ou pour la rééducation ainsi que pour la manipulation à distance d'une main de robot pendant la production : la contre-réaction de la force permet à l'homme de ressentir ce qu'un robot saisit. Il peut ainsi tâter et déplacer des objets en respectant une distance de sécurité et sans les toucher lui-même.

#### **Robotino XT: du système d'apprentissage mobile à l'objet de recherche global**

Dans le cadre du développement de l'assistant de manipulation bionique, Festo a construit une version compacte de la trompe qui a été installée sur le système d'apprentissage mobile Robotino : le Robotino XT. Désormais, Festo Didactic applique la plate-forme de robots dans des projets de recherche dans des universités choisies dans le monde entier qui se consacrent au développement de la commande et du réglage autonomes ainsi qu'à la réalisation d'applications les plus diverses dans le domaine de la robotique de service.

Robotino est un système ouvert qui permet un enseignement pratique et passionnant des bases techniques, telles la technique d'entraînement et de régulation, la technique des capteurs sans contact et la cinématique. Ce type d'enseignement est particulièrement motivant pour les jeunes apprenants.

#### **La fabrication additive : d'une simple poudre à un composant sophistiqué**

Le frittage sélectif au laser, un procédé de fabrication générative, est à la base de bon nombre de constructions légères comme le FinGripper, l'ExoHand ou la structure en soufflet de l'assistant de manipulation bionique. Il consiste en l'application successive de plusieurs couches très minces de poudre de polyamide. Chaque couche est fondue avec la couche sous-jacente par un laser et est seulement durcie à l'endroit prédéterminé par le programme de commande. La poudre ne durcit pas dans les cavités et peut donc être enlevée ultérieurement.

Ainsi, il est possible, entre autres, d'effectuer une impression en 3D individuelle de produits complexes et d'unités de système mobiles. La construction permet de réaliser des économies sur les coûts de l'outillage et les frais subséquents, de réduire jusqu'à 80 % le poids et ainsi de réduire la consommation de ressources et d'énergie du système.

## Aperçu des projets

Depuis 2006, Festo a mis en œuvre plus de 40 projets dans le cadre du Bionic Learning Network. Nous vous en présentons une sélection – du premier prototype expérimental aux dernières innovations.

### BionicKangaroo 2014



Comme son modèle naturel, le kangourou artificiel récupère l'énergie au bond, l'emmagasine et la réutilise efficacement au prochain bond. Sa stabilité est assurée par une technique de commande et de régulation précise. La combinaison intelligente d'entraînements pneumatique et électrique permet un comportement unique au bond. Le système est commandé par des gestes.



### MultiChoiceGripper 2014



Une maîtrise parfaite : comme la main humaine, le MultiChoiceGripper peut combiner différents types de saisie. Ses doigts peuvent prendre tellement de formes qu'ils sont en mesure d'opter pour une saisie parallèle ou centrale – sans aucune transformation. De plus, les doigts à structure Fin Ray s'adaptent aux formes les plus diverses.



### DualWingGenerator 2014



Avec le porteur technologique, Festo a poursuivi ses travaux sur le SmartBird : le système bénéficie du principe du battement d'ailes, pas pour se déplacer, mais pour récupérer de l'énergie. Auto-optimisante, l'installation peut s'adapter aux différentes conditions de vent, d'où son efficacité exceptionnelle.



### BionicOpter 2013



Avec le BionicOpter, Festo a reproduit techniquement les propriétés complexes du vol de la libellule. L'objet volant ultraléger peut se déplacer dans tous les sens, voler sur place et planer sans battre des ailes, un comportement rendu possible grâce à la construction légère et l'intégration des fonctions. La cinématique intelligente compense les vibrations du vol, le contrôle permanent en temps réel des données de vol garantit un vol stable.



### WaveHandling 2013



Le convoyeur pneumatique peut transporter des objets et en même temps les trier. De nombreux modules à soufflet déforment la surface de sorte que l'ondulation qui en résulte transporte les objets à destination. Les divers modules s'emboîtent à volonté et se configurent tout seuls. Cela permet de mettre le système en service rapidement et sans programmation, dans les configurations les plus diverses. L'intégration de la fonction de tri rend superflue une unité de manipulation supplémentaire.



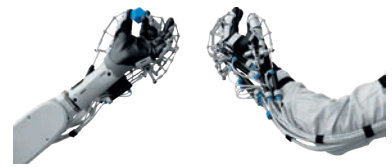
### LearningGripper 2013



Dans l'abstrait, le LearningGripper ressemble à la main humaine. Au moyen du procédé Machine Learning, le manipulateur est en mesure d'apprendre lui-même une manipulation complexe – telle que l'orientation ciblée d'une sphère.



### ExoHand 2012



Que ce soit pour l'assemblage ou la manipulation à distance, dans le domaine de la robotique de service ou celui de la thérapie médicale, les domaines d'utilisation imaginables pour l'ExoHand sont nombreux. L'ExoHand permet de bouger activement les doigts, d'amplifier la force dans les doigts ainsi que d'absorber les mouvements de la main et de les transmettre en temps réel aux mains de robots. Grâce à la contre-réaction de force, l'homme ressent la même sensation que la main du robot saisissant quelque chose.



### NanoForceGripper 2012



Saisir comme le gecko : la pince NanoForceGripper permet de saisir pratiquement sans énergie des objets particulièrement fragiles à surfaces lisses. Le mérite en revient à un film apposé sur la face inférieure de la pince. Ses éléments ressemblant à des ventouses s'inspirent de l'exemple naturel du gecko. Ils adhèrent durablement et en toute sécurité aux surfaces de l'objet saisi, sans nécessiter d'énergie. Seuls la préhension et le détachement exigent une énergie extrêmement faible. La structure intégrée à Fin Ray Effect se plie et détache en douceur l'objet saisi.



### SmartBird 2011



Le vol d'oiseau décrypté : SmartBird est un modèle volant ultraléger mais très performant doté d'une excellente aérodynamique et d'un maximum d'agilité. Sa propulsion par battements d'ailes combine la force ascensionnelle et la poussée en avant. La torsion articulée active permet aux ailes de battre vers le haut et le bas et de se tordre de manière ciblée. Avec cette intégration fonctionnelle, Festo a réussi pour la première fois l'adaptation technique du modèle naturel en appliquant toute son efficacité énergétique.



**Robotino® XT 2011**



Robotino XT est une combinaison du système d'apprentissage Robotino d'ores et déjà établi dans les écoles supérieures et professionnelles avec une version portable de l'assistant de manipulation bionique. Ainsi, non seulement le système est manœuvrable dans un espace exigu avec douze degrés de liberté, mais en plus le robot est commandé en toute souplesse et le bras articulé flexible est réglable avec précision. C'est possible grâce au terminal de distributeurs piézo intégré : il est déjà équipé de ses propres régulateurs de pression et effectue avec précision le dosage de l'air comprimé dans les chambres à air du bras pneumatique.



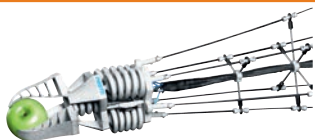
**Assistant de manipulation bionique 2010**



L'assistant de manipulation bionique est léger, très mobile et souple, même en cas de contact direct entre la machine et l'homme. En 2010, ce système d'assistance a remporté le prix allemand de l'Avenir. Servant de plate-forme multitechnologique pour le développement simultané de la mécanique, de l'électronique et des logiciels pour les machines et les solutions de manipulation, le système est complété en même temps par de nouveaux concepts de commande comme la commande vocale et de reconnaissance d'images.



**Bionic Tripod 2.0 2010**



Grâce à sa pince adaptative et à sa construction légère et souple, la deuxième génération de Bionic Tripods est destinée aux travaux de manipulation d'objets sensibles à la pression et de différents contours et dimensions. La cinématique horizontale du tripode est orientable dans tous les sens jusqu'à 90 degrés, alors que le prédécesseur (en suspension) et le successeur (en position verticale, saisie tête en bas) sont orientés verticalement.



**AirPenguin 2009**



La mobilité des objets en vol collectif est très proche de celle de leur modèle biologique maritime : grâce à la structure 3D à Fin Ray Effect, leurs parties arrière et avant sont maniables. La construction d'ailes à torsion passive permet d'obtenir une poussée vers l'avant ou l'arrière. Dans un espace aérien défini par ultrasons, les AirPenguins peuvent même voler dans l'air en toute liberté et autonomie.



**AquaPenguin 2009**



Les AquaPenguins possèdent des corps hydrodynamiques à grande efficacité énergétique. Leur élégante propulsion par battements d'ailes leur permet de manœuvrer de manière autonome dans des espaces exigus et même de nager à reculons. Un sonar 3D, comme chez les dauphins, leur permet de communiquer avec leur environnement. Par exemple pour éviter des collisions.



**AirJelly 2008**



Le premier objet volant d'intérieur à entraînement péristaltique : la force de l'entraînement électrique est transmise aux huit tentacules à Fin Ray Effect qui font glisser dans l'air le ballonnet rempli d'hélium en utilisant le principe de propulsion à réaction de la méduse naturelle.



**AquaJelly 2008**



Comportement collectif dans un espace exigu : les capteurs intégrés et le diagnostic en temps réel permettent aux AquaJellies de communiquer entre eux et de se localiser. Chaque méduse décide de manière autonome quelle tâche elle exécutera en fonction de son état et de sa position.



**Air\_ray 2007**



Vive la construction légère : grâce à la poussée de l'hélium et à la propulsion par battements d'ailes à Fin Ray Effect, l'Air\_ray se déplace dans l'air comme son modèle vivant dans l'eau. La torsion active des ailes assure un déploiement de force maximal et un degré d'efficacité aérodynamique plus élevé.



**Aqua\_ray 2007**



Battements d'ailes dynamiques ou planer avec élégance : l'anatomie fonctionnelle de l'Aqua\_ray lui permet de manœuvrer aisément et avec une grande efficacité énergétique dans l'eau. Avec le Fin Ray Effect, deux paires de muscles à actionnement opposé créent une propulsion par battements des deux ailes.



**Airic's\_arm 2007**



Commandés par une mécatronique des plus modernes, réglés par la piézotechnique de Festo, 30 muscles pneumatiques déplacent le squelette du bras robotisé à la manière du modèle humain.



**Airacuda 2006**



La construction, la forme et la cinématique de l'Airacuda sont inspirées de son modèle biologique. Quatre muscles pneumatiques et la structure à Fin Ray Effect assurent le mouvement ondulatoire et la direction souple de la queue.



La bionique en chiffres

Informations concernant le Bionic Learning Network – en un coup d’œil.

**10**   
gestes différents de l'utilisateur

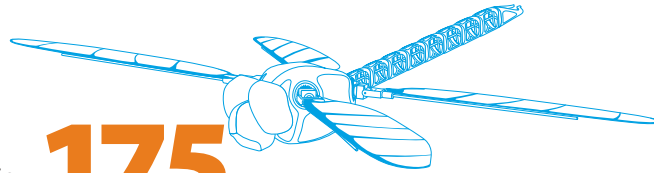
... sont détectés et interprétés très simplement par le BionicKangaroo. Un bracelet spécial permet de commander intuitivement le kangourou artificiel.

**26**  
inventions

... sont nées directement du Bionic Learning Network de Festo.

**42**   
grammes de poussée identique

... sont fournis par les entraînements bioniques des eMotionSpheres, en marche avant et arrière. Cette combinaison efficace de la même poussée est une véritable nouveauté sur les objets volants. Chacune des huit sphères comprend huit hélices adaptives dont la construction renferme tous les résultats des travaux réalisés sur le BionicOpter: Festo a développé le principe des ailes de la libellule artificielle pour le transposer sur les entraînements innovants des sphères.

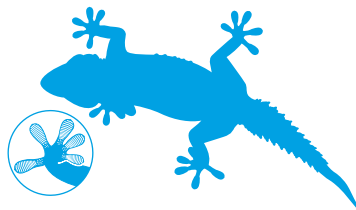


**175**  
grammes

... Le BionicOpter est vraiment léger pour une envergure de 63 cm et un corps de 44 cm de long. Le besoin réduit en matériaux et l'intégration fonctionnelle de bon nombre d'éléments de construction dans des espaces exigus permettent de réaliser cette construction légère qu'est la libellule artificielle.

**17 477**   
abonnements sur YouTube

... pour le canal officiel du Bionic Learning Network à la mi-octobre. Vous trouverez toutes les vidéos sur les projets bioniques de Festo sur [www.youtube.com/festohq](http://www.youtube.com/festohq).



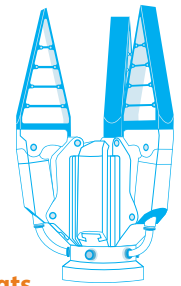
**29 000**  
éléments adhésifs

... par centimètre carré forment la structure de la patte naturelle du gecko, simulée sur la partie inférieure de la pince NanoForceGripper. Les minuscules poils nanométriques développent des forces appelées forces de van der Waals, à l'aide desquelles l'animal peut supporter plusieurs fois son propre poids.

**11**  
degrés de liberté

... offrent à l'assistant de manipulation bionique une multitude de trajets de déplacement spécifiques aux tâches. Pouvant se déplacer en toute souplesse, le système est ainsi capable de saisir avec précision des objets – comme son modèle vivant, la trompe d'éléphant.

**2 à 6**


















éléments de doigts

... peuvent être montés sur le Multi-ChoiceGripper. Outre les doigts adaptatifs Fin Ray, deux autres types de doigts peuvent encore être enfilés simplement et sans outil sur le corps de base de la pince.

**3**  
projets du Bionic Learning Network

... ont été exposés au Museum of Modern Art à New York en 2008 dans le cadre de l'exposition « Design and the Elastic Mind » : Airacuda, Aqua\_ray et Air\_ray.

Principes techniques :	Stratégies d'optimisation :	Technologies intégrées :	Procédés de production :	Potentiels d'utilisation :
Dérivés de phénomènes naturels, utilisés et développés dans un grand nombre d'adaptations bioniques et d'applications industrielles.	Au cours de l'évolution, la nature s'est adaptée à son environnement. Ses stratégies indiquent la voie à suivre pour une automatisation plus efficace à l'avenir.	Les objets bioniques servent de prototypes expérimentaux, qui permettent à Festo de tester et d'optimiser de nouveaux composants et technologies.	Rapide, flexible et sans outils : dans le cadre du Bionic Learning Network, Festo teste de nouveaux procédés de production – pour des éléments de construction individuels et des séries complètes.	Les concepts de commande visionnaires, les formes d'applications possibles ou encore les futurs champs d'application, la bionique offre de nouvelles perspectives pour l'automatisation de demain.
 Structure avec Fin Ray Effect (nageoire)  Fluidic Muscle (muscle pneumatique)  Structure en soufflet pneumatique (trompe)	 Efficacité énergétique  Construction légère  Intégration fonctionnelle  Communication	 Piézotechnique  Technique de commande et de régulation  Technique des capteurs sans contact  Servo-pneumatique	 Frittage sélectif au laser  Procédé de fusion au laser	 Interaction homme-machine  Intelligence artificielle et systèmes autonomes

## Bionic Learning Network : *open innovation*

Depuis le début des années 1990, les activités de Festo portent sur le thème de la bionique – la transposition de phénomènes naturels dans le monde de la technique. La création du Bionic Learning Network en 2006 a permis d'établir des échanges ouverts et intenses avec des écoles supérieures, des instituts et des sociétés de développement renommés.

### Créatif et interdisciplinaire

C'est dans un environnement créatif que plus de quarante projets ont pu être réalisés jusqu'à ce jour. Une vingtaine d'universités et d'écoles supérieures ont participé à ces prototypes expérimentaux, sans oublier les nombreux partenaires industriels qui ont apporté leur savoir-faire. Dans l'ensemble, jusqu'à ce jour, près de 200 collaborateurs ont apporté leurs idées pour le développement des projets.

### Visionnaire et fascinant

Chaque prototype expérimental est une combinaison de nouvelles idées, solutions et technologies. Tous les ans, le Bionic Learning Network suscite la passion de milliers de jeunes pour les sciences naturelles et la technique.

