

FRANÇAIS

**La Revue de Métallurgie, un siècle d'histoire ..... 869**  
M. Jeanneau, L. Devillers

La Revue de Métallurgie est indissociable du nom du grand savant français qui l'a créée en 1904, Henry Le Chatelier. À l'occasion du centenaire de la Revue, les auteurs ont voulu en retracer l'histoire qui se confond avec celle de la métallurgie. Dans un passé plus récent, La Revue de Métallurgie a su évoluer avec son temps avec un souci constant de rendre service à ses lecteurs. Des regroupements avec d'autres revues françaises ont été réalisés, une version électronique est apparue pour saluer l'an 2000. Mais le contexte évolue encore avec la création de groupes industriels européens et des universités et des écoles d'ingénieurs qui se tournent vers l'international. L'Industrie et la Science, ce couple cher à Henry Le Chatelier, doivent maintenant être considérées au niveau européen. C'est dans cette direction que doit évoluer La Revue de Métallurgie.

**Sur l'emploi de modèles en métallurgie ..... 893**  
J. Friedel

À partir de son expérience personnelle, l'auteur analyse la nécessité et les limites de l'emploi de modèles théoriques en métallurgie. Le développement de modèles simples mais nécessairement approchés est utile pour une compréhension semi-quantitative des phénomènes complexes coutumiers en métallurgie, tant pour orienter les recherches que pour construire un système d'interprétation prédictif. Ces modèles ne restent valables que dans des domaines d'application limités. Ces modèles approchés pourraient être remplacés par des calculs assez complets et exacts pour être sûrs dans leurs prédictions grâce à l'emploi d'ordinateurs de plus en plus performants. Il reste difficile, sinon impossible, de décrire correctement tous les paramètres internes et toutes les conditions aux limites imposées au système considéré. D'autre part, chaque nouvelle observation requiert un nouveau calcul, photographie peut-être assez précise mais sans compréhension réelle des phénomènes. C'est finalement par une combinaison d'expériences, de modèles interprétatifs et prédictifs et de quelques calculs ciblés que l'on peut utilement progresser dans des domaines aussi complexes que la métallurgie.

**Tendances actuelles de la recherche sur les matériaux de structure et perspectives d'applications futures ..... 901**  
G. Beck, E. Aeby-Gautier

À côté des matériaux « traditionnels » dont les progrès sont constants, comme les alliages métalliques ou les polymères, les matériaux de grande diffusion : bétons, caoutchouc, textiles, bois, papiers-cartons sont maintenant l'objet d'études approfondies permises par les progrès des méthodes d'investigation et de modélisation capables d'aborder leur grande complexité liée au fait qu'il s'agit souvent de mélanges. Les matériaux de hautes performances mécaniques donnent lieu à des recherches allant des procédés d'élaboration, des structures multi-échelles, aux propriétés, au comportement et à leur choix optimal qui permettent des avancées considérables jusqu'au bureau d'études. Un domaine en

plein développement est maintenant celui des alliages métalliques complexes, domaine encore quasiment inexploré et porteur d'avancées conceptuelles très excitantes et de performances encore inconnues. Un autre domaine des matériaux de structure est celui des « matériaux systèmes », obtenus par assemblage d'éléments allant de l'atome aux particules ou fibres de toutes dimensions : composites, matériaux adaptatifs, nanomatériaux structuraux, qui ont ouvert et ouvriront encore de vastes perspectives de recherche et d'applications. Pour ces matériaux, la connaissance de la formation et de l'évolution de la microstructure et des défauts sont au cœur du contrôle et de l'optimisation des propriétés. De nombreux efforts se poursuivent pour leur caractérisation quantitative et leur modélisation de l'échelle nanométrique aux échelles micro- et macroscopique. Des recherches de caractère transversal sur la mise en œuvre optimisée, la caractérisation du comportement mécanique, l'analyse chimique et topologique de la microstructure, sans oublier la modélisation, bénéficient des progrès rapides de l'instrumentation. Enfin, la mise en œuvre de ces matériaux, mise en forme, traitements thermomécaniques, traitements de surface, assemblage, prévision de la durée de vie ou du potentiel restant est l'objet de recherches actives. Tous ces efforts s'appuient sur des bases de données tant pour les équilibres thermochimiques, les données cinétiques, les propriétés mécaniques et thermophysiques. L'enrichissement de ces bases est vital pour ces approches.

**Les matériaux du nucléaire : vers une modélisation multi-échelle des propriétés d'usage ..... 917**  
P. Ledermann, J.-L. Boutard, M. Guttman, B. Marini,  
P. Garcia, C. Valot

La démarche de modélisation multi-échelle des propriétés d'usage et les résultats récents les plus significatifs de la prise en compte de la complexité des matériaux industriels sont présentés. Les auteurs décrivent les principaux outils de modélisation et la nécessité d'une validation expérimentale à l'échelle pertinente. Ils présentent plus particulièrement les progrès faits dans la prédiction de l'énergie des défauts ponctuels dans les aciers, données essentielles à la modélisation des cinétiques d'évolution lentes de leur microstructure sous irradiation. Les auteurs abordent la prédiction multi-échelle des propriétés mécaniques ainsi que la problématique particulière du combustible.

**Le Fonds pour la Recherche Charbon Acier et la Plate-Forme Technologique Acier ..... 933**  
Ph. Vannson

Les programmes CECA ont lancé, il y a cinquante ans, la collaboration Européenne en matière de recherche scientifique et technique. Ils ont établi les fondations des programmes cadres de Recherche Européenne. L'expiration du traité CECA a été suivie de l'avènement d'un nouveau programme de recherche, complémentaire du programme cadre de l'Union Européenne, Le Fonds pour la Recherche Charbon Acier. La Plate-Forme Technologique Acier assurera sa coordination avec les autres instruments de la recherche Acier. Cet ensemble constitue, dans un monde plus global, un héritage tangible et vivant de la CECA, en phase avec les nouvelles priorités de l'Union Européenne, les objectifs de Lisbonne et de Barcelone ainsi qu'avec l'importance stratégique confirmée d'une économie fondée sur le savoir.

**Diversité des filières d'élaboration de l'Acier : rétrospective et perspective ..... 937**  
J.-P. Birat

La Sidérurgie est aujourd'hui une grande industrie capitalistique qui a atteint un niveau élevé de sophistication, de complexité et d'efficacité. Ceci est à l'avantage du citoyen qui bénéficie de la diminution régulière du prix de l'acier et donc de celui des produits qu'il consomme. L'élaboration de l'acier s'est ainsi focalisée sur un petit nombre de filières qui associent des technologies élémentaires, dominantes et avancées. Il semble donc que cette industrie a atteint la maturité et qu'il reste peu de marge pour le changement, les progrès déjà accomplis l'ayant amenée aux frontières de la physique. Il s'agit là d'une vision de la Sidérurgie qui est contemporaine et déterminante pour la stratégie de cette industrie. Une aciérie qui ne fonctionnerait pas selon les critères définis par l'actuelle technologie dominante serait vouée aux difficultés économiques et à la faillite. L'Acier ou la Fonte sont toutefois des éléments essentiels de la civilisation depuis environ 3 000 ans alors que le modèle de Sidérurgie présenté ci-dessus ne date que d'une trentaine d'années. De nombreux autres modèles ont existé dans le passé, de la Préhistoire à l'Histoire et d'autres verront vraisemblablement le jour dans le futur. Il semble en effet raisonnable d'envisager que l'utilisation de l'Acier perdurera. Cet article analyse l'Acier en tant que Matériau Durable et la Sidérurgie en tant que Technologie Cumulative ; il explore comment ces deux concepts ont provoqué des changements industriels dans le passé et contribueront vraisemblablement à d'autres changements dans le futur.

**Les aciers : hier, aujourd'hui et demain ..... 957**  
F. Mudry, A. Le Bon, R. Bulthé

Les évolutions majeures de la sidérurgie sont décrites au cours de trois périodes : les trente glorieuses ; la croissance zéro (1973-1983) ; la dernière période (1983-2004). Largement influencées par les tendances lourdes de l'économie mondiale, ces périodes sont caractérisées dans la sidérurgie par des priorités particulières accordées à la productivité, au développement de produits plats en aciers au carbone nouveaux ou à la protection de l'environnement. Les synergies entre les nouveaux procédés d'élaboration, le développement de nouvelles métallurgies et les besoins exprimés par les utilisateurs sont particulièrement soulignées.

**L'acier inoxydable, d'un siècle à l'autre ..... 971**  
P.-J. Cunat, J. Charles

Les aciers inoxydables ont connu un fort développement depuis 50 ans grâce, en particulier, à leur remarquable qualité de résistance à la corrosion. Leurs performances dans ce domaine ont été améliorées constamment pour une très grande variété de milieux. De nouvelles nuances à hautes propriétés mécaniques sous sollicitations statiques ou dynamiques ont été développées qui permettent de produire économiquement des pièces de qualité élevée avec les procédés de mise en œuvre modernes. Dans l'avenir, les aciers inoxydables devraient se développer dans les domaines des transports et de la distribution d'eau. Ce développement pourrait être gêné par la classification, par l'Union Européenne, des alliages métalliques contenant plus 1 % de nickel. Cette classification, aujourd'hui focalisée sur le nickel, risque de concerner à terme tous les alliages métalliques dont la spécificité doit être reconnue et pour lesquels une stratégie commune doit être adoptée.

**Démarches de conception de produits à hautes caractéristiques en aciers et superalliages..... 987**  
A. Grellier, C. Dumont, S. Hans, J. Montagnon, P.-E. Richy

Aujourd'hui, après une évolution progressive d'une quinzaine d'années, la conception de produits de la métallurgie des aciers et alliages spéciaux s'appuie fortement sur la mise en œuvre de moyens de modélisation qui couvrent à la fois la construction des microstructures et la description des divers procédés de fabrication. Ces outils, désormais introduits dans les entreprises industrielles, associés à la démarche expérimentale traditionnelle permettent d'aboutir à des résultats d'innovation plus rapides, à des solutions plus robustes et contribuent au renforcement de la performance et de la compétitivité.

**Nouvelles tendances du marché : longues portées, flexibilité et intégration des réseaux d'équipements dans les planchers ..... 997**  
L.-G. Cajot

La production annuelle d'Arcelor s'élève à 44 millions de tonnes. De ces 44 millions de tonnes, 8 sont absorbées par le marché du bâtiment des 15 Membres de l'Union Européenne, pour construire des locaux industriels, des immeubles à étages et des ponts. Au sein de l'Union Européenne, l'acier domine le marché des bâtiments industriels, alors que la situation est plus contrastée pour le marché des immeubles à étages. La part de ce marché occupée par l'acier dépasse 50 % au Royaume-Uni, en Suède ou en Norvège, alors qu'elle est inférieure à 30 % dans les autres pays d'Europe. L'acier a donc un fort potentiel de développement. Ces parts du marché de la construction pourraient être conquises en s'appuyant sur les nuances à hautes caractéristiques et en proposant de nouveaux produits adaptés aux tendances du marché : longues portées, service intégré et flexibilité. L'article aborde quatre sujets qui concernent la construction en acier : les aciers à haute résistance, les poutres cellulaires Arcelor, les systèmes de planchers et la résistance au feu.

**ENGLISH**

**La Revue de Métallurgie : a centennial history ..... 869**  
M. Jeanneau, L. Devillers

La Revue de Métallurgie is forever associated with the name of the great French Scientist who created it in 1904 : Henry Le Chatelier. On the occasion of the centenary of the Revue, the authors draw an overview of its history that is intimately linked with the one of Metallurgy. More recently, la Revue de Métallurgie has been able to evolve permanently with a view to afford a better service to its readers. Other French journals have merged with the Revue and an electronic version has been introduced in 2000 as a tribute to the new century. Nevertheless other circumstances must now be allowed for, in an ever more global World with new European industrial groups and universities or engineering schools ever more focused on the international. From now on, Industry and Science, the preferred couple of Henry Le Chatelier, must be considered on a European basis. This shows the way for la Revue de Métallurgie in the Future.

**About modelling and metallurgy ..... 893**  
J. Friedel

From his own experience, the author discusses the need of Metallurgy for theoretical models and their limits. The development of simple but less accurate models has provided a semi-quantitative

approach of many complex metallurgical phenomena that has proven useful to orientate research as well as to afford interpretation-based prediction. Such models can be validated within a narrow range only. These approximate models could be substituted for by elaborated and comprehensive calculations that would provide reliable predictions with the help of ever more efficient computers. It remains a difficult task to take satisfactorily into account every internal parameter and boundary condition of a global system. Furthermore, any new observation requests another calculation that gives a clear picture but no comprehensive understanding of the underlying phenomena. Combining experiments, interpretation and prediction modeling along with few dedicated calculations may eventually allow further progress in such a complex domain as Metallurgy.

**The research on structural materials : current trends and prospective applications ..... 901**  
 G. Beck, E. Aeby-Gautier

The research on structural materials, notably in metallurgy, was the pioneering discipline of the materials science. Besides "traditional" materials as metallic alloys and polymers which are following up their progresses, the materials of wide uses and large diffusion, like concrete, rubber, textiles, wood, paper and cardboard are now benefiting of the advanced researches allowed by the progresses of the investigation and modelling methods able to provide information on their great complexity linked to the fact they generally are mixtures. High strength materials gain from active researches dealing with experimental studies as well as modelling of the production processes, multiscale approaches of the structures, properties, behaviour and optimized selection providing both scientific advancement and improved applications. "System-materials" are another field of structural materials, often in connexion with functional materials. Artificially built by putting together elements going from atoms to fibers or particles of different sizes : composites, smart materials, structural nanomaterials have opened the way to wide research perspectives and exiting applications. Interdisciplinary researches on optimized mechanical behaviour, chemical and topological analysis of the microstructure and processes modelling, multiphysics modelling of the behaviour of structures and properties are developed thanks to the advancement of the available instrumentation and calculation facilities. Studies on the implementation of these materials providing an improved control of the performances of the produced parts and objects need a renewed stimulation. Data bases concerning thermodynamic properties as well as kinetics ones, mechanical and thermophysical properties are necessary input data for these approaches and improvements. A continuous enrichment of these bases is of vital importance.

**Materials for nuclear energy : towards multi-scale modelling of service properties ..... 917**  
 P. Ledermann, J.-L. Boutard, M. Guttmann, B. Marini, P. Garcia, C. Valot

The authors introduce the multi-scale modelling approach of service properties and recent results that best reflect the complex behaviour of industrial materials. They describe the main modelling tools and highlight the essence of experimental checking at the appropriate scale. The authors describe in details the progress that has been accomplished in the prediction of the energy of atom-scale defects in steels, as essential input data to model the kinetics of microstructure evolutions under radiation. The authors present the multi-scale prediction of mechanical properties along with the particular issue of the nuclear fuel.

**The Research Fund for Coal and Steel and the Steel Technology Platform ..... 933**  
 Ph. Vannson

50 years ago, ECSC programmes have introduced collaborative scientific and technical research on a European scale. They have created the foundations for the European Research framework programmes (FP). The ECSC treaty has expired. A new research programme, complementing the FP of the European Union : the Research Fund for Coal and Steel, is born. The Steel Technology Platform will secure its full coordination with all other available steel research instruments. All of this constitutes a very tangible and lively legacy of the ECSC, in a more global world, in the light of new priorities of the European Union, of the objectives of Lisbon and Barcelona, and finally of the today reaffirmed strategic importance of the knowledge-based economy.

**Alternative ways of making steel : retrospective and prospective ..... 937**  
 J.-P. Birat

The Steel Industry today is a large and capital-intensive industry, which has reached a high level of sophistication, complexity and efficiency. This benefits the consumer, as the price of steel has been steadily decreasing, which helps bring down the price of consumer goods. Steelmaking has therefore become focused on a small number of process routes, which connect together standard, mainstream and high performance technologies. It seems therefore that the industry is very mature and that little leeway is available for change, as past progress has already brought it close to physical limits. This is a view of the Steel Industry, which is contemporary and central to the strategy of this business. A Steel Mill that does not operate within the paradigms of the mainstream state-of-the-art technologies will be doomed by economic troubles and eventual bankruptcy. However, Steel or Iron have remained at the core of civilization for roughly 3,000 years and the model of the Steel Industry discussed above is only roughly 30 years old. There have been many more different models in the past, from Prehistory to History, and it is likely that even more will emerge in the Future. Indeed, it is reasonable to assume that Iron and Steel will continue to be used for a very long time. The present paper discusses Steel from the standpoint of an Enduring Material and the Steel Industry from that of a Cumulative Technology and explores how these two important concepts have led to industry changes in the Past and will most likely contribute to more changes in the Future.

**Steels : past, present and future ..... 957**  
 F. Mudry, A. Le Bon, R. Bulthé

The major changes that have occurred in the steel industry are described along three periods : the thirty years boom-period after World War II ; the zero growth period (1973-1983) ; the last period, from 1983 to nowadays. Under the heavy influence of the overall trends of world economy, these periods can be distinguished, for the steel industry, by the different levels of priority for productivity, for specific flat carbon steel product developments or for environmental protection. The intricate relations that prevail between the development of new processes, innovative product metallurgies and the requirements expressed by steel customers are highlighted.

**Stainless steel, from a century to the next ..... 971**  
 P.-J. Cunat, J. Charles

Stainless steels have sustained a continuous growth for these 50 years, based on their outstanding corrosion resistance properties. Their corrosion performance has been ever improved for a large range of environments. New grades with higher static or dynamic

mechanical properties afford high quality parts at lower cost with modern fabrication technology. In the future, stainless steel should find further application in the transportation and in the water distribution industries. This growth might be impeded by the EU classification of alloys with over 1 % nickel. Attention that is focused nowadays on nickel, may later on be drawn upon all metallic alloys, whose distinctive features should rather be acknowledged and which should benefit from the support of a common strategy to be agreed upon by all stakeholders.

**Advanced practices for the design of high technology steel and superalloys products ..... 987**  
 A. Grellier, C. Dumont, S. Hans, J. Montagnon, P.-E. Richy

Today, after a fifteen years period of progressive evolution, the design of new products from the metallurgy of special steels and alloys area has become fundamentally based on the intensive use of modelling devices covering both microstructure design and process description. These tools, today well implemented inside industry companies, combined with conventional experimental investigation lead to faster innovation results, steadier solutions, and contribute to increase performance and competitiveness.

**New trends of the market : Long span, flexibility and integration of the equipment networks in the floors ..... 997**  
 L.-G. Cajot

The annual production of Arcelor is 44 millions tons of steel. Amongst these 44 millions of tons, 8 are used in the construction market of the 15 earlier Members of the European Union, for industrial buildings, multi-storey buildings and bridges. In the European Union, Steel has a major share of industrial buildings in all Member States while for multi-storey buildings, the national market shares of steel are not uniform. The share of steel for the multi-storey buildings market is over 50 % in the United Kingdom, Sweden or Norway and below 30 % in the rest of Europe. Thus, there is a large potential for steel. This market could be gained through improved material properties or new products in order to answer the new trends of the market towards long span, service integration and flexibility. The paper addresses four topics pertaining to construction with steel : high strength steel grades, Arcelor cellular beams, floor systems, fire safety.

**DEUTSCH**

**Die « Revue de Métallurgie », ein Jahrhundert Geschichte ..... 869**  
 M. Jeanneau, L. Devillers

Die « Revue de Métallurgie » ist untrennbar mit dem Namen des grossen französischen Wissenschaftlers Henry Le Chatelier verbunden, der sie 1904 begründete. Aus dem Anlass einhundert Jahre Revue wollen die Verfasser die Geschichte, die zusammen mit derjenigen der Metallurgie verläuft, zurückverfolgen. In der neueren Vergangenheit entwickelte sich die « Revue de Métallurgie » in ihrer Zeit weiter, ständig bemüht ihren Lesern zu dienen. Neugruppierungen mit anderen französischen Zeitschriften wurden realisiert, eine elektronische Version erschien zur Begrüssung des Jahres 2000. Aber der Kontext entwickelte sich mit der Neuentstehung europäischer industrieller Gruppen und der internationalen Ausrichtung von Universitäten und Ingenieurschulen weiter. Industrie und Wissenschaft, dieses für Henry Le Chatelier wertvolle Paar, muss heute auf europäischer Ebene betrachtet werden. In dieser Richtung muss sich die « Revue de Métallurgie » weiterentwickeln.

**Über die Benutzung von Modellen in der Metallurgie ..... 893**  
 J. Friedel

Ausgehend von seiner persönlichen Erfahrung analysiert der Verfasser die Notwendigkeit und die Grenzen der Verwendung theoretischer Modelle in der Metallurgie. Die Entwicklung einfacher, aber notwendiger Näherungsmodelle ist für ein halbquantitatives Verständnis komplexer Phänomene, die in der Metallurgie gebräuchlich sind, nützlich, sowohl für die Ausrichtung von Untersuchungen als auch zum Aufbau eines Systems zur Interpretation von Vorhersagen. Diese Modelle sind nur in begrenzten Anwendungsbereichen gültig. Diese Näherungsmodelle können durch genügend vollständige und genaue Berechnungen ersetzt werden, um in ihren Vorhersagen sicherer zu sein, dank der Anwendung immer leistungsfähigerer Rechner. Es bleibt schwierig wenn nicht gar unmöglich alle inneren Parameter und alle angenommenen Grenzbedingungen für das betrachtete System korrekt zu beschreiben. Andererseits erfordert jede neue Beobachtung eine neue Berechnung, ein genügend genaues Bild, ohne jedoch die Erscheinungen wirklich zu verstehen. Es ist letztlich eine Kombination aus Erfahrungen, Modellen für die Interpretation und Vorhersage und aus einigen gezielten Berechnungen, die es erlaubt Fortschritte zu machen in Bereichen, die so komplex sind wie die Metallurgie.

**Aktuelle Tendenzen bei der Erforschung von Strukturwerkstoffen und Perspektiven für zukünftige Anwendungen ..... 901**  
 G. Beck, E. Aeby-Gautier

Neben den « traditionellen » Werkstoffen, wie den metallischen Legierungen oder den Polymeren, deren Fortschritte ständig erfolgen, sind heutzutage die weitverbreiteten Werkstoffe wie Beton, Kautschuk, Textilien, Holz, Papier-Karton, Gegenstand vertiefter Untersuchungen, die durch den Fortschritt bei den Untersuchungsmethoden und der Modellierung möglich und geeignet sind sich mit ihrer grossen Komplexität, die damit zusammenhängt dass es sich oft um Mischungen handelt, gerecht zu werden. Die mechanischen Hochleistungswerkstoffe geben Anlass zu Untersuchungen, die vom Herstellungsprozess, über mehrstufige Strukturen, den Eigenschaften, dem Verhalten und ihrer optimalen Auswahl reichen, was zu beträchtlichen Fortschritten bis in das Entwicklungsbüro führt. Ein Gebiet mitten in der Entwicklung ist jetzt das der komplexen metallischen Legierungen, ein Gebiet das so gut wie unerforscht ist und spannende Vorstellungen und noch unbekanntes Leistung birgt. Ein anderes Gebiet der Strukturwerkstoffe ist das der « Werkstoffsysteme », die durch die Verbindung von Elementen, vom Atom bis zu Teilchen oder Fasern verschiedener Abmessungen, erhalten werden: Verbundwerkstoffe, Gedächtnislegierungen, Werkstoffe mit Nano-Struktur, die vielseitige Perspektiven für Forschung und Anwendung geöffnet haben und noch öffnen werden. Für diese Werkstoffe ist die Kenntnis ihrer Entstehung, die Entwicklung ihrer Mikrostruktur und Fehler Mittelpunkt der Untersuchung und der Optimierung der Eigenschaften. Zahlreiche Anstrengungen haben ihre quantitative Beschreibung und ihre Modellierung, ausgehend vom nanometrischen Maßstab bis zum mikroskopischen und makroskopischen Maßstab, zum Ziel. Untersuchungen der transversalen Merkmale für die optimierte Verarbeitung, die Beschreibung des mechanischen Verhaltens, die chemische Analyse und die Topologie des Mikrogefüges, ohne die Modellierung zu vergessen, profitieren von den schnellen Fortschritten bei der Instrumentierung. Schliesslich bleiben die Verarbeitung dieser Werkstoffe, die Formgebung, die thermomechanischen Behandlungen, die Oberflächenbehandlungen, das Zusammenfügen, die Vorhersage der Lebensdauer oder der Restlebensdauer das Ziel der aktiven Untersuchungen. Alle diese Anstrengungen stützen sich auf die Basis von Daten, sowohl für die

thermochemischen Gleichgewichte, die kinetischen Werte und die mechanischen und thermophysikalischen Eigenschaften ab. Die Erweiterung dieser Grundlagen ist für diese Annäherungen von grundsätzlicher Wichtigkeit.

**Die nuklearen Werkstoffe: Zu einer mehrstufigen Modellierung der Verwendungseigenschaften** ..... 917

P. Ledermann, J.-L. Boutard, M. Guttman, B. Marini,  
P. Garcia, C. Valot

Der Schritt zur mehrstufigen Modellierung der Verwendungseigenschaften und die neuesten vielsagenden Ergebnisse bei Berücksichtigung der Vielfalt der industriellen Werkstoffe werden dargelegt. Die Verfasser beschreiben die Hauptwerkzeuge der Modellierung und die Notwendigkeit einer experimentellen Validierung im passenden Maßstab. Sie stellen ganz besonders die Fortschritte vor, die bei der Vorhersage der Energie punktförmiger Fehler in Stählen gemacht werden, notwendige Daten für die Modellierung der Kinetik der langsamen Veränderung ihrer Mikrostruktur unter Bestrahlung. Die Verfasser sprechen die mehrstufige Vorhersage der mechanischen Eigenschaften wie auch die besondere Problematik des Brennstoffs an.

**Der Forschungsfonds für Kohle und Stahl und die Technologische Plattform Stahl**..... 933

Ph. Vannson

Die EGKS Programme haben vor fünfzig Jahren die europäische Zusammenarbeit hinsichtlich der wissenschaftlichen und technischen Forschung gefördert. Sie haben die Grundlagen für die Rahmenprogramme der Europäischen Forschung gelegt. Nach dem Ablauf des EGKS Vertrages folgte ein neues Forschungsprogramm, in Ergänzung zum Rahmenprogramm der Europäischen Union, der Forschungsfonds für Kohle und Stahl. Die Technologische Plattform Stahl festigt die Koordination dieses Fonds mit den anderen Instrumenten der Stahlforschung. Diese Gesamtheit bildet in einer globaleren Welt ein zugängliches und lebendiges Erbe der EGKS, in Übereinstimmung mit neuen Prioritäten der Europäischen Union, den Zielen von Lissabon und Barcelona wie auch mit der strategischen Bedeutung einer Ökonomie, die auf Wissen basiert.

**Vielartige Wege der Stahlherstellung: Rückblick und Aussichten** ..... 937

J.-P. Birat

Das Eisenhüttenwesen ist heute eine grosse kapitalistische Industrie, die ein hohes Niveau an Sophistik, an Komplexität und Wirksamkeit erreicht hat. Dies ist zum Vorteil der Bürger, die von der regelmässigen Ermässigung der Stahlpreise profitieren, also demjenigen der Produkte, die sie verbrauchen. Die Herstellung des Stahls hat sich so auf eine kleine Anzahl beherrschender und fortschrittlicher Werke fokussiert, die die elementaren Technologien vereinigen. Es scheint so, dass diese Industrie ihre Reife erlangt hat und dass wenig Spielraum für eine weitere Veränderung bleibt, die Fortschritte bereits vollbracht sind und an die Grenzen der Physik geführt haben. Es handelt sich dabei um eine Vision des Eisenhüttenwesens, die zeitgemäss und bestimmend für die Strategie dieser Industrie ist. Ein Stahlwerk, das nicht nach den von der vorherrschenden aktuellen Technologie definierten Kriterien betrieben wird, wird sich vor wirtschaftlichen Schwierigkeiten und dem Zusammenbruch sehen. Stahl oder Guss sind jedenfalls wesentliche Elemente der Zivilisation seit ungefähr 3000 Jahren, während das oben dargestellte Modell des Eisenhüttenwesens nicht älter als ca. 30 Jahre ist. Zahlreiche andere Modelle haben in der Vergangenheit, der Vorgeschichte und Geschichte existiert, und andere werden wahrscheinlich eines Tages in der Zukunft folgen. Es erscheint in der Tat vernünftig anzunehmen,

dass die Verwendung von Stahl andauern wird. Dieser Bericht beurteilt Stahl als nachhaltigen Werkstoff und die Eisenhüttenkunde als kumulative Technologie; er untersucht wie diese beiden Konzepte in der Vergangenheit industrielle Veränderungen hervorgerufen haben und vermutlich zu anderen Veränderungen in der Zukunft beitragen werden.

**Die Stähle : Gestern, heute und morgen** ..... 957

F. Mudry, A. Le Bon, R. Bulthé

Die grösseren Entwicklungen des Eisenhüttenwesens werden über den Verlauf von drei Perioden beschrieben: Die dreissig Ruhmreichen; die mit Wachstum Null (1973-1983) und die letzte Periode (1983-2004). Stark beeinflusst durch die schwerwiegenden Tendenzen der Weltwirtschaft sind diese Perioden der Eisenhüttenindustrie durch besondere Prioritäten bei der Produktivität, der Entwicklung von Flachprodukten aus neuen Kohlenstoff-Stählen oder bei dem Umweltschutz, gekennzeichnet. Die Synergien zwischen den neuen Herstellungsverfahren, der Entwicklung neuer Metallurgien und den von den Verbrauchern ausgedrückten Bedürfnissen werden besonders unterstrichen.

**Der nichtrostende Stahl, von einem Jahrhundert zum Andere** ..... 971

P.-J. Cunat, J. Charles

Die nichtrostenden Stähle haben seit 50 Jahren eine grosse Entwicklung erfahren, insbesondere durch ihre bemerkenswerte Eigenschaft von Korrosionsfestigkeit. Ihre Leistungen auf diesem Gebiet wurden für die verschiedenartigsten Umgebungen ständig verbessert. Neue Sorten mit ausgezeichneten mechanischen Eigenschaften unter statischen oder dynamischen Beanspruchungen wurden entwickelt, die es ermöglichen Teile hoher Qualität mit modernen Herstellungsverfahren wirtschaftlich zu produzieren. In der Zukunft müssen die nichtrostenden Stähle für die Bereiche Transport und Wasserverteilung weiterentwickelt werden. Diese Entwicklung könnte durch die Klassifikation der Europäischen Union als metallische Legierung mit mehr als 1 % Nickel behindert werden. Diese Klassifikation, die heute auf Nickel zielt, gefährdet mit der Zeit alle metallischen Legierungen, deren besondere Eigentümlichkeit anerkennt und für welche ein allgemeines Vorgehen zugelassen werden muss.

**Überlegungen zu Produkten mit hohen Kennwerten aus Stählen und Superlegierungen** ..... 987

A. Grellier, C. Dumont, S. Hans, J. Montagnon, P.-E. Richy

Heute, nach fünfzehn Jahren stufenweiser Entwicklung, stützt sich das Konzept metallurgischer Produkte aus Stählen und Sonderlegierungen stark auf das Mittel der Modellierung, die gleichzeitig den Aufbau des Mikrogefüges und die Beschreibung der verschiedenen Herstellungsverfahren abdeckt. Diese Werkzeuge, von nun ab in den industriellen Unternehmen eingeführt, ermöglichen in Verbindung mit dem traditionellen experimentellen Vorgehen viel schneller an innovative Ergebnisse und stabilere Lösungen zu gelangen, und sie tragen zur Erhöhung der Leistung und Wettbewerbsfähigkeit bei.

**Neue Tendenzen auf dem Markt : grosse Tragweite, Flexibilität und Integrierung der Ausrüstungsnetze in die Decken** ..... 997

L.-G. Cajot

Die jährliche Produktion von ARCELOR beträgt etwa 44 Millionen Tonnen. Von diesen 44 Millionen Tonnen werden 8 Millionen vom Bauprodukt der 15 Mitgliedsländer der Europäischen Union für den Bau industrieller Anlagen, mehrgeschossiger Wohnbauten und von

puentes absorbiendo. Dentro de la Unión Europea domina el acero el mercado para las construcciones industriales, mientras que la situación en el mercado para las construcciones de viviendas de diferentes alturas es distinta. El acero ocupa el mayor porcentaje de este mercado, más del 50 % en Gran Bretaña, Suecia o Noruega, mientras que en los demás países europeos está por debajo del 30 %. El acero tiene un gran potencial de desarrollo. Estas partes del mercado de la construcción podrían ser ganadas, siempre que se pueda acceder a los mejores tipos de acero y a nuevos productos adecuados, de acuerdo con las tendencias del mercado, se propone. El informe trata cuatro temas que afectan a la construcción con acero: los aceros de alta resistencia, los sistemas de estructura de acero, los sistemas de cubierta y la resistencia al fuego.

## ESPAÑOL

« La Revue de Métallurgie » : un siglo de historia ..... 869  
M. Jeanneau, L. Devillers

« La Revue de Métallurgie » es inseparable del nombre del gran sabio francés que la ha creado en 1904, Henry Le Chatelier. Con ocasión del centenario de la Revista, los autores han querido recordar la historia que se confunde con la de la metalurgia. En un pasado más reciente, « La Revue de Métallurgie » ha subido a evolucionar con su tiempo con un desvelo constante de rendir servicio a sus lectores. Los reagrupamientos con otras revistas francesas han sido realizados, una versión electrónica apareció para saludar el año 2000. Pero el contexto evoluciona todavía con la creación de grupos industriales europeos, de universidades y escuelas de ingenieros que giran hacia lo internacional. La Industria y la Ciencia, se acoplan al querido Henry Le Chatelier, debiendo ahora considerarse a nivel europeo. Es en esta dirección en la que debe evolucionar « La Revue de Métallurgie ».

Sobre el empleo de modelos en metalurgia ..... 893  
J. Friedel

A partir de su experiencia personal, el autor analiza la necesidad y los límites de empleo de modelos teóricos en metalurgia. El desarrollo de modelos simples pero necesariamente próximos es útil para una comprensión semi-cuantitativa de los fenómenos complejos usuales en metalurgia, tanto para orientar las investigaciones como para construir un sistema de interpretación predictivo. Estos modelos no permanecen válidos más que en dominios de aplicación limitados. Estos modelos próximos podrían ser reemplazados por cálculos bastante completos y exactos para ser seguros en sus predicciones gracias al empleo de ordenadores cada vez mejores. Permanece difícil, sino imposible, describir correctamente todos los parámetros internos y todas las condiciones en los límites impuestos en el sistema considerado. Por otra parte, cada nueva observación requiere un nuevo cálculo, fotografiado puede ser bastante preciso pero sin comprensión real de los fenómenos. Es finalmente por una combinación de experiencias, de modelos interpretativos y predictivos y de algunos cálculos en blanco que se puede utilmente progresar en campos tan complejos como la metalurgia.

Tendencias actuales de la investigación sobre los materiales estructurales y perspectivas de aplicaciones futuras ..... 901  
G. Beck, E. Aeby-Gautier

Al lado de los materiales « tradicionales » en los que los progresos son constantes, como las aleaciones metálicas o los polímeros, los materiales de gran difusión : hormigones, caucho, textiles, madera, papeles – cartones son ahora objeto de estudios profundos permitidas por los progresos de los métodos de investigación y de

modelización capaces de abordar su gran complejidad ligada al hecho que frecuentemente se trata de mezclas. Los materiales de elevado comportamiento mecánico dan lugar a investigaciones yendo de los procedimientos de elaboración, de las estructuras multi-escalas, a las propiedades, al comportamiento y a su elección óptima que permiten avances considerables hasta la oficina de estudios. Un campo en pleno desarrollo es ahora el de las aleaciones metálicas complejas, dominio casi inexplorado con avances conceptuales muy excitantes y de resultados todavía desconocidos. Otro dominio de materiales estructurales es el de « materiales sistemas », obtenidos por ensamblado de elementos yendo del átomo a las partículas o fibras de todas dimensiones : composites, materiales adaptables, nanomateriales estructurales, que han abierto y abrirán todavía vastas perspectivas de investigación y aplicaciones. Para estos materiales, el conocimiento de la formación y de la evolución de la microestructura y de los defectos son el corazón del control y de la optimización de las propiedades. Numerosos esfuerzos continúan para su caracterización cuantitativa y su modelización de la escala nanométrica a escalas micro- y macroscópica. Las investigaciones de carácter transversal sobre la puesta en obra optimizada, la caracterización del comportamiento mecánico, el análisis químico y topológico de la microestructura, sin olvidar la modelización, benefician de los rápidos progresos de la instrumentación. Finalmente, la puesta en obra de estos materiales, conformación, tratamientos termomecánicos, tratamientos de superficie, ensamblado, previsión de vida o del potencial es objeto de investigaciones activas. Todos estos esfuerzos se apoyan sobre bases de datos tanto para los equilibrios termoquímicos, los datos cinéticos, las propiedades mecánicas y termofísicas. El enriquecimiento de estas bases es vital para estas aproximaciones.

Los materiales nucleares : hacia una modelización multi-escala de las propiedades de uso ..... 917  
P. Ledermann, J.-L. Boutard, M. Guttmann, B. Marini, P. García, C. Valot

La marcha de la modelización multi-escala de las propiedades de uso y los resultados recientes los más significativos de la toma en cuenta de la complejidad de los materiales se presentan ampliamente. Los autores describen los principales útiles de modelización y la necesidad de una validación experimental a la escala pertinente. Se presenta más particularmente los progresos hechos en la predicción de la energía de los defectos puntuales en los aceros, datos esenciales en la modelización de las cinéticas de evolución lenta de su microestructura bajo irradiación. Los autores abordan la predicción multi-escala de las propiedades mecánicas así como la problemática particular del combustible.

El Fondo para la Investigación Carbón Acero y la Plataforma Tecnológica Acero ..... 933  
Ph. Vannson

Los programas CECA han lanzado hace cincuenta años, la colaboración europea en materia de investigación científica y técnica. Se han establecido las fundaciones de los programas marcos de Investigación Europea. La expiración del tratado CECA ha sido seguido con la aparición de un nuevo programa de investigación, complementario del programa marco de la Unión Europea, el Fondo para la Investigación Carbón Acero. La Plataforma Tecnológica Acero asegura su coordinación con los otros instrumentos de la investigación Acero. Este conjunto constituye, en un mundo más global, una herencia tangible y viva de la CECA, en fase con las nuevas prioridades de la Unión Europea, los objetivos de Lisboa y Barcelona así como con la importancia estratégica confirmada de una economía basada en el conocimiento.

**Diversidad de terrajas de elaboración del acero : retrospectiva y perspectiva ..... 937**  
J.-P. Birat

La siderurgia es una gran industria capitalista que ha alcanzado un nivel elevado de sofisticación, de complejidad y de eficacia. Esto es una ventaja para el ciudadano que se beneficia de la disminución regular del precio del acero y por tanto de los productos que el consume. La elaboración del acero se centra así sobre un pequeño número de terrajas que asocian las tecnologías elementales, dominantes y avanzadas. Parece así que esta industria alcanzado la madurez y que queda poco margen para el cambio, los progresos ya alcanzados la han llevado a las fronteras de la física. Se trata de una visión de la Siderurgia que es contemporánea y determinante para la estrategia de esta industria. Una acería que no funcione según los criterios definidos por la actual tecnología dominante estará condenada a dificultades económicas y a la quiebra. El acero o la fundición son a veces elementos esenciales de la civilización desde hace aproximadamente 3 000 años mientras que el modelo de Siderurgia presentado mas arriba tan sólo se refiere a una treintena de años. Otros numerosos modelos han existido en el pasado, de la Prehistoria a la Historia y otros vendrán seguramente algún día en el futuro. Parece en efecto razonable pensar que la utilización del Acero perdurará. Este artículo analiza el Acero como Material Durable y la Siderurgia en tanto como Tecnología acumulativa ; explora como estos dos conceptos han provocado cambios industriales en el pasado y contribuirán seguramente a otros cambios en el futuro.

**Los aceros : ayer, hoy y mañana ..... 957**  
F. Mudry, A. Le Bon, R. Bulthé

Las mayores evoluciones de la siderurgia son descritas durante tres periodos : los treinta gloriosos, el crecimiento cero (1973-1983), el periodo último (1983-2004). Ampliamente influenciada por las tendencias pesadas de la economía mundial, estos periodos están caracterizados en la siderurgia por las prioridades particulares acordadas en la productividad, en el desarrollo de productos planos en aceros al carbono nuevos o a la protección del medio ambiente. Las sinergias entre los nuevos procedimientos de elaboración, el desarrollo de nuevas metalúrgias y las necesidades expresadas por los utilizadores son especialmente remarcadas.

**El acero inoxidable de un siglo al otro ..... 971**  
P.-J. Cunat, J. Charles

Los aceros inoxidables han conocido un fuerte desarrollo desde hace 50 años gracias, en particular, a su remarcable cualidad de resistencia a la corrosión. Su comportamiento en este campo ha sido mejorado constantemente por una amplia variedad de medios. Nuevos tipos con altas propiedades mecánicas bajo sollicitaciones estáticas o dinámicas han sido desarrolladas lo que permite producir económicamente piezas de calidad elevada con los procedimientos modernos de puesta en obra. En el porvenir, los aceros inoxidables deberán desarrollarse en los campos del transporte y de la distribución de agua. Este desarrollo podrá ser promovido por la clasificación, por la Unión Europea, de las aleaciones metálicas conteniendo mas de 1 % de níquel. Esta clasificación, hoy focalizada sobre el níquel, arriesga concernir a un término todas las aleaciones metálicas cuya especificidad debe de ser reconocida y para las cuales debe de ser adoptada una estrategia común.

**Modos de concepción de productos de altas características en aceros y superaleaciones ..... 987**  
A. Grellier, C. Dumont, S. Hans, J. Montagnon, P.-E. Richy

Hoy, después de una progresiva evolución de una quincena de años, la concepción de productos de la metalurgia de los aceros y aleaciones especiales se apoya fuertemente en la puesta en obra de medios de modelización que cubren a la vez la construcción de las microestructuras y la descripción de los diversos procedimientos de fabricación. Estos útiles, introducidos en las empresas industriales, asociadas a el modo experimental tradicional permiten llegar a resultados de innovación mas rápidos, a soluciones mas sólidas y contribuyen al reforzamiento de los resultados y de la competitividad.

**Nuevas tendencias del mercado : largos alcances, servicio integrado y flexibilidad de los redes de equipos en los pisos ..... 997**  
L.-G. Cajot

La producción anual de Arcelor se eleva a 44 millones de toneladas. De estos 44 millones de toneladas, 8 son absorbidos por el mercado de la construcción de los 15 Mienbros de la Unión Europea, para construir naves industriales, inmuebles de pisos y puentes. En el seno de la Unión Europea el acero domina el mercado de las naves industriales, mientras que la situación está mas contrastada para el mercado de inmuebles de pisos. La parte de este mercado ocupado por el acero sobre pasa el 50 % en el Reino Unido, en Suecia o en Noruega, mientras que es inferior al 30 % en los otros países de Europa. El acero tiene pues un fuerte potencial de desarrollo. Estas partes del mercado de la construcción podrían ser conquistadas apoyándose en los tipos de altas características y proponiendo nuevos productos adaptados a las tendencias del mercado : largos alcances, servicio integrado y flexibilidad. El artículo aborda cuatro sujetos concernientes la construcción en acero : los aceros de alta resistencia, las vigas celulares Arcelor, los sistemas de pisos y la resistencia al fuego.