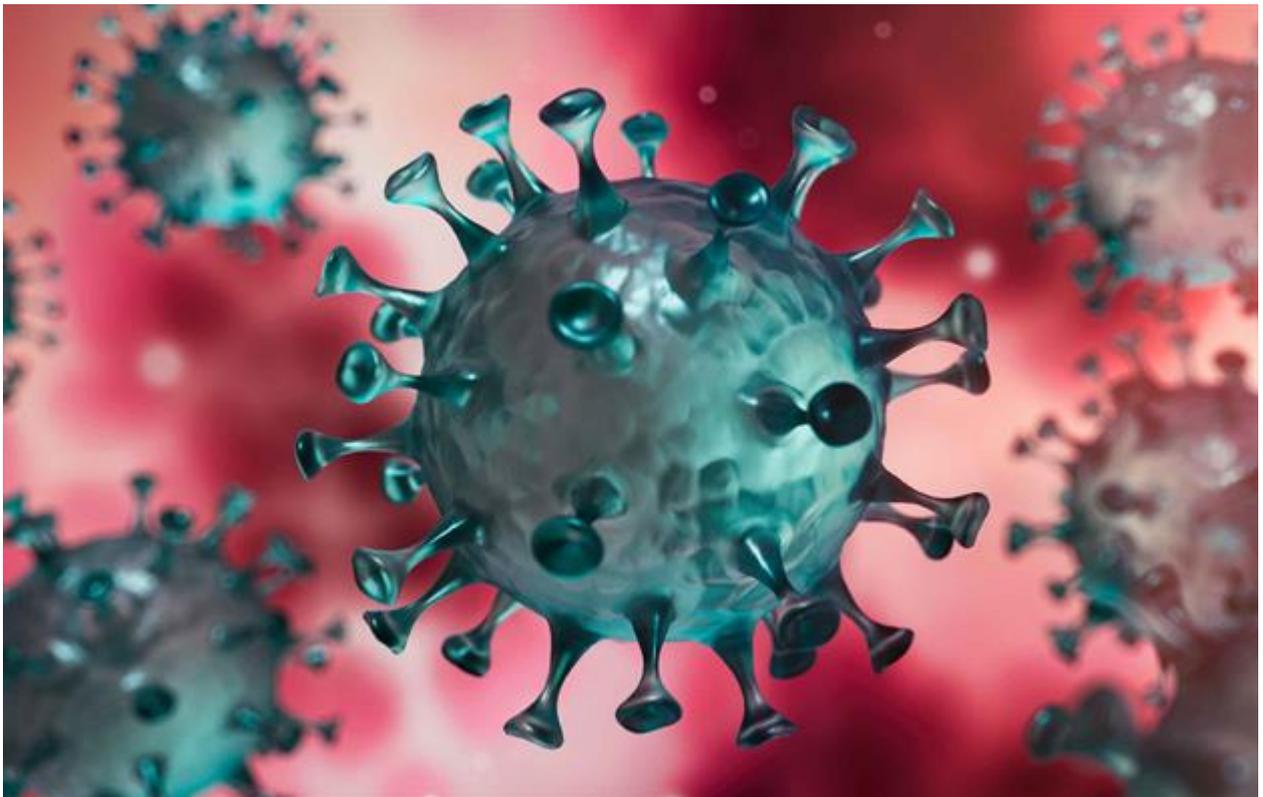


N° 31 – 2020

LE PHOTON



Bulletin de l'Association des Ancien-ne-s Etudiant-e-s et
Collaborateurs-trices du Département de Physique de
l'Université de Fribourg

Comité de l'Association des Ancien-ne-s Etudiant-e-s et Collaborateurs-trices du Département de Physique de Fribourg

Comité du Photon

Président	R.-P. Pillonel-Wyrsh
Caissier	S. Tresch
Rédactrice (français)	E. Esseiva
Rédacteur (allemand)	P. Stadlin
Président du Dép. de Physique	P. Werner
Membre du comité	M.-L. Mottas
Membre du comité	A. Raemy
Membre du comité	R. Röthlisberger
Membre du comité	L. Schaller

Secrétaires du Photon

Eliane Esseiva – mise en page	eliane.esseiva@unifr.ch
Doriana Pedrioli – envoi	doriana.pedrioli@unifr.ch

Editorial

- **Dr. Roland-Pierre Pillonel-Wyrsh**

L'année 2020 ne sera certes pas marquée d'une pierre blanche. Si pour le monde entier ce fut l'année de la Covid-19, de leur côté les lecteurs et lectrices du Photon se la remémoreront avec tristesse comme celle de la perte d'un ami. En effet, un sinistre dimanche de juin, Jean-Claude Dousse, membre du comité depuis la 5ème séance, nous quittait à l'âge de 72 ans, emporté par une maladie à propos de laquelle il avait gardé la plus grande discrétion. Il était la mémoire vivante du Département de Physique et le vide qu'il nous laisse ne sera pas comblé de sitôt. L'auteur de ces lignes a eu le plaisir de travailler avec Jean-Claude dans divers contextes liés à l'amélioration de l'enseignement de la physique et a toujours pu apprécier son approche à la fois rigoureuse et humaine. Merci à Joanna et Philipp de lui avoir rendu un hommage mérité dans cette édition du Photon.

Aucune édition de presse écrite ne peut faire l'impasse sur la pandémie qui a marqué cette année, et le Photon ne pouvait pas faire exception à la règle. On l'a dit et redit : les épidémies, et particulièrement celle-ci, présentent des phases de caractère exponentiel, ... oui, mais qu'est-ce que cela signifie pour un scientifique ? Notre ami et collègue Roger nous en fait un rappel intéressant.

Le quotidien Le Temps du 12 avril 2016 titrait : « Rideau sur le Cibachrome ». Et pourtant ... l'association Cibachrome est toujours debout et nous propose des projets qui restent d'actualité. Parmi ceux-ci, M. Gex nous en présente un qui est promis à un grand avenir : le développement produit de film positif ILFORD qui permet aux entreprises d'assurer la sauvegarde d'un volume

important de données. Ce procédé permet par exemple aux hôpitaux suisses de disposer d'un système performant et sécurisé pour la gestion des données des patients.

Dans la toujours très appréciée rubrique « Que sont-ils devenus ? », M. Elmar Mooser nous parle de sa troisième vie : nous la regardons avec un peu d'envie et surtout nous lui souhaitons d'en bénéficier encore longtemps.

« Le calme du confinement, une opportunité pour la science ? » était le titre d'un reportage de la RTS en juin dernier. Pas si sûr lorsque l'on connaît l'importance des relations sociales et de la confrontation d'idées pour faire avancer celle-ci. Mais ce qui est sûr, c'est qu'il fallait beaucoup plus qu'une Covid-19 pour altérer l'enthousiasme des chercheurs qui continuent à œuvrer dans « notre » Département de Physique. M. Prof Werner, s'en fait l'écho dans notre édition de cette année.

Vous voulez en savoir plus sur ce qui se passe au Département et ce que sont devenu-e-s d'autres collègues ? Pas de problème ! Surveillez le courrier en provenance du Comité du Photon et réservez d'ores et déjà la date du samedi 2 octobre 2021. Notre troisième rencontre des anciens-ne-s se déroulera ce jour-là et nous nous réjouissons déjà de vous y retrouver... en souhaitant que les mesures sanitaires qui seront en vigueur à cette date ne nous contraignent pas au report. Gardons un œil optimiste pour l'avenir.

Bonne lecture...

Was ist aus Ihnen geworden

- Elmar Mooser – 26.10.1943
Pensionierte Werkstattschef

Der dritte Lebens-Abschnitt

Nach 43-jähriger Tätigkeit am Physik-Departement, davon 12 Jahre als Werkstatt-leiter, bin ich Ende Oktober 2008 in den wohlverdienten Ruhestand getreten.

Ich habe mir oft überlegt, wie es sein wird, wenn ich mit 65 in Pension gehe, und was ich danach in meiner Freizeit anstellen würde.

Die Umstellung war für mich aber kein Problem - mit einem Haus mit viel Umschwung und einem grossen Gemüsegarten gibt es immer Arbeit. Bei uns im Dorf steht am Haus der Landi folgendes:

*„Säe - Pflanze - Baue und dann
Gott vertraue“.*

Das kommt mir immer in den Sinn, wenn ich etwas Neues um das Haus unternehme. Aber ich wollte ja nicht immer zu Hause sein und Arbeiten, auch einige Reisen unternehmen mit dem Fahrrad und Wanderungen in den Bergen, da unsere Enkelkinder in Amsoldingen und Wengen zu Hause sind gibt es auch Ausflüge ins Berner Oberland.

2016 machten meine Lebenspartnerin und ich eine lang ersehnte 3-wöchige Reise nach Kuba. Zwei Wochen waren wir mit einem Mietauto unterwegs und genossen anschliessend eine Woche Badeferien.

Mit dem Fahrrad waren wir eine Woche auf der Weinstrasse an der Mosel von Trier nach

Koblenz unterwegs, sehr empfehlenswert für alle die gerne Radfahren. Auch in unserer Gegend gibt es unzählige Fahrradwege für Leute, die gerne gemütlich unterwegs zu sein.

Im Frühling 2020 hatten wir eine Reise nach Costa Rica gebucht, leider mussten wir diese Reise absagen, weil ich Probleme mit dem Herzkreislauf hatte und auf Rat des Arztes nicht Reisen durfte. Dann kam im März die Meldung von Corona, was für uns Senioren bedeutete zu Hause zu bleiben auch das grosse Hobby, das Schiessen, musste ich wegen Corona teilweise bleiben lassen. Umso mehr hatte ich Zeit um am gepachteten Bach Bibera fischen zu gehen, und so verbrachten wir unsere Zeit vom Frühling bis heute daheim im Garten oder zum Ausruhen am «Place de la Sieste».

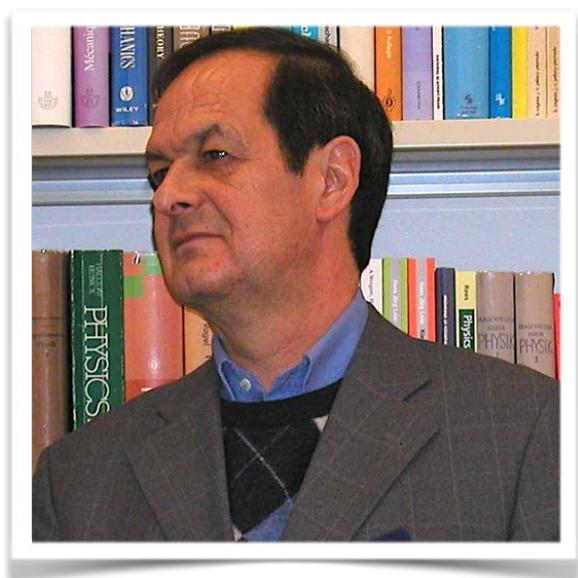


Ich hoffe ich kann noch einige Jahre den Ruhestand geniessen und wenn ich Lust habe ein Besuch an meinen alten Arbeitsplatz zu machen.

In Memoriam Prof. Jean-Claude DOUSSE

- PD Dr. Joanna Hoszowska
- Prof. émérite Philipp Aebi

C'est avec une profonde tristesse que nous devons vous communiquer le décès du Professeur Jean-Claude Dousse survenu le 21 juin 2020 après une sévère maladie contre laquelle il s'est battu avec grand courage et persévérance, malheureusement sans réussir à la vaincre.



La vie de Jean-Claude Dousse fut pleine et remarquable. La décrire en quelques lignes est donc impossible. Né le 14 avril 1948 à Fribourg, après sa scolarité obligatoire, il poursuit ses études au collège St-Michel à Fribourg où il obtiendra sa maturité en 1967.

Après son école de recrues, il commença, en 1968, les études de physique à l'Université de Fribourg de laquelle il obtint son Diplôme de Physique en 1973. Il entama, par la suite, un travail de thèse de doctorat, toujours à l'Université de Fribourg, sous la direction de Prof. Jean Kern et il obtint son doctorat en 1978 avec la distinction Summa cum Laude.

Entre 1972 et 1978, comme étudiant et assistant-doctorant, il enseigna également la

physique et les mathématiques au collège St-Croix à Fribourg. Il fonda une famille en 1970 et fut père de trois enfants et, plus tard, un heureux grand-père de deux petits enfants. Son épouse décèdera en 2004, et, peu après, également un de ses enfants.

Pendant sa jeunesse, Jean-Claude était un varappeur endurci et aussi un radioamateur passionné. Il a servi dans l'armée pendant des longues années, jusqu'en 2001, avec une carrière militaire allant jusqu'au grade de Colonel, où il était Chef S trm à l'EM CA camp 1.

Après son doctorat en 1978, il a été nommé directement Maître-Assistant dans le groupe de SP (Spectroscopie Nucléaire) qui deviendra PAN (Physique Atomique et Nucléaire). En 1982, il reçoit une bourse pour chercheurs avancés du FNS (Fonds National Suisse pour la recherche) pour un séjour scientifique d'une année au fameux laboratoire LANL (Los Alamos, USA) et à TRIUMF (Vancouver, Canada).

De retour en Suisse en 1983, il enseigna à l'Université de Fribourg et il mena sa recherche au PSI et au LEAR/CERN. En 1986, il obtint son habilitation et il fut promu Professeur Associé et chef de groupe en 1989, puis Professeur Extraordinaire en 2001.

En 2008, il s'est vu décerner le titre de professeur honoraire de l'ECUST (East China University for Science and Technology) à Shanghai, Chine.

C'est à partir de 1990 qu'il développa son groupe de recherche en physique atomique AXP (Atomic and X-ray Physics).

Après 44 ans passés au service de notre Alma Mater, dont 28 en tant que professeur, Jean-Claude Dousse prit sa retraite en août 2017, et, dorénavant en tant que Professeur Emérite, il continua ses activités de recherche.

Jean-Claude Dousse fut un physicien brillant et passionné. Il faisait partie des scientifiques qui avaient l'expertise dans différents domaines après une carrière passant de la physique nucléaire à la physique atomique fondamentale et appliquée. Il a mené avec son groupe une excellente recherche originale et fructueuse. Auteur d'un grand nombre de publications scientifiques, il fut reconnu comme un expert de réputation mondiale dans la physique atomique et la spectroscopie X de haute résolution, ses domaines de prédilection. Expérimentateur hors pair, il a également excellé dans la conception et la construction de spectromètres à cristal courbé, de haute résolution: Laue de type DuMond et Bragg de type von Hamos.

Les projets de recherche de Jean-Claude Dousse ont été centrés sur les aspects fondamentaux des processus d'excitation et désexcitation atomique résultant de collisions avec des photons, des électrons, des particules chargées légères et des ions lourds, principalement à l'aide de la spectroscopie d'émission X en haute résolution. En physique atomique fondamentale, ses travaux scientifiques ont porté sur la double ionisation de la couche atomique K, les canaux de désexcitation radiative exotiques telles que l'émission radiative Auger, la double photoexcitation dépendant de l'énergie des couches internes atomiques et les processus de diffusion inélastique résonnante des rayons X, y compris la diffusion Raman résonnante aux rayons X (XRRS).

Il était très actif dans le domaine de la métrologie des rayons X, où il a poursuivi des études visant à déterminer avec une grande précision les énergies et les largeurs naturelles des transitions atomiques, les intensités relatives des transitions, ainsi que la détermination des rendements de fluorescence et des transitions de type Coster-Kronig. En physique atomique appliquée, ses travaux de recherche ont été axés sur l'influence de l'état chimique et solide sur les spectres de rayons X. En outre, il a contribué à développer de nouvelles techniques de

spectroscopie de rayons X en haute résolution telles que GEXRF (fluorescence X à émission rasante) pour la caractérisation des matériaux, et HEROS (spectroscopie X hors-résonance en haute résolution), une méthode permettant d'étudier les niveaux électroniques inoccupés dans le voisinage des bords d'absorption.

Ses projets de recherche et les expériences ont été effectuées au Département de Physique de Fribourg avec les spectromètres à cristal de haute résolution, ainsi qu'avec l'accélérateur d'ions lourds au PSI (Villigen), au KVI (Groningen) et au GSI (Darmstadt) et avec des sources de rayonnement synchrotron comme SLS (Villigen), ESRF (Grenoble), ELETTRA (Trieste), MAXIII (Lund), SSRL (Stanford) et avec des lasers X à électrons libres (XFEL) à LCLS (Stanford).

Prof. Dousse a aussi dispensé un enseignement de très bonne qualité, et il a été apprécié par de nombreuses volées d'étudiants. Il a enseigné la physique générale, la physique atomique, l'introduction à la mécanique quantique, l'introduction à la physique moderne, la physique nucléaire, la physique de tous les jours, avec des chapitres choisis de physique atomique, spectroscopie à rayons X, introduction au rayonnement synchrotron. Ses cours étaient très prisés, toujours très didactiques et bien structurés, avec une écriture parfaite au tableau noir.

Il était également responsable des travaux pratiques pour débutants ainsi que ceux pour avancés. Certaines des expériences utilisées ont été développées par lui-même et sont énormément appréciées encore aujourd'hui.

Pendant toutes ces années de professorat, il a dirigé 15 diplômés et thèses de master, 22 thèses de doctorat et 10 thèses de doctorat comme co-superviseur. Il était compétent, humain et toujours à l'écoute. En tant que directeur de thèse, il était un mentor et un vrai « Doktor Vater ».

En plus de ses charges d'enseignant et de chercheur, Jean-Claude Dousse a accepté de nombreuses autres responsabilités, parmi lesquelles nous en citons quelques-unes: Président (2005-2008) et Vice-Président (2004-2005; 2007-2008) du Département de Physique, Vice-Doyen de la Faculté des Sciences (2012-2015), expert aux Examens de Maturité Fédérale, conseiller aux études pendant de nombreuses années, membre du comité de la Fondation Robert A. Naef de l'Observatoire astronomique d'Epesses (depuis 1994), membre du comité de rédaction pour le journal X-ray Spectrometry (depuis 2014), membre de la collaboration SPARC (Stored Particles Atomic Physics Research), membre du comité de l'International Initiative on X-ray Fundamental Parameters, membre du comité d'organisation du Congrès « 8th International Symposium on Nuclear Capture and γ -Ray Spectroscopy », co-Président du Congrès « 43rd Congress of the European Group on Atomic Systems » (EGAS), membre du panel scientifique de la Station Expérimentale A de SwissFEL, et enfin, vice-président du présent journal Le Photon depuis 2003 jusqu'en 2020.

Jean-Claude nous a quittés beaucoup trop tôt...

Il a toujours été au service de tous, sans aucune retenue. Il était soucieux du bien-être du Département de Physique et à l'écoute des gens. Il s'est occupé de tant de choses et prenait toujours le temps de tout bien expliquer. Il était passionné et engagé dans tout ce qu'il faisait. Par-dessus tout, il avait beaucoup d'humour et c'était un plaisir d'échanger avec lui. Jamais il n'a oublié de penser au personnel administratif et technique à la période de Noël, avec une petite attention.

Une vraie force de la nature, Jean-Claude n'a jamais cessé de travailler: il n'a terminé les nouvelles notes du cours de Physique Atomique que quelques semaines avant son dernier envol.

C'est une grande perte pour toutes les personnes qui l'ont côtoyées durant plus de 45 ans de collaboration, comme collègue, comme mentor et comme ami. Il nous laisse un souvenir empreint de gratitude pour son dévouement, sa bienveillance et son sourire.



CORONAVIRUS ET CROISSANCE EXPONENTIELLE

- Dr. Roger Röhltisberger

La récente pandémie du coronavirus a suggéré à plusieurs qu'il était intéressant de se pencher sur l'aspect mathématique lié à la notion omniprésente de croissance exponentielle.

« Exponentielle » est un terme associé généralement à **une idée de croissance** (ou de décroissance). Il s'agit ici d'une variation bien particulière : d'une population, d'une quantité d'argent, d'une quantité d'atomes etc. qui est caractérisée par un taux de variation qui dépend de la taille de la valeur initiale. Dans notre cas, il est exact que le nombre de personnes infectées par le virus va dépendre du nombre de personnes porteuses au départ, sachant que chacune peut contaminer une à plusieurs personnes saines de son entourage.

Je propose d'introduire le sujet par un exemple très simple, les intérêts bancaires :

Soit une banque avec un taux d'intérêt de 100 % et un compte où se trouve un capital $C = 1$ FRS au 1^{er} janvier. Au 31 décembre, les intérêts sont calculés : 100 % de 1 FRS donnent 1 FRS et on a $C = 1 + 1 = 2$ (on supprime les unités)

Maintenant, gardons le même 1 FRS sur le compte et le même taux d'intérêt, mais changeons la méthode de calcul. Plutôt que de calculer une fois en fin d'année, calculons de façon semestrielle : on calcule les intérêts sur 50 % du montant au bout de 6 mois et sur 50 % du moment en fin d'année. Le calcul devient :

$$C = \left(1 + \frac{1}{2}\right)^2 = 2,25$$

On gagne 0,25 FRS de plus ! Ceci provient du fait que la première moitié des intérêts, celle calculée au premier semestre, est prise en compte pour le calcul de la seconde partie des intérêts ; mais on peut faire mieux : on peut calculer les intérêts à chaque fin de mois. Dans ce cas-là, on effectuera 12 calculs avec à chaque fois $\frac{1}{12}$ du montant :

$$C = \left(1 + \frac{1}{12}\right)^{12} = 2,613$$

Les intérêts sont encore plus importants : chaque mois sont calculés les intérêts sur les intérêts déjà reçus des mois précédents.

Et si on faisait les calculs encore plus souvent ?

Par exemple, tous les jours :

$$C = \left(1 + \frac{1}{365}\right)^{365} = 2,7146$$

et pourquoi pas toutes les secondes : $C = \left(1 + \frac{1}{365 \times 24 \times 60 \times 60}\right)^{365 \times 24 \times 60 \times 60} = 2,7182817$

Que constate-t-on ? Que l'on calcule les intérêts chaque jour, minute ou seconde, la différence n'est plus aussi importante qu'entre calculer chaque année, mois, jour. Il semble donc qu'on tende de façon asymptotique vers **une limite** et que la limite semble être autour de 2,718. Autrement dit, la limite du taux d'intérêt quand les calculs sont faits de plus en plus souvent semble être le **nombre e**.

Euler prouva au XVIII^e siècle que cette limite est bien e et que ce nombre est irrationnel :

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{n}\right)^n = e$$

e représente l'accroissement d'un phénomène qui croît continuellement en fonction de sa propre taille.

On peut modifier un peu cet exemple des intérêts composés :

$$C_n = C_0 (1 + i)^n$$

avec C : capital initial ; n : nombre d'années de placement ; i : rapport de l'intérêt annuel au capital

Soit p : le nombre de périodes d'intérêts par année nous donne alors :

$$C_n = C_0 \left(1 + \frac{i}{p}\right)^{pn}$$

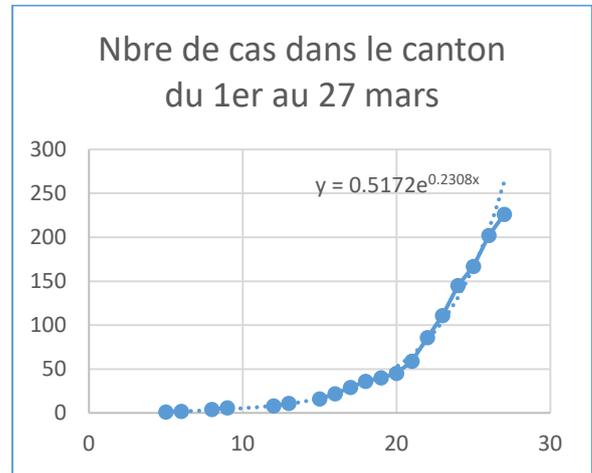
On pose $k = \frac{p}{i}$, ce qui nous donne la formule :

$$C_n = C_0 \left[\left(1 + \frac{1}{k}\right)^k \right]^{in}$$

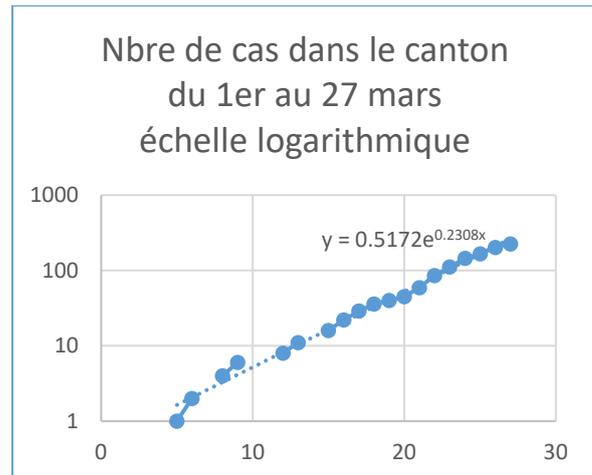
En faisant tendre les périodes vers l'infini, on obtient une fonction continue du type :

$$f(x) = a e^{bx}$$

Pour revenir au sujet initial, cette fonction permet de tester une adaptation aux chiffres donnés dans le canton de Fribourg par exemple, pour vérifier l'adéquation à une croissance exponentielle de l'épidémie dans ses débuts.



Il est alors aussi intéressant de représenter cette courbe à l'échelle logarithmique et ainsi les points peuvent être approximés par une droite et si cette dernière est une bonne approximation, on peut en conclure que le phénomène de pandémie qui nous occupe a bien un caractère exponentiel.



Dans notre cas, la croissance exponentielle ne peut être que transitoire, en effet elle s'arrête d'elle-même lorsqu'il n'y a plus personne à contaminer et également, ce qui nous intéresse, si on empêche la transmission naturelle par les précautions suggérées : gestes barrières, confinement, quarantaine, etc. ; ce que nous n'avons pas manqué d'appliquer très rapidement.

Das Leben am Physikdepartement im akademischen Jahr 2019-2020



- Prof. Philipp Werner -
Präsident des Departements

Situation avec le Covid-19

Das prägendste Ereignis des vergangenen Jahres war zweifelsohne die Schliessung der Universität und damit auch des Physikdepartements im Zuge der Corona-Pandemie. Nachdem im März die Corona-Fallzahlen auch in der Schweiz explodierten hiess es von einem Tag auf den anderen, dass kein Präsenzunterricht mehr erlaubt sei, und dass die Mitarbeiter das Physikgebäude nur noch in Ausnahmefällen betreten sollen. Sämtliche Vorlesungen würden von nun an, in welcher Form auch immer, online stattfinden.

Nach dieser Anweisung herrschte monatelange Funkstille von Seiten des Rektorats und der Fakultät - was wohl auch besser war als zahlreiche unnütze Instruktionen - und die Dozenten und Gruppenleiter versuchten, den Vorlesungs- und Forschungsbetrieb den Umständen entsprechend bestmöglich aufrecht zu erhalten. Auch die Sekretärinnen verschwanden alsbald im Home-Office. Einzig das Putzpersonal verharrte während dem ganzen Lockdown vor Ort und polierte das Gebäude auf Hochglanz.

Für kleinere Theorievorlesungen war der Online-Unterricht relativ problemlos mittels frei verfügbarer oder durch die Universität zur Verfügung gestellter Videokonferenz-Software zu bewerkstelligen, während die

grossen Vorlesungen mit Demonstrationsexperimenten eine grössere Herausforderung darstellten. Hier gilt unser besonderer Dank Baptiste Hildebrand und Oliver Huot für ihren grossen Einsatz beim Einrichten der Infrastruktur, die es ermöglicht hat, im grossen Hörsaal Videoaufzeichnungen von Vorlesungen zu erstellen.

Während der Präsenzunterricht bis zum Ende des Semesters nicht mehr aufgenommen wurde, versuchten wir bei den Prüfungen im Sommer und Herbst wo möglich zur normalen Routine zurückzukehren. Obschon im Zusammenhang mit dem Lockdown nie ein eigentliches De-Briefing stattgefunden hat, wie das bei einem solch einschneidenden Ereignis vielleicht der Fall sein sollte, so sind dem Schreibenden zumindest keine grösseren Probleme zu Ohren gekommen. Es scheint, dass die Herausforderungen von den Sekretärinnen, Dozenten und Assistenten gut bewältigt wurden und dass die Studenten durch den Lockdown keine signifikanten Nachteile in ihrer Ausbildung erlitten haben.

Nach dem Ende des Lockdowns im Juni herrschte am Departement über die Sommerpause ein ruhiger und entspannter Betrieb. Seit Ende August gelten im Physik-Gebäude und in der Mensa eine Maskenpflicht. Das neue Semester war aber abgesehen von diesen allgegenwärtigen Masken normal angelaufen, und wir hofften, dass wir den Präsenzunterricht bis Weihnachten durchziehen können. Leider wurde diese Hoffnung durch eine zweite, auch im internationalen Vergleich bemerkenswerte Corona-Explosion im Oktober zunichte gemacht, und seit November gilt nun wieder Fernunterricht.

Autres évènements dans le Département

Natürlich bleibt das Leben am Departement selbst in Pandemiezeiten nicht stehen und so gibt es zahlreiche Veränderungen im Personalbestand, Bachelor und Master-Abschlüsse, wie auch frohe und traurige Neuigkeiten zu berichten.

Langgediente und geschätzte Kolleginnen und Kollegen verabschiedeten sich dieses Jahr in den wohlverdienten Ruhestand. Am 12. 12. 2019, als das in den Medien bereits herumgeisternde Wuhan-Virus offiziell noch gar nicht existierte, verabschiedeten wir **Bernadette Kuhn-Piccard** nach rekordverdächtigen 47 Jahren (!) im Sekretariat des Physikdepartements. Comme Bernadette communique exclusivement en français, je laisse à ses collègues le soin de résumer "La vie de Bernadette au département de physique".



Bernadette Kuhn-Piccard

Am 2. Juli 2020, nach dem Ende des Lockdowns, konnten wir an einem Aperó zu Ehren von **Oswald Raetzo** und **Philipp Aebi** anstossen.

Oswald hatte als Leiter der Mechanik-Werkstatt seine - zumindest für die experimentellen Gruppen - sehr wichtigen Funktionen während Jahrzehnten zur allgemeinen grossen Zufriedenheit ausgeführt und auch als Grillmeister während der Sommerfeste sein Talent unter Beweis gestellt.

Wir sind froh, mit Markus Andrey einen ge-

eigneten Nachfolger für diese Stelle gefunden zu haben.



Oswald Raetzo devant son cadeau de départ

Professor Philipp Aebi hatte sich ebenfalls während vielen Jahren stark für das Department engagiert, und als offizieller und inoffizieller Departementspräsident die Fäden gesponnen.



Philipp Aebi lors de son dernier discours en tant que président du département

Ausserdem hatte er die hiesige Forschungslandschaft mit seiner Photoemissionsgruppe stark geprägt. Obschon ihm offenkundig wenig am Herumreisen und internationalen Networking gelegen war, hat Philipp Aebi's

seriöse Arbeit unserer Universität zu internationaler Visibilität verholfen. Wo immer auf der Welt sich der Schreibende als Forscher aus Fribourg zu erkennen gibt, kommt die Sprache alsbald auf diesen Philipp Aebi, der zu Beginn der High-Tc-Aera einmal etwas ganz Wichtiges gemessen hatte.

Quelques mots de collègues sur nos (pré-)retraités Kurze Würdigung unserer (Früh-)Pensionäre

Bernadette Kuhn-Piccard (par Eliane Esseiva – source sur les premières années : Marianne Zbinden)

Au tout début de son emploi auprès du Département de Physique, alors qu'elle avait à peine 17 ans Bernadette préparait des scripts pour les étudiants. Elle reportait aussi des formules de physique sur du papier millimétré. Elle avait pour mission de recopier les graphiques à l'encre de chine et ensuite de les photographier dans la fameuse chambre noire. Tout cela servait à la préparation de posters ainsi qu'à la publication dans des revues scientifiques.

Une autre tâche que Bernadette a exécutée avec brio et grand cœur durant toutes ces années était le service du « thé » avant les colloques/séminaires et, bien sûr, tous les apéritifs officiels, les grands événements et les conférences. Tout était toujours parfait !

Elle a géré la caisse du département et, outre du secrétariat multitâche, oh combien apprécié, elle a géré le fichier d'adresses des anciens du département pour leur envoyer le Photon chaque année. De plus, jamais elle n'aura oublié de souhaiter bon anniversaire à celui ou celle pour qui c'était le grand jour !

Grâce à son travail, sa bonne humeur et sa serviabilité, le département de Physique a toujours bien « tourné » durant les 47 années de son travail au secrétariat. Nous la remercions chaleureusement et lui souhaitons le meilleur pour sa retraite.

Oswald Raetzo (von Philipp Aebi)

Oswald war immer ein Fix-Punkt im Departement. Man konnte auf ihn in allen Situationen zählen. Ob es sich um ein technisches oder ein persönliches Problem, ums Sommerfest, um das Gebäude handelte, er hatte mit seinem klaren Blick immer eine Lösung, die praktisch ist und funktioniert.

Es war eine sehr grosse Freude mit ihm ein neues Projekt oder eine neue Idee durch-zudenken und zu realisieren nach dem MOTO « tout est possible ». Ein Beispiel war ein Probenmanipulator der es erlaubt Fermiflächen in 1h zu messen. Dies hat weltweit enorme Anerkennung gebracht und einige von uns wären beruflich nicht da wo sie heute sind. Solche Manipulatoren wurden von Oswald auch in anderen Labors in Europa installiert und auch aus den USA gab es Anfragen. Auch die neue Photoemissionsmaschine NewPES im 2. Stock ist einzigartig und wäre unmöglich gewesen ohne Oswald.

Oswald hat ein unglaubliches Gefühl für das Material. Zum Beispiel kann er einen so was von borstigen 1mm W Draht für eine Heizung im Vakuum um sieben Ecken so biegen, so dass er mit der richtigen Spannung am richtigen Ort Kontakt macht. Er schafft es auch in beinahe unmöglichen Situationen grosse Lasten wie Analysatoren hochpräzise zu montieren oder genau zu sehen wo ein minimales Ding im Vakuum klemmt und wie man es wieder zum Laufen bringt.

Er ist auch ein Künstler: Was er realisiert sieht auch schön aus. Es ist Handwerk vom Feinsten und professionell; z.B. verwendet man nicht irgendwelche Schrauben, irgendwelche Abdeckung oder irgendeine Eloxierfarbe.

Oswald ist nicht nur da, wenn es um das Professionelle geht, er ist auch ein Freund und hat Rat in allen Lebenssituationen, ob es um das Velo, ums Zügeln oder Bauen geht. Wir möchten ihm einfach nur Danken für den tollen Einsatz und alles was wir mit ihm machen und erleben durften.

Philipp Aebi (par Claude Monney)

Le Professeur Philipp Aebi est arrivé à l'Université de Fribourg en tant que Postdoc auprès de Louis Schlapbach et Juerg Osterwalder en 1992.

Ce fut son baptême de la photoémission, qui devint son domaine de prédilection ! C'était à l'époque le grand boom de la recherche en physique sur les cuprates supraconducteurs à haute température critique et il fit preuve d'une grande intuition en développant une méthode rapide et efficace pour mesurer la surface de Fermi des matériaux en photoémission. En combinant les deux, ce fut un grand succès et une percée en physique.

Durant la même période, Philipp participa aussi à l'âge d'or du développement suisse du XPD, la diffraction de photoélectrons émis par rayons X, qui valut une avalanche de résultats à l'institut de physique de Fribourg. Il enchaîna ensuite avec un poste de maître assistant, puis Professeur associé jusqu'en 2002. En 2000, il commença aussi à se lancer dans une nouvelle thématique, celui de l'isolant excitonique dans le TiSe_2 , le début d'un long voyage...

Malheureusement, l'épopée fribourgeoise s'arrêta en 2002 et ce fût l'exil dans le canton de Neuchâtel. Mais ce n'est pas la fin de l'histoire. En 2009, l'Institut de Physique de Neuchâtel ferma ses portes - il existe toujours un groupe de recherche en physique à Neuchâtel, mais plus d'études de Master - et alors ce fût le grand retour au Département de Physique de Fribourg qui l'accueillit en tant que professeur ordinaire grâce à plusieurs modifications de postes et réorganisation entre les Universités de Berne, Neuchâtel et Fribourg.

Philipp Aebi (von Christian Bernhard)

Professor Philipp Aebi ist ein *exzellenter Forscher*: Er hat die Elektronenspektroskopie (ARPES UND STM) wieder zurück nach Fribourg gebracht, als zweites «Standbein» in der harten kondensierten Materie. Dazu hat er den grössten und teuersten Apparat an

unserem Department entwickelt: Cluster für ARPES and STM. Er hat uns auch sehr viel technisches Know-how gebracht, z.B. in UHV Technologie. Er hat bis zuletzt mit grossem persönlichem Einsatz an vorderster Front geforscht.

Philipp ist ein *exzellenter Lehrer*: Er gab Vorlesungen in Physik I, Struktur und Dynamik der Materie, Spezialvorlesungen, VP, und war bei den Studenten sehr beliebt!

Er zeigte ein *starkes Engagement* für das Physik Department: Er war Präsident des Physikdepartments von Januar 2014 bis July 2016, dann nochmals von März 2017 bis Januar 2018, sowie Vizepräsident über mehrere Jahre. Er hat bezüglich der Struktur und Organisation des Departments viel vorangebracht und war Bindeglied zwischen Werkstätten, Sekretariat und Forschern. Er hat zur Neustrukturierung des Sekretariats sowie der Werkstätten ganz wesentlich beigetragen und sich aufopferungsvoll um lästige aber wichtige Aufgaben gekümmert, wie die

Updates der Pflichtenhefte und das Ringen mit dem Rektorat um «Equivalent pleintemps». Er hat sich stark dafür eingesetzt, die Interviews mit dem administrativen und technischen Personal auf Jahresbasis zu führen, was leider am Ende seiner Präsidentschaft wieder in Vergessenheit geriet ...

Philipp pflegte einen engen Kontakt zu den College's in Fribourg und hat sich auch für eine bessere Kommunikation mit dem SIUF (IT Direktion) eingesetzt. Zudem hat er viele auswärtige Aufgaben wahrgenommen, z.B. im SPS Vorstand als Revisor und Mitglied im Preis-Komitee, oder am PSI als Mitglied einer Kommission, die für die Strahlzeitvergabe an der dortigen Synchrotron Strahlquelle verantwortlich ist.

Last but not least, Philipp war ein sehr *angenehmer Kollege*, der immer bescheiden und konstruktiv gehandelt hat. Besonders zu erwähnen ist seine positive Grundeinstellung und seine Freude an der Physik mit der er auch seine Studenten stets motiviert hat.

Nos diplômés en Bachelor



De gauche à droite: Baptiste Hildebrand (conseiller aux études), nos diplômés : Pierre Adatte, Augustin Muster, Nicolas Bruder, Frédéric Chassot, Prof. Philipp Werner (président du département). Absents sur la photo: Justine Djounidi, Patrick Meyer.

Diplômes

Eine Studentin und fünf Studenten erhielten den Physik-Bachelor von unserem Department: **Justine Djounidi, Pierre Adatte, Nicolas Bruder, Frédéric Chassot, Patrick Meyer und Augustin Muster.**

Ihren Physik-Master erfolgreich abgeschlossen haben im vergangenen Jahr drei Studenten: **Christian Vogt und Cornelis Doorenbos** (bei Joe Brader), und **Laurent Bugnon** (bei Premysl Marsik).

Die **Habilitationsprozedur** von **Luc Patthey**, unserem Kollegen vom PSI, wurde durch den Lockdown verzögert, aber sie kann nach seinem Vortrag am 15. Oktober 2020 hoffentlich rasch abgeschlossen werden.

Naissances

Die Departementsmitglieder waren auch ausserhalb der Arbeitszeit in vielfältiger Weise produktiv und so gilt es zum Beispiel zahlreichen Nachwuchs zu vermelden. Am 14.12.2019 erblickte Romain Hildebrand, Sohn von Baptiste das Licht der Welt; am 20.3.2020 wurde Good Hope Xu, Tochter von Bing Xu, geboren; und schliesslich am 12.4.2020 Luna Zhang, die Tochter von Shu Zhang. *Herzliche Gratulation!*

Décès

Eine traurige Nachricht erreichte uns Ende Juni, mit dem unerwarteten Tod von unserem allseits geschätzten emeritierten Kollegen **Jean-Claude Dousse**. Er verstarb am 21.6.2020, lediglich drei Jahre nach seiner Pensionierung, und damit noch praktisch mitten im (Forscher-)Leben.

Möge er in Frieden ruhen.



De gauche à droite : Zoran Grujic (groupe du prof. ém. A. Weis), Joanna Hoszowska, Jean-Claude Dousse et Faisal Zeeshan (groupe de Feu prof. J-D. Dousse).

Le Microfilm couleur ILFORD à travers les âges

- Dr. Jean-Noël Gex

Historique

1927, un chimiste hongrois Bela Gaspar développe la synthèse des colorants azoïques, colorants réputés stables qui seront utilisés dans l'industrie textile (les originaux des cahiers de laboratoire sont déposés dans le fonds CIBACHROME). En 1933, ce chimiste utilise ces mêmes colorants pour en développer un film couleur.

Le Gasparcolor a été le premier film mono-pack multicouche tricolore disponible pour une utilisation pratique. Il s'agissait d'un film d'impression double face avec une couche cyan sur une face et deux couches teintées en magenta et jaune sur l'autre face. Le procédé de Gaspar était chimiquement et optiquement très sophistiqué et élégant. Il a produit des couleurs brillantes et très stables.

L'idée de base du procédé de blanchiment de colorant à l'argent était la destruction contrôlée des colorants par rapport à la quantité d'argent développé présent à un endroit spécifique. Donc les émulsions de gélatine ont été teintées avant exposition. Après le développement, les colorants ont été blanchis par de la thiourée acide, l'argent servant de catalyseur local pour la réaction.

Pour des raisons politiques, Gaspar a dû fuir l'Allemagne avant la Seconde Guerre mondiale. Alors il a établi une usine à Londres, mais il n'a pas pu convaincre les producteurs américains d'adopter son procédé. À la fin des années 1950, cependant, le principe a été relancé par Ciba-Geigy et distribué sous le nom de Cibachrome (plus tard Ilfochrome).

CIBA-GEIGY Photochemie va améliorer la technologie pour permettre l'industrialisation de la fabrication. Le film produit sera réputé pour sa netteté extrême, liée avec une stabilité étonnante des colorants tant pour l'application d'archivage (stockage dans l'obscurité) que pour une application liée à l'utilisation du film pour la fabrication de cartes destinées à être affichées dans la cabine de pilotage des avions et à rester lisibles et durables même dans des conditions de forte luminosité (stabilité à la lumière). Il n'y a aucun autre matériel qui puisse résister aussi longtemps à une forte lumière.

Les matériaux, le traitement.

ILFORD a développé 3 produits Microfilm. Le premier CMM (CIBACHROME Master Micrographics film) est un produit de haute résolution (360 pL/mm) destiné à la production d'originaux de haute qualité. Le deuxième CMP (Micrographics Print film) est un film permettant de dupliquer le CMM. Dans les années 2000, ILFORD développera encore un film le CMD utilisable pour les nouvelles applications numériques.

ILFORD a également simplifié le traitement de ces films en proposant un traitement simple comportant un développement noir-blanc, un bain de blanchiment et un fixage de l'image. Le temps total de traitement a été réduit de 30 minutes à 9 minutes à une température de 32°C. Le traitement du Microfilm peut se faire en tambour ou en machine, complètement automatisé.

Le Microfilm au passage de l'an 2000

Problème de la conservation des données numériques pendant longtemps et la prédominance du microfilm noir et blanc.

Iford à Marly, a amené la dimension couleur dans ce monde de l'archivage en collaborant avec divers partenaires en suisse (Gubler),

en Europe (Fraunhofer Institute et ARRI Laser, Zeuschel en Allemagne, PIQL en Norvège) et dans le monde (Micrographics Data Singapour – Micro-Colour USA).

Le microfilm couleur à longue durée de vie avec une haute résolution est disponible depuis plus de 30 ans. En raison de sa sensibilité à la lumière extrêmement faible, il n'a pas été utilisé jusqu'à présent pour préserver les archives.



Dans de nombreuses entreprises, il existe une conviction croissante que les données numériques issues de processus commerciaux importants (finance, juridique et conformité, conception, service, maintenance) ne peuvent pas être archivées de manière fiable sur les systèmes électroniques existants. Les supports de stockage numériques tels que disque dur, bande, DVD, etc. ne sont pas particulièrement adaptés pour ça. Soit, ils n'offrent pas de stabilité à long terme, soit, plus important encore, les scanners ne sont plus compatibles après quelques années. De nombreux fournisseurs de services proposent une solution : le MICROGRAPHIC FILM comme support sans migration et sans manipulation possible pour l'archivage des documents électroniques. La sauvegarde de ces données est possible pour plus de 500 ans.

De plus en plus de données...

La transition vers l'ère numérique est terminée dans de nombreuses entreprises et entités privées. Garantir la lisibilité des informations importantes sur plusieurs décennies représente un défi majeur. Le stockage à long terme des données est d'une importance majeure pour les entreprises, notamment pour des raisons juridiques. Les concepteurs d'aéronefs, par exemple, sont obligés d'archiver leurs plans pendant des décennies, les musées sont tenus de conserver des copies numériques de leurs photos et expositions à des fins d'assurance. Les registres fonciers doivent aussi souvent archiver les demandes de construction et les projets approuvés pendant de nombreuses années.

Quel que soit le domaine d'application, le problème reste le même. Les données écrites sur les supports doivent aujourd'hui être transférées vers de nouveaux supports de stockage et éventuellement converties en de nouveaux formats de données environ tous les cinq ans. Cela génère des coûts d'archivage élevés, exige des processus de travail précis et consomme des ressources humaines. Les sceptiques mettent en garde

contre le « Digital Dark Age » si le stockage n'est pas effectué avec soin.

Fraunhofer IPM et ARRI ont développé une technologie d'imagerie pour l'enregistreur cinématographique ARRILASER capable d'enregistrer des images numériques avec une résolution et une qualité élevée sur film 35 mm.



Pour le présent projet, la technologie ARRILASER sera adaptée pour répondre aux exigences de conservation à long terme. L'objectif est de réaliser un système d'imagerie pour des images de film 35 mm non perforées de 32 mm x 45 mm avec une résolution d'env. 8 000 x 11 250 pixels. Cette version d'enregistreur adaptée permet de reproduire des copies originales, au format DIN A0 avec une résolution de 0,1 mm dans l'original, sur microfilm sans perte d'information. Plusieurs copies originales plus petites avec une résolution identique dans l'original peuvent être placées sur une seule image de microfilm (imbrication). Par exemple, 32 copies maîtresses de format DIN A5 peuvent être regroupées sur une seule image de microfilm. Ainsi, une densité d'emballage élevée pour une conservation à long terme peut être obtenue.

Ces images de microfilm couleur résistent à la détérioration pendant une longue période et forment une copie analogique en couleurs vraies de l'original. Cela résout le problème de la conservation à long terme.

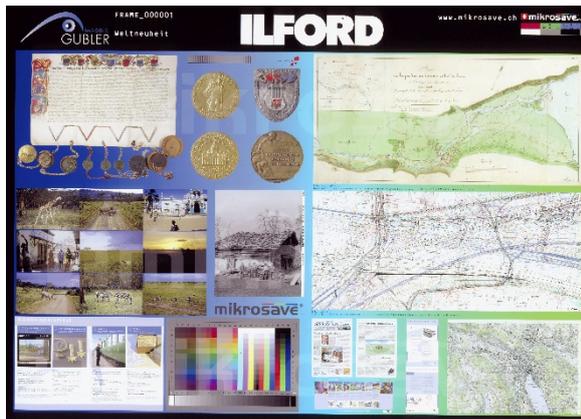
Pour rendre les images de microfilms disponibles pour une utilisation quotidienne comme source pour les copies numériques,

le concept inclut le développement d'un système de numérisation pour les images de microfilms : cela garantit que les microfilms couleur peuvent toujours être redigitalisés avec peu d'effort et sans perte d'informations, même si les microfilms eux-mêmes peuvent être conservés dans des coffres de stockage. Ainsi, de nouvelles copies numériques pour une utilisation quotidienne peuvent être produites dans le format requis et sur des supports de données à jour. Les données numériques n'auront pas à être copiées maintes et maintes fois pour les rendre compatibles avec les dernières technologies de mémoire ou logiciels d'exploitation et les données déjà conservées bénéficieront d'une préservation supplémentaire.

Le Microfilm est un support à haute densité de données sur lequel les données numériques (documents et images) peuvent être facilement sauvegardées. ILFORD considère le FILM MICROGRAPHIQUE couleur avec ses caractéristiques de stabilité à long terme comme une solution pour un archivage fiable des données. Il vise à permettre un archivage à long terme et non à se substituer aux solutions en ligne.

Des données uniques ont été placées sur des microfilms pour protéger les biens culturels

en cas de conflit armé depuis 1961 (Convention de La Haye). Des informations supplémentaires («les métadonnées») peuvent également être enregistrées dans le processus. Les films de sauvegarde de la Société nationale allemande pour la protection du patrimoine culturel, par exemple, sont stockés dans une caverne à Oberried près de Fribourg-en-Brisgau et peut à tout moment être redigitalisés à l'aide d'un scanner.

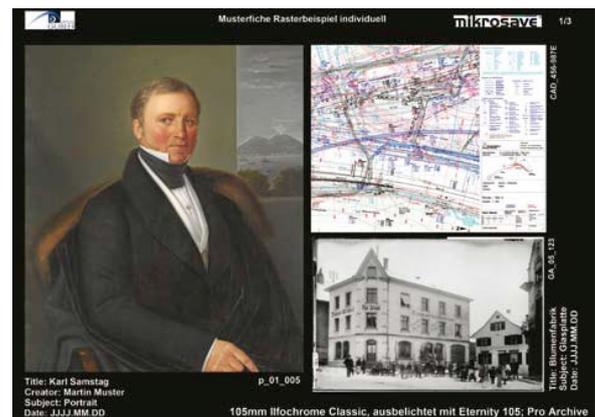


De nombreux laboratoires se sont appuyés sur le film ILFORD MICROGRAPHIC et les tests suggèrent une capacité d'archivage allant jusqu'à 500 ans. Le film est pratiquement sans grain - de petites structures jusqu'à 3 micromètres peuvent être écrites dessus. Les laboratoires proposent différents formats et résolutions de films afin de fournir la solution optimale d'archivage. Dans la variante la plus simple, par exemple, les plans dans des formats allant jusqu'à 43,2 cm x 59,4 cm peuvent être miniaturisés en demi-format (24 x 18 mm). Une image de 41 800 x 29 860 pixels peut être stockée sur la fiche complète (10,5 x 14,8 cm). Plusieurs petits fichiers peuvent être placés sur le film avec un espacement différent (emboîtement) selon les souhaits du client.

Outre le film, l'imageur laser joue également un rôle important. Les données de l'image sont décomposées en ses canaux de couleur, transférée à un faisceau laser rouge, vert et bleu (RVB) avant que la lumière laser, combinée en un seul faisceau, ne soit dirigée sur le film.

Gubler AG a été un pionnier dans le domaine de l'archivage. Le prestataire de services basé en Suisse, est impliqué dans la sauvegarde de biens précieux sur microfilm ILFORD depuis 1957 et archive des données numériques depuis plus de 10 ans.

Collections privées, galeries d'art, musées, archives nationales et cinématographiques, mais aussi hôpitaux, photographes, agences de publicité et d'image, concepteurs automobiles, services publics et instituts financiers font partie des clients de la société.

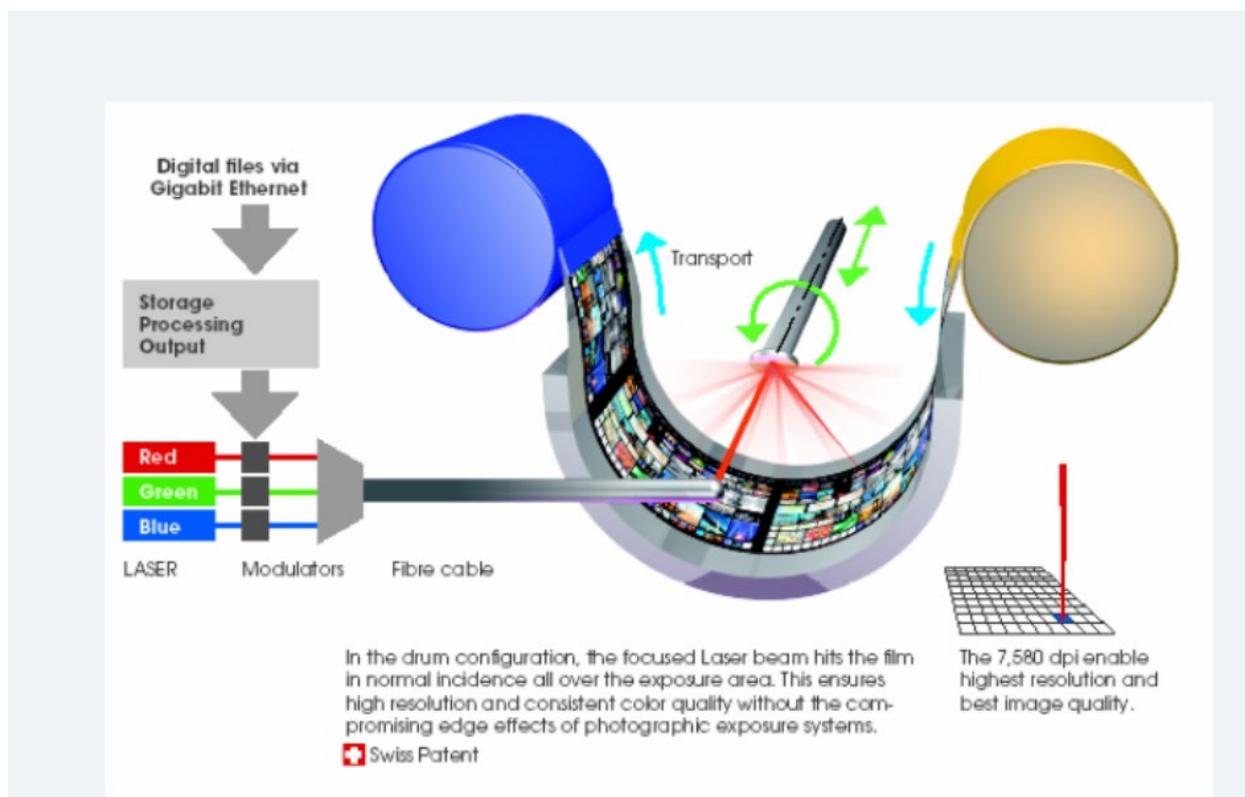


Gubler AG

Pionnier dans le domaine de l'archivage

La Bibliothèque nationale suisse, la Bibliothèque de l'Université de Berne et le musée Paul Klee comptent parmi ses clients les plus connus. Pour la Bibliothèque nationale suisse, par exemple, 40'000 affiches (graphiques, journaux, documents photographiques, etc.) ont été numérisées et sauvegardées sur microfilm. Plus de 80'000 anciens plans géographiques dessinés à la main, datant du XVIe siècle, ont été archivés pour la Bibliothèque de l'Université de Berne et plus de 5'000 œuvres ont été archivées pour le musée Paul Klee.

Fin 2006, le Fachlabor Gubler a acquis le premier système COM (Computer on Microfilm) laser à film couleur en rouleau au monde, l'Eternity 105. Le film ILFORD MICROGRAPHIC est exposé dans des largeurs de film de 35 mm (miniature) à 105 mm (par exemple DIN A6, format de fiche COM). L'Eternity 105 traite environ 1 téraoctet de données par jour.



Développements de l'archivage numérique.

Avec l'archivage numérique, les données binaires, des zéros et des uns sont stockés sur un support de stockage physique : disque dur. Le support de stockage que vous choisissez dépend de diverses variables, telles que vos exigences en matière de capacité de données, de durée de vie des données et de coût. Même les fournisseurs de stockage dans le cloud archivent vos données sous la forme d'une chaîne de zéros et de uns sur un support physique situé dans un centre de données quelque part dans le monde.

Archivage numérique avec la participation de ILFORD

Dans un projet européen MiLos, ILFORD a développé un film monochrome sur la base de la technologie des colorants blanchis par

l'argent. L'image sur le film n'était plus argentique mais l'image était colorée. Un avantage de taille, le film ILFORD offrait meilleure résolution, donc permettait une plus grande densité d'information. Ultimement, un film couleur à 3 couches aurait permis une densité d'informations encore plus grande. Ce film expérimental a été produit durant la semaine précédant la fermeture de l'usine de Marly en décembre 2013.

Aujourd'hui, Piql utilise le même principe pour piqlFilm. Les données numériques sont stockées sous forme de zéros et de uns sur un support de stockage physique et ceux-ci apparaissent sur un film numérique sous forme de codes QR. Comme il faut se concentrer sur la sécurité des données et garantir un accès et une lisibilité à long terme, un support de stockage doté de capacités uniques a été choisi.



Du point de vue du client, le flux de travail ressemble au stockage en nuage, car le procédé est entièrement intégré à l'informatique. La différence est que le client peut être sûr que sans intervention supplémentaire, les données sont totalement sûres pour l'avenir.

« L'atout le plus important est peut-être que piqFilm est un support hors ligne. Et avec une durée de vie de 500 ans, ce qui rend les migrations superflues, Piq Services se distingue des autres supports de stockage physiques pour les données numériques. » Norwegian Defence Research Establishment, juin 2016

Aujourd'hui, l'archivage de données sur le long terme peut être assuré par le projet « Artic World Archive » :

- Il offre la sécurité : les données sont archivées hors ligne et hors de portée des cyberattaques dans un coffre-fort à l'épreuve des catastrophes dans l'un des endroits les plus sûrs géopolitiquement au monde, l'archipel arctique du Svalbard.
- Une solution écologique : pas d'électricité ou autre intervention humaine n'est requise, car les conditions climatiques de

l'Arctique sont idéales pour l'archivage de films à long terme.

- Une solution pérenne : en utilisant un support de stockage autonome et indépendant de la technologie, les générations futures pourront lire les informations.

Conclusion

ILFORD à Marly a été le pionnier et le leader du microfilm couleur. Les principaux avantages du microfilm en matière de longévité, de durabilité et de flexibilité, ainsi que sa contribution à l'assurance de l'intégrité des données, méritent sa place dans la gestion des risques numériques aux côtés d'autres stratégies de préservation numérique. La polyvalence du microfilm lui permet d'être facilement intégré dans la gestion du cycle de vie numérique dès le point de création et par la suite.

Les limites du microfilm ont également été notées. Il s'agit d'un support physique qui ne convient pas à la capture de documents numériques dynamiques et interactifs. Ces types de matériaux posent des problèmes de conservation complexes qui dépassent la capacité du microfilm.

Les développements récents ont élargi le potentiel du microfilm à relier les mondes numérique et analogique, ce qui lui permet d'être plus pleinement intégré dans le cycle de vie numérique du contenu numérique et imprimé scientifique non dynamique qui constitue actuellement une part importante du patrimoine intellectuel mondial. Les dernières innovations en matière de rédacteurs d'archives et d'équipement de numérisation signifient qu'il est possible de passer en toute transparence du numérique au microfilm et inversement. De même, de nouveaux développements avec des microfilms à tons continus et couleur ont augmenté les types de matériaux numériques que les microfilms peuvent capturer et conserver efficacement. Pour maximiser le potentiel du rôle du microfilm, des recherches supplémentaires sont nécessaires dans des domaines tels que:

- a) Explorer et identifier les types de matériaux numériques qui pourraient être les plus appropriés pour l'application de microfilms ;
- b) Explorer le potentiel auquel le microfilm peut être incorporé en tant « qu'action de préservation » ;
- c) Explorer l'application potentielle du microfilm de préservation dans le cadre des outils de planification de la préservation ;
- d) Développer une compréhension plus générale des coûts associés au stockage, à la récupération et à l'accès aux formats numériques et microfilm au fil du temps.

Le succès du microfilm en tant que moyen de préservation est évident dans l'ensemble des collections stockées et réutilisées numériquement de manière continue dans les bibliothèques et les archives du monde entier. Bien qu'il s'agisse d'une technologie mature soutenue par un corpus substantiel de théorie, de normes et de pratiques recommandées, le microfilm n'est pas un format obsolète (comme le démontrent les développements notés dans ce document).

Il existe une opportunité d'aligner stratégiquement le programme de recherche sur les

microfilms énuméré ci-dessus avec les projets de recherche internationaux pertinents sur la préservation numérique. Dans le domaine numérique, l'accent est mis sur l'interconnectivité et l'interopérabilité. Cela plaide pour encourager - plutôt que pour exclure - les enquêtes sur l'utilisation de combinaisons de technologies pour atteindre un objectif commun. Dans le contexte du large éventail international de défis complexes en matière de préservation numérique, il est clairement temps d'explorer, d'identifier et de maximiser plus complètement le rôle potentiel que le microfilm peut jouer dans le domaine de la préservation numérique.

ILFORD n'a pas survécu aux changements technologiques. Son film et ses produits vont toutefois traverser les siècles avec sa technologie exclusive. Nous trouverons encore la trace de cette technologie dans de nombreux musées et collections pour de nombreux siècles.

L'association CIBACHROME : <https://association-cibachrome.com/association/>

Le film Gasparcolor: <https://filmcolors.org/timeline-entry/1264/>

Micrographics Data : <https://www.micrographicsdata.com/>

Protégez les données irremplaçables : <https://www.piql.com/de/>

Les normes : www.megapreuve.org

Le Dr Jean-Noël Gex (membre de l'association CIBACHROME à Marly) a développé et soutenu des solutions techniques pour les films et microfilms d'affichage aux halogénures d'argent traditionnels depuis plus de 20 ans. En tant qu'expert du microfilm, il a été invité à de nombreuses conférences internationales pour parler d'archivage pour le long terme.