

# Concours



## Que sais-tu du lait?

Le lait est un aliment particulièrement précieux et un matériau de départ intéressant pour les technologues en industrie laitière. Que sais-tu de ce liquide blanc multi-facettes et de son traitement en laiterie et fromagerie? Teste tes connaissances et gagne de délicieuses glaces fabriquées pour toi par les technologues en industrie laitière d'Ostermundigen.

[www.satw.ch/concours](http://www.satw.ch/concours)

### Gagne de la glace pour ta fête d'été

En répondant correctement aux questions, tu peux remporter de la crème glacée pour une valeur de CHF 1000 pour ta fête d'été. Pour que tu puisses conserver la glace au froid pour tes amis, Emmi te fournit aussi un congélateur qu'elle récupérera chez toi après la fête.

### Remporte un des 10 kits estivaux

Ceux qui n'auront pas remporté le premier prix auront encore la chance de gagner un kit estival composé d'un sac-frigo et d'une serviette de bain. Ces 10 kits sont aussi offerts par Emmi. Le concours est ouvert jusqu'au 30 juin 2010.

**SATW**

Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften  
Académie suisse des sciences techniques  
Accademia svizzera delle scienze tecniche  
Swiss Academy of Engineering Sciences

**a<sup>+</sup>** Membre des  
Académies suisses des sciences

**techno**  
*scope* 1/10

Le magazine de la technique pour les jeunes

## La technologie du lait

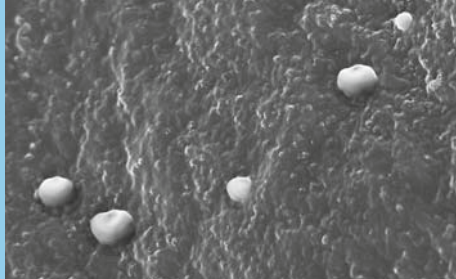


Miracle de la nature

Technologie dans le yogourt

Sur la piste des faussaires du fromage

De la glace et des kits estivaux  
à gagner



Particules de matières grasses dans le lait au microscopie électronique à balayage, agrandies 5000 fois

#### Composition du lait

Eau	87-88%
Matières grasses du lait	3.5-4.0%
Protéines du lait	3.2-3.6%
Lactose	4.8-5.0%
Sels minéraux	0.7-0.8%



## Le lait – un miracle de la nature

**Pour le technologue en industrie laitière, le lait est un breuvage très particulier. Ce liquide blanc présente en effet des propriétés chimiques et physiques extraordinaires. C'est précisément pour cela qu'il est possible de fabriquer tant d'aliments différents à partir du lait.**

Quand on boit un verre de lait, on ne réalise pas que la nature a créé un produit si sophistiqué. Rares sont les aliments aussi polyvalents que le lait. Il permet en effet de fabriquer du beurre, de la crème fraîche, du yogourt, du kéfir, du fromage, du lait condensé, de la crème glacée, etc. On retrouve aussi des composants du lait dans bien d'autres aliments comme les soupes, les pâtisseries ou le chocolat. La raison de cette diversité tient à sa composition. Le lait se compose pour 7/8 d'eau et pour 1/8 de matières grasses, de protéines, de sucre et de sels minéraux. Selon la manière dont la composition est modifiée et dont les ingrédients réagissent entre eux, on obtient des produits aussi divers que du fromage à pâte dure ou une boisson énergétique.

#### Le velouté grâce aux petites particules de matières grasses

Un ingrédient important est la matière grasse du lait. Le velouté des produits laitiers entiers et la bonne tenue d'une crème fouettée dépendent de la répartition particulière de la matière grasse. Celle-ci est finement distribuée dans les environnements aqueux: un millilitre (cube d'1cm de côté) de lait cru contient

jusqu'à 10 milliards de petites particules de graisse. Chacune de ces particules est entourée d'une fine membrane liposoluble à l'intérieur et hydrosoluble à l'extérieur. Comme l'eau et la graisse ont une densité différente, la graisse remonte à la surface lorsqu'on laisse le lait reposer – le lait se crème. Ce procédé est utilisé pour la fabrication de produits entiers et maigres. Une centrifugeuse permet de séparer le lait maigre de la crème très facilement.

Si le lait est stocké, par exemple au frigo à la maison, le crémage n'est pas souhaité car le lait prend alors une apparence peu appétissante. C'est pourquoi le lait pasteurisé et UHT est homogénéisé: les particules de graisse sont traitées à forte pression pour les scinder en particules plus petites encore. La surface totale de la matière grasse est ainsi augmentée. La protéine du lait se positionne entre la matière grasse et l'eau et constitue une nouvelle membrane. Comme la protéine est plus dense que l'eau, les particules de graisse deviennent plus lourdes. C'est pour cela que le lait homogénéisé se crème moins vite. Mais l'homogénéisation a aussi d'autres effets: la blancheur du produit laitier est renforcée, ce qui est souhaité

pour la crème destinée au café par exemple. Cependant, la crème homogénéisée monte moins bien en chantilly que la crème normale.

#### Des produits solides par précipitation des protéines

Si on veut transformer le lait en produit solide, il y a deux possibilités: la première consiste à retirer l'eau du liquide ou à concentrer les composants solides comme les protéines, la matière grasse et le sucre. Cette méthode est choisie pour fabriquer du lait déshydraté ou du beurre. L'autre possibilité consiste à précipiter les protéines du lait. Cette méthode est utilisée pour fabriquer du fromage ou du yogourt par exemple.

Le lait contient deux types de protéines: la caséine et les protéines de lactosérum. La caséine peut être précipitée à l'aide de présure, une enzyme extraite de l'estomac des veaux. L'ajout de présure dans le lait précipite la caséine; un gel se forme. Ce gel perd du liquide suite à l'action combinée d'une agitation et d'un réchauffement; le petit-lait (lactosérum ou recuite) est extrait. Cette substance contient aussi la protéine de lactosérum. La caséine peut aussi être précipitée à l'aide d'acide. Le lait cru possède un pH de 6,7. Si cette valeur tombe à 4,6 sous l'effet de l'acide, le lait caille. Ce

principe entre dans la fabrication des produits laitiers acides comme le yogourt. Ici, certaines bactéries transforment le lactose en acide lactique, ce qui permet de fabriquer des yogourts solides, par exemple. Pour préparer du fromage, la caséine est précipitée aussi bien par de la présure que par de l'acide lactique. L'acide lactique provient également de ferments lactiques ajoutés au lait pour dégrader le lactose en acide lactique.

#### Le lactose uniquement présent dans le lait

Le lait se compose non seulement de matières grasses et de protéines mais aussi de lactose, le sucre du lait. Le lactose n'est présent que dans le lait des mammifères et affiche un pouvoir sucrant nettement inférieur à celui du sucre ménager. C'est pourquoi le lait n'a pas un goût particulièrement sucré alors qu'il contient près de 5 % de sucre. Certains adultes ne peuvent pas digérer le lactose parce qu'il leur manque une certaine enzyme. Ces personnes souffrent alors de troubles digestifs lorsqu'ils consomment des produits laitiers.

Outre les principaux nutriments que sont les matières grasses, les protéines et le sucre, le lait contient encore bien d'autres composants précieux. C'est une source appréciable de calcium et de vitamines B2 et B12.



▲ Le technologue en industrie laitière explique le prétraitement du lait: centrifuger, homogénéiser, pasteuriser  
Centrifugeuse ►



▲ Le chef d'exploitation Isidor Lauber présente les analyses de contrôle microbiologiques à une classe d'école  
◀ Appareil à plaques pour la pasteurisation puis le refroidissement du lait avec importante récupération de chaleur

## Le yogourt – un produit high-tech d'un genre particulier

**Plus de la moitié des yogourts fabriqués en Suisse sont fabriqués à Ostermundigen. Une classe d'école secondaire de Dennigkofen a pu constater à l'usine qu'un pot de yogourt contient plus de technologie qu'on ne le pense.**

Que serait un petit déjeuner digne de ce nom sans un délicieux yogourt? Les goûts les plus recherchés en Suisse sont le mocca, la fraise, l'abricot et la noisette comme l'annonce Isidor Lauber, chef d'exploitation d'Emmi à Ostermundigen. Un million de pots de yogourt de 35 arômes différents sortent chaque jour des usines d'Ostermundigen. Si on achète un yogourt, la probabilité est grande qu'il vienne de la production du leader de l'industrie laitière suisse Emmi.

### Prétraiter le lait

Le parcours d'un yogourt commence à la laiterie. De gros camions-citernes acheminent le lait des fermes et centres de collecte du lait vers Ostermundigen – en périodes de pointe, cela représente jusqu'à 450 000 litres par jour. Avant le pompage du lait, les chauffeurs de camion effectuent un test rapide pour vérifier la présence d'antibiotiques dans le lait et ses qualités organoleptiques. Les laborantins examinent ensuite la teneur en matières grasses, eau et protéines du lait. Ce n'est que lorsque le lait a passé tous

ces tests haut la main qu'il peut être déversé dans les réservoirs de la laiterie d'Emmi. Le lait cru passe alors dans une centrifugeuse où il est nettoyé à 5000 rotations par minute. Durant cette étape, la teneur souhaitée en matières grasses est déterminée. Le lait est ensuite réchauffé brièvement à 75°C. Ce procédé tue les micro-organismes et permet la conservation du lait. Cette pasteurisation est nécessaire pour donner aux techniciens de l'industrie laitière jusqu'à deux jours pour la production du yogourt. Les clients n'achètent pas toujours la même quantité de yogourts et les vaches laitières ne donnent pas toujours la même quantité de lait. Par conséquent, le lait est entreposé dans de gros réservoirs en acier chromé réfrigérés à 5°C.

### Technologie et microbiologie

L'étape suivante consiste à mélanger les laits aux protéines de petit-lait concentrées, à l'amidon et au sucre – en concentrations diverses selon le yogourt que l'on veut produire. Le lait est en outre homogénéisé pour que la matière grasse du lait ne remonte pas. Les particules de

graisse microscopiques sont scindées en particules encore plus fines sous une pression de 200 bars. Le lait destiné aux yogourts est alors pasteurisé à 98°C pour obtenir des yogourts veloutés.

«Ensuite, le lait est amené à une température d'incubation d'exactly 44°C. Nous voulons en effet que les ferments lactiques puissent se développer de façon optimale», explique Lauber. «Ces bactéries jouent un rôle primordial: elles transforment le lactose en acide lactique, un procédé durant lequel le pH passe de 6,8 à 4,5. En six heures, le lait liquide a laissé place dans les immenses cuves à un yogourt solide agréablement acide.»

### Nombreuses variations du yogourt

Pour les yogourts brassés, la gelée est refroidie à 22°C après l'acidification et transférée à l'installation de remplissage. Peu avant le remplissage des pots, une masse de fruits est ajoutée et le yogourt est refroidi à la température de stockage de 5°C. Ce n'est donc qu'à la fin de la production que le yogourt est aromatisé.

Procédé différent pour un yogourt solide: les yogourts mocca, chocolat et vanille reçoivent leurs arômes avant la phase d'acidification. Ils sont aussi mis en pots avant cette phase. Ils sont ensuite mis à incuber dans une pièce de conditionnement à 44°C jusqu'à ce que le pH soit de 4,5. Les palettes complètes de 1600 pots de yogourt sont alors refroidies dans un tunnel réfrigéré à 5°C. Le yogourt se solidifie pendant l'entreposage au froid pour atteindre la consistance souhaitée par le client.

«Un million de pots de yogourt sont produits chaque jour à Ostermundigen.»

Ce n'est que le lendemain que les collaborateurs de la production, du laboratoire et de l'assurance-qualité pénètrent dans la salle de dégustation. Lauber commente la fin de la fabrication: «Le yogourt est meilleur lorsqu'on le laisse reposer quelques temps après la maturation. Ce n'est qu'à ce moment que le goût est parfait.» Les tests subis par le yogourt concernent la consistance, le goût et l'emballage. En outre, des échantillons sont soumis à un «test de stress» interne pour s'assurer que la qualité microbiologique est absolument impeccable. Seuls les yogourts irréprochables sont autorisés à la vente.



▲ Culture d'acidification de l'ALP  
◀ Elisabeth Eugster et Koni Schlupep devant les flacons de cultures



▲ Croissance optimale des ferments lactiques dans le fermentateur  
◀ La croissance des ferments est contrôlée sur un écran numérique

## Sur la piste des faussaires du fromage

**Grâce à des bactéries spéciales, les ingénieurs en technologie alimentaire de l'institut de recherches Agroscope peuvent déterminer à coup sûr l'origine des fromages suisses. Les faussaires du fromage auront plus de difficultés à l'avenir pour copier les fromages suisses AOC.**

La découverte était spectaculaire: des tonnes de fromage contrefait sont arrivées en janvier de cette année sur le marché italien et devaient y être vendues comme étant de l'emmental suisse original. Le «vrai» emmental est fabriqué à partir de lait cru, mûrit au moins 120 jours en cave et ne contient aucun additif artificiel. Le fromage saisi était certes un fromage suisse à gros trous au goût et à l'apparence semblables à ceux de l'emmental. Mais il n'avait pas été fabriqué selon le cahier des charges AOC, une obligation pour pouvoir utiliser l'appellation d'origine contrôlée «Emmental Switzerland AOC». Les «faussaires du fromage» risquent de devoir payer une forte amende.

### Preuve indiscutable grâce aux empreintes génétiques

Face à de telles arnaques, il est difficile de prouver le délit des faussaires. C'est pourquoi l'ingénieure en technologie alimentaire Elisabeth Eugster de l'institut de recherches Agroscope Liebefeld-Posieux (ALP) met au point une

méthode pour pouvoir démontrer les contrefaçons d'emmental à coup sûr. Pour y arriver, elle et son équipe de huit personnes ont besoin de ferments lactiques spéciaux comme marqueurs biologiques. Comme tous les êtres vivants, chaque bactérie possède un patrimoine génétique unique (génome). Celui-ci se compose d'une séquence d'ADN caractéristique pour chaque souche bactérienne. L'ajout de ces bactéries au lait cru lors de la production de fromage permettra de vérifier ultérieurement par un test d'ADN s'il s'agit bien de véritable emmental. Cent à mille bactéries par millilitre de lait suffisent déjà comme marqueur pour un tel test. C'est mille fois moins que le nombre de ferments lactiques ajoutés de toute façon à la culture d'acidification. Par ce procédé, le fromage reçoit un genre d'empreinte génétique: tout comme les empreintes digitales de l'homme, la séquence d'ADN d'une bactérie ne peut être falsifiée. Pour les laborantins en biologie de l'institut de recherches ALP, un minuscule échantillon d'un fromage suspect suffit à vérifier l'origine du fromage en trois jours.

### A la recherche de la bonne bactérie

Mais quelles sont les bactéries convenant à une telle empreinte génétique? Elisabeth Eugster explique les difficultés rencontrées dans le choix des souches de ferments lactiques à utiliser pour le test: «Les souches doivent être naturellement présentes dans le fromage et survivre longtemps pour que nous puissions les identifier ultérieurement». En outre, les bactéries ne peuvent avoir aucune influence sur l'aspect et le goût caractéristique de l'emmental. C'est pourquoi les scientifiques n'utilisent à cette fin que des souches bactériennes provenant de la région d'origine de l'emmental. «Nous avons isolé différentes bactéries des fromages d'Emmental et vérifié ensuite si elles convenaient pour notre test» ajoute Elisabeth Eugster. De plus, ses collaborateurs ont aussi cherché dans la collection de souches interne qui comprend plus de 13 000 ferments lactiques différents collectés pendant des décennies dans les laiteries et fromageries suisses. Les cher-

cheurs ont fouillé ce fond pour dénicher les souches adaptées au test génétique qui étaient présentes dans les fromageries d'emmental ces dernières années.

Les chercheurs ont maintenant produit le premier fromage à empreinte génétique dans leur fromagerie expérimentale de Liebefeld. Le fromage sera ensuite analysé en laboratoire.

«Un minuscule échantillon d'un fromage douteux suffit pour vérifier son origine en trois jours.»

«Jusqu'ici, ce test est unique au monde. Nous sommes persuadés que nous pourrions ainsi différencier mieux encore le fromage suisse de la concurrence étrangère» se réjouit Elisabeth Eugster. L'empreinte génétique de l'emmental devrait arriver dans la grande production en 2011. Les scientifiques sont déjà en train de chercher des ferments lactiques adéquats pour d'autres sortes de fromage comme le

sbrinz et la tête de moine. Chaque fromage doit avoir sa propre empreinte génétique. De cette façon, les faussaires du fromage auront encore plus de difficultés à l'avenir pour poursuivre leurs activités sans être punis.



▲ Tournée quotidienne dans l'usine de production  
Contrôle de la mozzarella emballée au dépôt ►



▲ Analyse de l'eau au laboratoire  
◀ Interprétation des analyses microbiologiques  
au laboratoire

**La plus grande usine de mozzarella de Suisse se trouve à Dagmersellen. David Stadelmann y est chargé de veiller à ce que le fromage frais ait le goût qu'il doit avoir. Véritable plaque tournante de l'entreprise, il supervise chaque étape de travail.**

## Le plaisir du fromage frais

Le traitement du lait me fascinait déjà quand j'étais enfant. Quand j'étais en vacances chez mes grands-parents et que j'allais livrer le lait à la laiterie avec eux, j'avais le droit d'aller voir la fabrication du fromage. Aujourd'hui, je travaille moi-même chaque jour avec le fromage: à l'usine de production d'Emmi de Dagmersellen, je suis responsable de l'assurance-qualité. Notre entreprise a toutefois peu de choses en commun avec la petite fromagerie près de chez mes grands-parents. Nous traitons quasiment la même quantité de lait ici en un jour que là-bas en un an.

A l'origine, j'ai fait des études de fromager. Aujourd'hui, on appelle cette profession technologue en industrie laitière. La formation est très diversifiée: on n'apprend pas seulement comment transformer le lait en différents produits. On travaille aussi à l'atelier où sont entretenues les différentes machines ou au laboratoire où les produits sont analysés. On étudie également la logistique, un domaine important dans le traitement du lait. Nous fabriquons des produits frais ayant une conservation limitée et dont une distribution irréprochable est indispensable.

### Envoi dans toute la Suisse

A Dagmersellen, nous produisons essentiellement du lait en poudre et de la mozzarella. Nous sommes le plus gros producteur de mozzarella de Suisse et fournissons tout le pays. Il y a deux types de mozzarella: la mozzarella classique est conservée dans de la saumure pour rester juteuse et la mozzarella destinée aux pizzas qui est plus sèche pour pouvoir fondre correctement sur la pizza. Je suis responsable du contrôle et de l'approbation des produits avec deux collègues. Chaque matin, nous testons le fromage frais produit la veille. Pour cela, nous faisons appel à nos cinq sens: nous goûtons la mozzarella, nous évaluons visuellement sa consistance, nous vérifions son odeur, nous examinons la forme de la boule, nous déterminons si elle est assez juteuse ou si le fromage s'étire bien en fils si on tire dessus. Ce n'est qu'une fois tous ces tests réussis haut la main que nous donnons notre approbation pour l'expédition de la mozzarella.

Nous faisons aussi régulièrement des tests en laboratoire. Pour fabriquer le fromage, nous avons besoin de ferments lactiques dont nous essayons

de renforcer l'action. Mais il y a aussi des bactéries nocives. Nous devons les tenir en échec. C'est au laboratoire que nous voyons si nous avons réussi. La mozzarella se conserve 30 jours mais, pour cela, tout doit être parfait dès le début. C'est pourquoi nous surveillons chaque étape de la production: nous vérifions si les collaborateurs respectent l'hygiène dans leur travail et si les installations sont propres. Nous contrôlons aussi le matériel d'emballage. La qualité de l'eau est également très importante car la mozzarella est refroidie dans un bain d'eau et stockée dans de l'eau salée. Si nous constatons des différences à un moment, nous consultons le chef de production pour voir comment corriger cela.

### Toujours plus de produits Lifestyle

En tant que responsable de l'assurance-qualité, je suis pour ainsi dire la plaque tournante de l'entreprise. Je suis en contact avec beaucoup de personnes différentes: les fournisseurs, le personnel de production et de logistique, les laborantins et les clients. Et je suis aussi présent

lorsque notre société passe un audit. On contrôle à cette occasion notamment le respect de toutes les prescriptions et directives, par exemple lors de la fabrication de produits bio. Quand un nouveau produit est développé, je n'interviens qu'en marge. Je n'entre en jeu que lorsque les nouveaux produits sortent de la cuisine expérimentale. Nous devons alors réfléchir à quels ingrédients et étapes de fabrication nous devons faire attention pour le bon déroulement de la production.

Le traitement du lait me fascine encore. Ma femme dit toujours que je suis comme un gamin dans un magasin de jouets quand je passe devant le rayon des produits laitiers au magasin. Le nombre de produits différents que l'on peut fabriquer à partir du lait est impressionnant. Ces dernières années, l'environnement dans lequel je travaille a beaucoup changé. Il suffit de voir la multiplication des produits Lifestyle en rayon. C'est un développement très intéressant. Technologue en industrie laitière est donc un métier d'avenir. C'est varié et on peut se perfectionner dans les domaines les plus divers – le meilleur pour la fin: on fabrique un produit qu'on peut manger le lendemain.

«Pour contrôler le fromage frais, nous avons besoin de tous nos sens.»



# AHA!



Le Musée de l'alimentation se trouve au bord du Lac Léman.



## Pourquoi le beurre est-il plus blanc en hiver qu'en été?



La composition du beurre dépend de ce que les vaches mangent. L'herbe contient plus de carotène que le foin. Le carotène, aussi appelé provitamine A, est liposoluble et donne une coloration jaunâtre au beurre. Le beurre d'hiver n'est pas seulement plus blanc, il est aussi plus dur que le beurre d'été parce que l'alimentation de l'animal influence la composition de la matière grasse. En hiver, le lait contient plus d'acides gras saturés qui ont un point de fusion supérieur, ce qui fait que le beurre est plus solide. On essaie de compenser les différences en refroidissant les beurres d'hiver et d'été à des vitesses différentes. La matière grasse du lait se cristallise alors différemment, ce qui influence à son tour la dureté du beurre.

## Un «goût de lumière»?

Si le lait est exposé à la lumière du jour, son goût change en moins d'une heure. Il commence par prendre un goût légèrement métallique avant de faire davantage penser à un vieux fromage ou à des pommes de terre moisies. Ce goût désagréable apparaît parce que la méthionine – un composant soufré de la protéine de lait – se transforme en méthional. La vitamine

B2 sensible à la lumière et présente en nombre dans le lait participe aussi à la réaction. Cet effet peut également se produire avec la crème pour le café ou à la surface du fromage blanc et du yogourt. Pour éviter ce goût désagréable, le lait et les produits laitiers doivent être entreposés dans un endroit sombre ou conditionnés dans un emballage opaque.

## A lire

### Pour tout savoir sur le lait

Matériel didactique, alimentation, recettes  
[www.swissmilk.ch](http://www.swissmilk.ch)

### Formation

Apprentissage de technologue en industrie laitière  
[www.milchtechnologie.ch](http://www.milchtechnologie.ch)

Apprentissage de technologue en denrées alimentaires

[www.lebensmitteltechnologie.ch](http://www.lebensmitteltechnologie.ch)

Ingénieur en technologie alimentaire

[www.ethz.ch/prospectives/programmes](http://www.ethz.ch/prospectives/programmes)

### Technologie du lait

Composants du lait et procédés de fabrication

[www.dlwt.boku.ac.at/uploads/media/MTSkriptum\\_01.pdf](http://www.dlwt.boku.ac.at/uploads/media/MTSkriptum_01.pdf)

## A voir

### Alimentarium

Le Musée de l'alimentation invite à la découverte du monde de l'alimentation. Des expositions temporaires sont organisées en marge de l'exposition permanente et sont complétées par des activités pour tous les âges: visites guidées, animations, ateliers, musée des enfants, etc.

[www.alimentarium.ch](http://www.alimentarium.ch)

### Impressum

SATW Technoscope 1/10, avril 2010  
[www.satw.ch/technoscope](http://www.satw.ch/technoscope)

Conception et rédaction: Dr Béatrice Miller  
Collaborateurs rédactionnels: Dr Felix Würsten, Samuel Schläfli  
Photos: Franz Meier, Emmi, Agroscope  
Liebefeld-Posieux (entre autres Dominik Guggisberg et Olivier Bloch), SMP/PSL, Alimentarium  
Photo de couverture: Elias, Samuel, Lars et Beni, technologues en industrie laitière en apprentissage chez Emmi Ostermündingen

### Abonnement gratuit et commandes

SATW, Seidengasse 16, CH-8001 Zürich  
E-Mail [redaktion.technoscope@satw.ch](mailto:redaktion.technoscope@satw.ch)  
Tel +41 (0)44 226 50 11

Le Technoscope 2/10 à paraître en septembre 2010 sera consacré à l'«aéronautique».