

**[WWW.ARTECH-GE.CH](http://WWW.ARTECH-GE.CH)**

Le mot du Président

L'actualité technique et scientifique

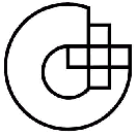
Le verre autonettoyant

Sorties et activités pour cette année

Liste des membres

Composition du comité 2008

Web, Books & Co ...



## Mot du Président

Chers membres,

Vous avez pu constater que la cotisation de l'ODEC (anciennement ASET) a fortement augmenté.

L'ODEC regroupe dès à présent tous les diplômés ES. Ce qui veut dire que notre association est en droit d'accepter des membres possédant un diplôme ES, mais ne venant pas d'un parcours professionnel « technique ». Une révision de nos statuts est à l'étude mais pas encore programmée.

Actuellement, l'ODEC fait signer des contrats de collaboration bilatérale entre les différentes associations de techniciens et eux-mêmes. Après lecture de ce document avec le comité, j'ai signé ce contrat de collaboration. Ce contrat est renouvelable annuellement. Dès lors, nous sommes donc affilié à l'ODEC en tant que membre à part entière.

Mais vous êtes toujours libre de continuer à payer uniquement la cotisation de l'Artech, pour ceux qui le désirent. Il n'y a aucun problème.

Cette ouverture souhaitée par l'ODEC devrait lui permettre d'augmenter son nombre d'adhérents. Actuellement, le nombre de membres de l'ODEC se situe autour des 2500 personnes. La stratégie de l'ODEC est d'obtenir le plus de poids possible dans les discussions politiques qui concernent la formation professionnelle.

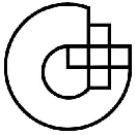
Concernant la formation professionnelle à Genève, il y a du changement dans l'air. En effet, la structure de l'école EET va accueillir ses derniers élèves pour la rentrée 2007. Dès lors, toutes les écoles professionnelles du canton vont être réparties en différents pôles. Ceci faisant suite à la nouvelle loi sur la formation professionnelle. Pour ceux que cela intéresse, vous pouvez trouver toutes les informations sur ce site <http://129.194.187.5:8080/default.html>. (Je m'excuse, mais leur DNS n'existe pas.). Ou encore en lien sur notre site ARTECH-GE

Pour terminer, nous accueillons au sein du comité Olivier Fraternal, qui est issu de la branche mécanique et qui nous a rejoint en tant que nouveau secrétaire de l'association. Donc,

**Bienvenue à toi Olivier.**

Avec toute mon amitié et à très bientôt  
Didier Moullet

Président ARTECH-GE



## Le verre autonettoyant

**De part sa grande stabilité chimique et son haut indice de réfraction, le dioxyde de titane a longtemps été utilisé comme pigment blanc dans les peintures. Mais du fait de la forte absorption des rayons ultraviolets, il entraîne des réactions de photodégradation des composés organiques, en créant des électrons et des trous sous irradiation UV-A. Cette paire d'électrons-trous génère des réactions conduisant à l'oxydation des molécules organiques, à l'origine du « farinage » des peintures. C'est cet inconvénient qui a été exploité pour créer le verre autonettoyant, en déposant l'oxyde de titane en couches très minces à la surface du verre. Des études ont été menées en laboratoires et en conditions réelles afin d'obtenir le meilleur compromis entre la photoactivité de la couche et ses propriétés optiques.**

En 2002, Saint-Gobain lançait le verre autonettoyant **SGG Bioclean®**. Une petite dizaine d'années de recherche a été nécessaire pour mettre au point ce nouveau verre « *intelligent* » dont la particularité est liée à la propriété de l'oxyde de titane à photodégrader les molécules organiques adsorbées à sa surface. L'article décrit successivement l'origine de l'utilisation de l'oxyde de titane comme photocatalyseur, les mécanismes de la photocatalyse et le mode de fonctionnement du verre autonettoyant, avant de montrer quelques exemples d'utilisation.

### LES PROPRIÉTÉS DE PHOTOCATALYSE DE L'OXYDE DE TITANE

Parmi les pigments blancs utilisés par les artistes, les blancs de plomb, de zinc et de titane peuvent être considérés comme les trois plus importants. Le blanc de plomb fut le seul pigment blanc majeur utilisé par les peintres depuis l'Antiquité jusqu'à la moitié de XIX<sup>e</sup> siècle. À partir de 1834, il fut remplacé progressivement par un pigment non toxique : le blanc de zinc. Enfin, le blanc de titane s'imposa vers 1920.

Dans le domaine de l'expertise, ces pigments sont déterminants pour la datation et l'attribution des œuvres d'art. L'histoire connue de leur utilisation donne des repères chronologiques. Les méthodes d'analyses permettent de les identifier avec certitude et d'en donner des caractéristiques parfois décisives pour l'authentification d'une œuvre.

Le blanc de titane, utilisé depuis les années 1920 dans les peintures comme agent opacifiant, se présente sous

deux formes cristallines principales : la forme *anatase* et la forme *rutile*. Les pigments utilisés entre 1920 et 1940 en Europe sont principalement sous la forme anatase, qui sera progressivement remplacée par la forme rutile, et enfin par la forme rutile enrobée d'alumine ou de silice afin de diminuer les phénomènes que les peintres ont identifiés sous le nom de « *farinage* ».

Le blanc de titane possède de très nombreuses qualités comme pigment opacifiant : il est extrêmement stable chimiquement, et possède aussi l'indice de réfraction le plus élevé de tous les pigments blancs. Il peut être utilisé avec des liants aqueux, des émulsions acryliques (dans lesquelles des pigments utilisés antérieurement tels que les blancs de plomb et de zinc ne sont pas stables), ou encore avec des liants huileux. Cependant, le blanc de titane a la propriété d'absorber fortement les rayons ultraviolets et se comporte comme un « *photocatalyseur* », entraînant le *farinage*, le jaunissement ou le craquellement du matériau liant. C'est ce défaut majeur pour les œuvres d'art, la propriété de photocatalyse de l'oxyde de titane, qui est exploité lorsque l'on veut dégrader des salissures à la surface d'un matériau pour la rendre autonettoyante. L'oxyde de titane est ainsi déposé en couches très minces à la surface du verre, de manière à ce que ces couches soient parfaitement transparentes (les tailles des cristallites de TiO<sub>2</sub> sont très inférieures aux longueurs d'onde du visible).

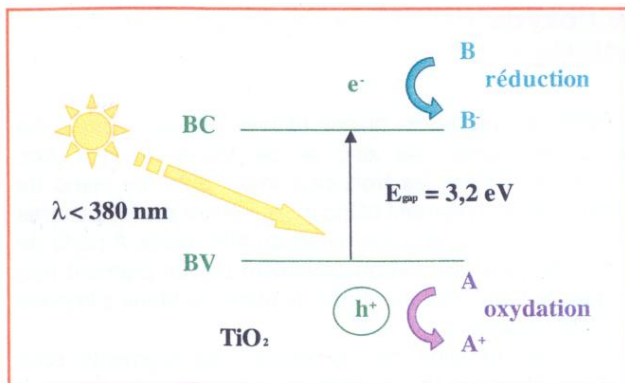
Le verre est omniprésent dans les grands projets architecturaux. Grâce à ses nouvelles propriétés de contrôle solaire ou encore sa résistance mécanique, on le retrouve dans des géométries ou des tailles qui

n'existaient pas il y a quelques dizaines d'années. L'un des rêves du verrier est de produire : *sa transparence*. Le besoin et l'enjeu majeur sont donc le maintien de cette propriété de transparence.

## QU'EST-CE QUE LA PHOTOCATALYSE ?

La définition de la photocatalyse découle de celle de la catalyse hétérogène, qui est la propriété d'un solide à accélérer une transformation chimique thermodynamiquement possible (la catalyse abaisse la barrière d'énergie que doivent franchir les réactants). Les composés initiaux et les produits de la réaction constituent une phase gazeuse ou liquide, et le catalyseur solide se retrouve en principe inaltéré à la fin de la réaction. Un *photocatalyseur* a donc la propriété de catalyser une réaction en utilisant les photons.

C'est le cas de l'oxyde de titane, un semi conducteur dont la bande de valence est espacée de la bande de conduction d'une énergie de l'ordre de 3,2 eV. Avec lui, il est possible de créer des paires *électrons-trous* lorsque le matériau est illuminé à une longueur d'onde inférieure à 380nm (rayonnement UV-A) : le rayonnement solaire est donc capable d'activer ce photocatalyseur.

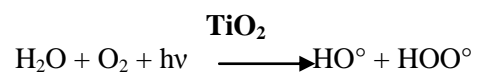


*Excitation du semi-conducteur par les UV*

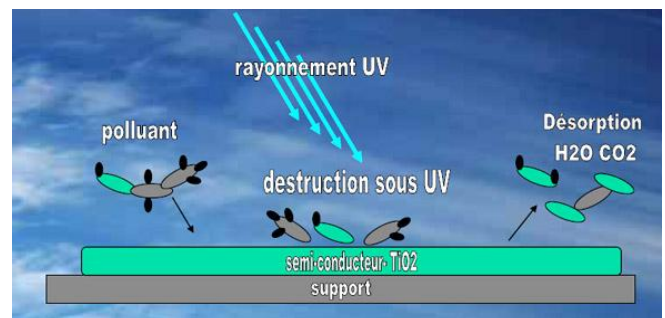
Les paires *électrons-trous* ainsi créées ont plusieurs scénarios de vie : soit elles se recombinent très rapidement au cœur ou en surface du matériau, soit elles ne se recombinent pas dans un temps estimé à la nanoseconde et vont réagir avec les espèces environnantes – particulièrement l'oxygène et l'eau – pour former des radicaux très oxydants tels que HO°. À partir de ces radicaux, des réactions classiques

d'oxydation ont lieu ; elles sont semblables à celles qui se produisent lorsque l'on désinfecte une surface par la de l'eau oxygénée (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) qui se décomposera, conduisant à la production de radicaux de même nature.

La production de ces espèces radicalaires très réactives, HO° et HOO°, qui vont induire des coupures de chaînes dans les composés organiques adsorbés en surface de l'oxyde de titane, explique en partie la propriété autonettoyante de la surface.



### *Principe réactionnel de la photocatalyse*



Cette réaction de photocatalyse n'est qu'une partie de la fonctionnalité autonettoyante. À l'usage, il a été montré que l'oxyde de titane présentait une hydrophilie générées par les UV, dont le mécanisme est encore inexpliqué aujourd'hui. Ce sont ces deux propriétés de photocatalyse et d'hydrophilie qui définissent la fonctionnalité autonettoyante. Ainsi, en plus des tests au laboratoire développés pour mesurer les cinétiques de photodégradation de différentes molécules, des tests en conditions réelles ont permis d'évaluer la fonctionnalité autonettoyante., combinant les propriétés de photocatalyse et d'hydrophilie de l'oxyde de titane.

## AU LABORATOIRE ...

Plusieurs tests peuvent être développés pour caractériser des cinétiques de photodégradation : soit une solution composée d'une seule molécule colorée

(bleu de méthylène, éosine ou rhodamine 6G par exemple...) est déposée à la surface du verre autonettoyant, le suivi de la cinétique de la photodégradation se faisant par absorption UV-visible ; soit il est possible de suivre par spectroscopie infrarouge la photodégradation d'acide gras déposé à la surface de l'oxyde de titane puis irradié par des UV-A. L'acide stéarique a été choisi comme molécule test parce que d'une part, il est l'un des composants majeurs de la trace de doigt, et que d'autre part, ses bandes de vibrations d'élongation symétrique et antisymétrique des liaisons  $\text{CH}_2$  et  $\text{CH}_3$  peuvent être

suivies facilement par spectroscopie infrarouge, leur position (entre  $3000$  et  $2800\text{ cm}^{-1}$ ) se trouvant en effet en dehors de la zone d'absorption du verre.

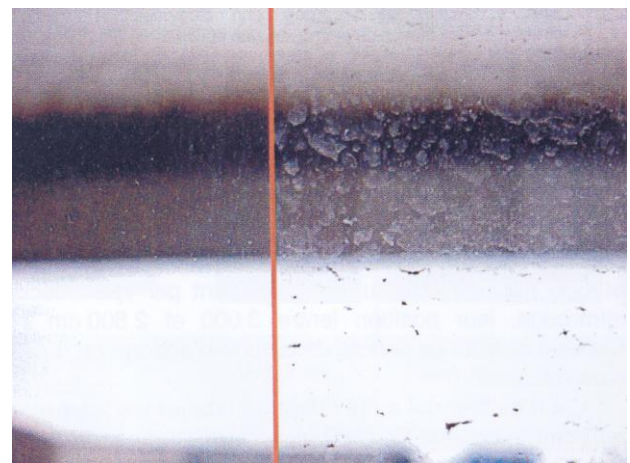
C'est ce test qui a été utilisé au laboratoire pour mettre au point la couche **SGG Bioclean®** développée par Saint-Gobain. Il permet de « classer » les couches en fonction de leur cinétique photocatalytique et d'orienter ainsi les recherches vers les plus performantes vis-à-vis des propriétés recherchées.

### DANS LES CONDITIONS RÉELLES ...

Dans la réalité, les phénomènes de diffusion de surface, l'accessibilité de l'ensemble de la surface photoactive à la matière organique et l'encrassement permanent de la surface conduisent à une oxydation partielle des composés organiques. De plus, les salissures sont de nature non seulement organique, mais aussi inorganique. L'**hydrophilie** photogénérée de l'oxyde de titane permet à l'eau de s'adsorber parfaitement à la surface de l'oxyde de titane, formant ainsi un film d'eau qui étale et entraîne les résidus organiques et les espèces inorganiques. Cette propriété d'usage est générée par les UV et son mécanisme n'est pas expliqué à ce jour, mais elle est aussi importante pour la fonctionnalité autonettoyante que la propriété de photocatalyse.

Outre les expériences au laboratoire pour qualifier les propriétés autonettoyantes du verre revêtu de sa couche d'oxyde de titane, il a été nécessaire de l'exposer en conditions réelles. Ainsi, au cours de différentes phases R&D du projet, le verre autonettoyant a été exposé à l'aéroport Charles de Gaulle, en haut de la Tour Saint-Jacques à Paris et dans divers autres endroits représentatifs des différentes atmosphères polluantes auxquelles le verre est susceptible d'être soumis. Une procédure

d'évaluation a été mise en place et un panel d'observateurs a ainsi noté la propreté du verre.



*Encrassement d'un verre exposé en condition réelles : à gauche, le verre autonettoyant*

L'ensemble des observations en conditions réelles et des caractérisations au laboratoire a permis de développer un test combinant les effets de photocatalyse et d'hydrophilie observés en conditions réelles. Une solution mixte organique/inorganique, proche en répartition et en composition de ce l'on observe en extérieur, a été pulvérisée à la surface du verre : le flou généré par cette pollution est la grandeur que l'on peut suivre à différents temps d'illumination. Ce test, mis au point au cours du projet européen

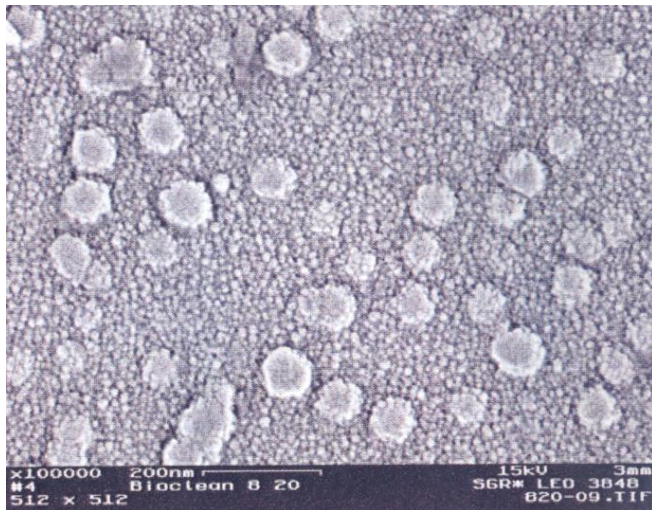


« *Self-Cleaning Glass* » a été proposé aux différents comités chargés de la normalisation de la couche photocatalytique.

### MISE AU POINT DE LA COUCHE ACTIVE

La mise au point d'une couche sur le verre nécessite de travailler sur la qualité optique de l'ensemble afin que le dépôt des couches ne perturbe pas les propriétés de transmission, d'absorption et de réflexion de la lumière, le matériau devant rester transparent. Le procédé utilisé pour déposer la couche de  $\text{TiO}_2$  est la **CVD (Chemical Vapor Deposition)**. A partir d'un précurseur de titane, la pulvérisation a lieu directement *in situ*, lors de la production du ruban de verre. Ces dépôts se produisant à haute température (500-600°C), ils sont intimement mêlés à la surface du verre encore mou.

Des ajustements d'épaisseur de la couche d'oxyde de titane ont été nécessaires car comme nous l'avons vu précédemment, l'oxyde de titane est un matériau présentant un haut indice de réfraction. Plus son épaisseur est élevée, plus la couche est photoactive ; mais en contrepartie, elle est aussi plus colorée. Un compromis d'une épaisseur d'une dizaine de nanomètres a été ainsi trouvé pour satisfaire au mieux les exigences optiques et fonctionnelles de la couche.



*Couche SGG Bioclean® vue au microscope électronique*

Il faut signaler que l'oxyde de titane est déposé sur une sous-couche à base de silice, qui fait barrière aux alcalins du verre. En effet, lors de montées en

températures, lorsque le verre est trempé par exemple, les alcalins migreraient en grande quantité dans la couche de  $\text{TiO}_2$ . Cette migration conduit à la création de composés de type  $\text{Na}_x\text{TiO}_{2-x}$  qui sont des centres recombinants du trou et de l'électron photoproduits.

Le verre revêtu de sa couche ainsi déposée est ensuite transformé. La couche peut-être trempée (vitrage de sécurité), mise en face externe d'un double vitrage...

### CONCLUSION

La mise au point du verre autonettoyant a nécessité de travailler non seulement sur l'ajustement des propriétés autonettoyantes, mais également sur les propriétés optiques. Ainsi, tout au long de développement de cette nouvelle couche, des tests spécifiques de la propriété autonettoyante ont été mis au point : en laboratoire tout d'abord, où la dégradation d'un monopolluant a permis dans un premier temps de discriminer les couches ; puis en conditions réelles, où les tests ont permis d'acquérir l'expérience nécessaire et ont mis en évidence sa propriété hydrophile. Ces expertises conduisent aujourd'hui à proposer un test de norme pour le verre autonettoyant. C'est au sein du projet européen « **FP6 STREP Self-Cleaning Glass** », dont Saint-Gobain Recherche est le coordinateur, que des industriels et des laboratoires universitaires se sont occupés de la mise au point du test autonettoyant.

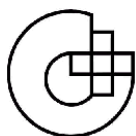
Le verre autonettoyant commercialisé sous le nom de **SGG Bioclean®** est le fruit d'une dizaine d'années de R&D chez Saint-Gobain, mais également le résultat de plusieurs collaborations industrielles ou universitaires afin de comprendre les mécanismes fondamentaux qui régissent la propriété et son évaluation au laboratoire. Un nouveau défi pour Saint-Gobain est la mise au point d'un verre autonettoyant pour toutes les applications du verre en intérieur afin de préserver les caractéristiques esthétiques de celui-ci.

Au-delà du verre, les applications de la photocatalyse sont nombreuses, notamment dans les matériaux de l'habitat, afin de préserver les surfaces de l'encrassement et améliorer les conditions de vie.

( Source : Web, L'Actualité Chimique)

C.B.

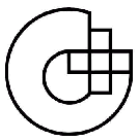




## Liste des membres

ANDREETA Pierre	Plan-les-Ouates	Electronique
BACHMANN Jean-Jacques	Grandson	Electronique
BAEZA Alexandre	Aire	Electronique
BARRAS Pierre Léon	Carouge	Génie Civil
BASSO Roberto	Meyrin	Génie Chimique
BATTAGLIERO Christophe	Valleiry (F)	Génie Chimique
BERCHTEN Marc	Thoiry (F)	Génie Chimique
BONIELLO Rémo	Vinzel	Informatique
BOUNAB Deif	Prilly	Génie Civil
BUCLIN Marc	Bernex	Electronique
CARBONE Denis	Croix-de-Rozon	
DECAILLET Alain	Genève	Electronique
DESCHENAUX Jean-Paul	Carouge	Génie Civil
DESIMONE Laurent	Epalinges	Informatique
DI LUCA Serge	St Genis-Pouilly (F)	Electronique
DIVOUX Jean-Noël	La Chaux-de-Fonds	Electronique
DONADELLI Igor	Renens	
DUMONT Laurent	Monthey	Mécanique
ESSELBORN Philippe	Mies	Génie Chimique
FERRIERO Giuseppe	Prangins	Electronique
FRATERNALE Olivier	Vernier	Mécanique
FREIHOLZ Alain	Le Lignon	Informatique
GIROUD Jean-Louis	Vandoeuvres	Mécanique
GUIDI Marco	Perly	Mécanique
HEIMO Philippe	Croix-de-Rozon	Informatique
IMBRUGLIA Piero	Genève	Génie Chimique
JANUSZEWSKI Yves	Bernex	Mécanique
KUNZ Philippe	Chêne-Bourg	Génie Civil
LANZILLOTTA Agostino	Corsier/Vevey	Génie Civil
LEGRAND Christian	Châtillon-sur-Cluses (F)	Electronique
MAURY Christian	Préverenges	Génie Civil
MONNET Raphaël	Bex	Génie Civil
MOULLET Didier	Aire-la-Ville	Electronique
NINO Francisco Javier	Genève	
QUADRI Vincent	Versoix	Mécanique
NUSBAUMER Jean-Marc	Carouge	Génie-Civil
PASCHE Michel	Chexbres	Electronique
PIACENZA Alain	Saint-Cergue	Génie Civil
PRADERVAND Alain	Saint-Jean de Gonville	Mécanique
ROESSLI Pierre-Alain	Madrid (E)	Informatique
ROULET Thibault	Thônex	Informatique
SCHÄR Frédéric	Meyrin	Electronique
SCHWOB Hans	Bassins	Mécanique
SEGATORI Jean-François	Denens	Mécanique
SIEGFRIED Catherine	Yvoire (F)	Génie Chimique





VAGNI Giorgio  
VANNAZ Thierry  
VON WARTENSLEBEN Aurélie  
VUAGNAT Olivier  
ZILTENER Joseph

Genève  
Châtel-St-Denis  
Grand-Saconnex  
Carouge  
Dielsdorf

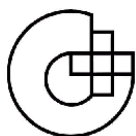
Electronique  
Génie Civil  
Génie Chimique  
Génie Civil  
Mécanique

## Liste des nouveaux membres

Nous avons le plaisir d'accueillir 3 nouveaux membres cette année :

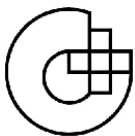
BONIELLO Rémo	Vinzel
CARBONE Denis	Croix-de-Rozon
VANNAZ Thierry	Châtel-St-Denis

Le comité de l'Artech leur souhaite la bienvenue dans notre association.



## Composition du comité 2008

<b>Président</b>	<b>Didier MOULLET</b> 3 rue du Pont-Neuf 1227 Carouge	Tél. privé : 022 343 82 86 Tél. prof. : 022 388 86 96 Natel : 079 442 10 47 Fax : 022 343 82 88 E-mail : didier@artech-ge.ch
<b>Attaché relation ASET</b>	<b>Philippe ESSELBORN</b> 10 route de Suisse 1295 Mies	Tél. privé : 079 518 95 07 Tél. prof. : 022 363 46 51 E-mail : philippe@artech-ge.ch
<b>Trésorier</b>	<b>Serge DI LUCA</b> 11 rue de Pouilly F-01630 St Genis-Pouilly	Tél. privé : +33 450 20 33 60 Tél. prof. : 022 767 56 40 Natel : 076 487 40 00 E-mail : serge@artech-ge.ch
<b>Secrétaire</b>	<b>Olivier FRATERNALE</b> 18 ch. de la Greube 1214 Vernier	Tél. privé : 022 341 51 42 Natel : 079 797 87 06
<b>Rédacteur bulletin / Archiviste</b>	<b>Christophe BATTAGLIERO</b> Les Erables Bât. D F-74520 Valleiry	Tél privé : : +33 450 04 39 27 Tél prof. : 022 780 21 95 E-mail : christophe@artech-ge.ch
<b>Rédacteur bulletin</b>	<b>Marc BERCHTEN</b> 51 rue Clos des Tilleuls F-01710 Thoiry	Natel : 079 729 79 38 Tél prof. : 022 780 78 15 E-mail : marc@artech-ge.ch
<b>Webmaster's</b>	<b>Denis CARBONE</b> 26 ch. d'Archamps 1257 Croix-de-Rozon	
	<b>Remo BONIELLO</b> Ch. des Vergers 1184 Vinzel	Tél privé : 021 824 37 07



## WEB, BOOKS & Co ...

### Books :

La physique tout simplement : ne vous noyer pas dans un verre d'eau (Clément Santamaria) ; *Ellipses*, 2007, 126p.

Comment se forment les bulles dans un verre de champagne ou d'eau gazeuse ? Peut-on produire des sons en passant son doigt sur le bord d'un verre ? Quelle force faut-il exercer pour le casser ? D'une manière simple, et toujours en partant d'un verre d'eau. L'auteur explique toute une gamme de notions essentielles à la compréhension des phénomènes physiques.

La fabuleuse histoire du papier (Michel Vernus) ; *Cabédita*, 2004, 176p.,

Tout sur l'histoire de la fabrication du papier, depuis son apparition en Chine jusqu'aux géants industriels d'aujourd'hui, en passant par l'invention des machines à papier au XIX<sup>e</sup> siècle. L'ère numérique ne semble pas près d'éliminer papiers et cartons.

Histoire de la botanique (Joëlle Magnin-Gonze) ; *Delachaux & Niestlé*, 2004, 217p.,

C'est, au sens propre du terme, à un voyage que nous convie l'auteur, conservatrice de la bibliothèque des Musées et Jardins botaniques du canton de Vaud. Voyage au cours des siècles, voyage autour du Globe, voyage au fil des pages des plus riches herbiers, voyage au cœur des démarches scientifiques. Un ouvrage très vivant et agréablement illustré.

#### **Impressum**

Editeur :	comité ARTech
Rédaction :	Christophe Battagliero Marc Berchten Didier Moullet
Mise en pages :	Ch. Battagliero
Correspondance :	ARTech Case postale 15 1283 La Plaine
e-mail :	contact@artech-ge.ch
Le bulletin de l'ARTech paraît 2X par an	
Tirage :	60 exemplaires