

CROCUS : UNE ÉTAPE DANS L'ENSEIGNEMENT DES SYSTÈMES D'EXPLOITATION

par le groupe Crocus †

Résumé. Cet article retrace l'histoire du groupe Crocus, auteur collectif d'un ouvrage d'enseignement et de synthèse sur les principes des systèmes d'exploitation, rédigé entre 1971 et 1973, publié en 1975. Sont successivement présentés : l'environnement initial, les motivations et les origines du groupe ; la démarche suivie et les étapes de la rédaction ; une analyse rétrospective du contenu et de la forme de l'ouvrage, mettant en évidence ses traits originaux, ses apports et ses faiblesses ; enfin, l'influence et les retombées directes ou indirectes du travail réalisé par le groupe.

† nom collectif de J. Bellino, C. Bétourné, J. Briat, B. Canet, E. Cleemann, J.-C. Derniame, J. Ferrié, C. Kaiser, S. Krakowiak, J. Mossière et J.-P. Verjus.

La correspondance relative à cet article devra être adressée à :
S. Krakowiak, Bull-IMAG, 2 av. de Vignate, 38610 Gières, ☎ 76 63 48 34, Sacha.Krakowiak@imag.fr

CROCUS : UNE ÉTAPE DANS L'ENSEIGNEMENT DES SYSTÈMES D'EXPLOITATION

par le groupe Crocus¹

à Touamotou et Tombouctou, étapes mythiques du parcours crocusien

1. LES ORIGINES

Les années 1964-66 ont marqué un tournant dans le domaine des systèmes d'exploitation. Cette brève période a vu l'élaboration et la mise en application de plusieurs concepts majeurs : processus séquentiel, algorithmes d'exclusion mutuelle et de synchronisation, mémoire virtuelle segmentée, capacités... On peut faire dater de cette époque le début d'une étude véritablement scientifique de ce sujet. Il est significatif que la grande conférence scientifique du domaine, le *Symposium on Operating Systems Principles (SOSP)* ait été créée par l'ACM en 1967.

Il était dès lors important de consolider ces principes en cours d'élaboration, et de faire la synthèse de l'acquis en vue de sa transmission. En 1967-68, les ouvrages de synthèse et d'enseignement sont encore peu nombreux en informatique (le premier volume de Knuth paraît en 1968) ; ils sont encore plus rares dans le domaine des systèmes d'exploitation. Il s'agit en général de monographies, comme [Wilkes 68] ; il faut citer, en français, [Bertin 67], [Arsac 68]. Il existe des recueils couvrant systèmes, langages et programmation, qui contiennent des articles historiques. Ainsi [Genuys 68] (actes d'une École OTAN tenue à Villard de Lans en 1965), contient l'article fondateur de Dijkstra sur les processus et la synchronisation ; [Rosen 68] contient l'article de Dennis sur la segmentation, et celui de Corbatò et Vyssotsky sur les principes de Multics. Citons également des recueils spécialisés plus descriptifs, comme [Wegner 65] et, en français, [Bolliet 67]. Une bonne synthèse [Rosin 69] paraît dans le premier numéro des *Computing Surveys*.

En 1970, rares sont encore les ouvrages d'enseignement dédiés aux principes de base du domaine. Citons [Watson 70]. C'est vers cette époque que se constitue aux États-Unis sous l'égide de la National Academy of Engineering un groupe (COSINE Committee) chargé d'élaborer un rapport sur l'esprit et le contenu d'un enseignement de base sur les principes des systèmes d'exploitation. Ce rapport [COSINE 71] sera publié en juin 1971 et aura une influence forte et durable sur la pédagogie du domaine. Un plan de cours est également proposé dans [Brinch Hansen 71] et sera mis en œuvre dans [Brinch Hansen 73].

¹nom collectif de J. Bellino, C. Bétourné, J. Briat, B. Canet, E. Cleemann, J.-C. Derniame, J. Ferrié, C. Kaiser, S. Krakowiak, J. Mossière et J.-P. Verjus.

En 1970, quelle est la situation en France ? Quelques groupes de recherche sont actifs en systèmes d'exploitation :

- A Grenoble, une équipe mixte IMAG-Centre Scientifique IBM travaille sur le système IBM 360-67, sur le thème des machines virtuelles et des systèmes en temps partagé.
- A l'Institut de Programmation de Paris, des travaux sont menés notamment sur les communications et la gestion des entrées-sorties,
- A l'IRIA (Rocquencourt), le projet Ésope, lancé en fin 1968, travaille sur un système d'exploitation en temps partagé.
- A Rennes, démarre le projet SAR (système autour d'Algol 68) dans le département d'informatique nouvellement créé.
- Au Centre d'Études et de Recherches en Automatique (Vélizy), est mené un autre projet de système en temps partagé, SAM, qui sera ultérieurement transféré à Toulouse (Sup-Aéro).

Du point de vue de l'enseignement, tout se construit, et les enseignants ont peu d'avance sur les étudiants! Les ouvrages de base étant rares, des photocopiés circulent. Des enseignements en systèmes existent notamment dans les centres ci-dessus, et sont directement alimentés par les travaux de recherche. Comme le fait remarquer l'avant-propos d'[Arsac 68], l'élaboration d'un enseignement en systèmes est elle-même à cette époque un véritable travail de recherche, étant donné l'évolution rapide du domaine.

En juillet 1971, l'AFCEC organise à Alès, à l'initiative de C. Pair, la première édition de son École d'Été d'Informatique, qui connaîtra une longue carrière. Deux membres du projet Ésope, C. Bétourné et S. Krakowiak, y donnent un cours sur les principes des systèmes d'exploitation. Mais le manque d'un support de cours est vivement ressenti, notamment par les enseignants qui ont des besoins immédiats. C'est ainsi qu'est lancée, à la fin de l'École, l'idée de créer un groupe de travail pour rédiger rapidement des notes de cours sur le sujet. Deux réunions préparatoires d'une journée (Nancy, octobre 1971 ; Paris, décembre 1971), permettent de constituer l'équipe initiale (qui sera complétée en mars 1972), et de fixer un programme de travail. La publication du Rapport COSINE, disponible en fin 1971, fournit un stimulant puissant et conforte le groupe dans ses choix et ses ambitions.

Le groupe s'adjoignit des "observateurs", personnes intéressées par le domaine mais dont le manque de disponibilité leur interdisait une participation active au travail de rédaction. Ces observateurs (G. Bazerque, J.-C. Boussard, C. Carrez et C. Girault) participèrent à la plupart des réunions et y apportèrent souvent des critiques et contributions utiles, notamment pour la présentation pédagogique.

2. DU PROJET À LA RÉALISATION

En fin 1971, le projet était donc lancé d'écrire en groupe un ouvrage de synthèse et d'enseignement sur les principes des systèmes d'exploitation. Il restait à le mettre en œuvre. La rédaction en groupe est un exercice difficile, surtout pour un ouvrage de synthèse dans lequel l'unité conceptuelle et la cohérence de style et de présentation sont essentielles. Les risques sont grands d'aboutir à une collection de chapitres auxquels fait défaut l'indispensable fil conducteur.

La méthode de travail adoptée par le groupe visait à éviter ces écueils. Elle reposait sur deux principes :

- Le plan d'ensemble, l'organisation et la démarche de présentation de chacun des chapitres sont élaborés en commun et doivent faire l'objet d'un consensus.
- La rédaction de chaque chapitre est confiée à un petit sous-groupe. Le texte rédigé est ensuite discuté point par point en session plénière, puis remis sur le chantier, éventuellement par un autre groupe.

Pour faciliter le travail de discussion, une personne ou un groupe était désigné comme plus spécialement responsable de la relecture de chaque chapitre. L'élaboration et la diffusion de quelques normes de style contribuèrent à l'homogénéité de la rédaction.

Pour mettre effectivement en œuvre un tel schéma, le groupe devait se donner les moyens d'atteindre une unité de vue et d'aller au fond des choses. Il fut donc décidé de tenir des réunions longues (3 à 5 jours), dans des lieux isolés permettant au groupe de se concentrer sur sa tâche. Ces réunions se déroulèrent selon le calendrier suivant :

mars 1972	Saint-Pierre de Chartreuse
juin 1972	Port-Mer
novembre 1972	La Colle-sur-Loup
janvier 1973	Bonascre
mai 1973	Savigny-lès-Beaune

La rédaction proprement dite était menée entre les réunions. Celles-ci se montrèrent fort animées ; il s'agissait de s'accorder sur des concepts qui étaient encore en cours d'élaboration, puis sur un mode et un style de présentation. Mais la méthode de travail choisie se révéla efficace. Au fil des discussions, le groupe parvint à un consensus sur l'essentiel des concepts et de la démarche. Le travail d'élaboration de la présentation, et l'examen critique (souvent impitoyable!) des rédactions furent pour tous une expérience formatrice et enrichissante.

A l'issue de la dernière réunion, il ne restait plus qu'à faire des mises au point sur quelques chapitres, à intégrer et polir l'ensemble, à terminer les exercices, l'index, etc. Après une passe ultime réalisée par petits groupes, à Rocquencourt puis à Grenoble au cours

de l'été 1973, la version finale était diffusée à tous pour une dernière relecture ; au début d'octobre 1973, le manuscrit était remis à l'éditeur. La rédaction effective avait ainsi été menée à terme en dix-huit mois environ.

A la dernière réunion, le groupe n'avait toujours pas de nom d'auteur, aucune des propositions à base humoristique, acronymique ou mythologique n'ayant été agréée. L'avant-dernier jour, quelqu'un lança le nom de "Crocus", qui fit miraculeusement l'unanimité.

La recherche d'un éditeur se révéla plus ardue que prévu. Plusieurs contacts préliminaires avaient été pris en fin 1972 et début 1973, mais rien n'était encore décidé en septembre. L'accord final avec Dunod ne fut conclu qu'en octobre. La fabrication subit quelques retards, et le livre [Crocus 75] parut en début 1975. Une seconde édition, suivie de plusieurs retirages, sortit en 1976, et une troisième en 1981. Une version en langue espagnole fut publiée en 1987.

3. LE FOND ET LA FORME

Le plan de l'ouvrage s'écarte peu des propositions du Rapport COSINE ; il faut noter un chapitre final sur les aspects méthodologiques.

La présentation des processus et des mécanismes de synchronisation (chapitre 2), suit une démarche aujourd'hui très classique mais encore peu courante à l'époque. La présentation de la désignation (chapitre 3) est sans doute la partie la plus novatrice. Un gros effort d'analyse, fondé sur des exemples examinés en profondeur, permet de dégager les concepts clés (nom, contexte, chaîne d'accès, liaison) et leurs mécanismes de mise en œuvre ; l'indispensable lien avec les structures d'exécution des langages de programmation est bien assuré. La synthèse est peut-être moins évidente. La présentation de l'allocation de ressources (chapitre 4) est relativement classique, mais les exemples (allocation de mémoire, régulation de charge) sont à jour et pertinents ; le traitement de l'interblocage est très (trop ?) développé eu égard à son impact pratique, sans doute en raison de la commodité de sa formalisation. Le traitement de la protection (chapitre 5) aurait probablement gagné à être rapproché de celui de la désignation. Le chapitre 6, sur les mesures et modèles, est également un peu déconnecté de l'allocation de ressources. L'idée de présenter des aspects méthodologiques (chapitre 7) était sans doute bonne ; mais un support linguistique adapté fait défaut (existait-il d'ailleurs à l'époque ?). D'autre part, l'exemple fourni illustre davantage la synchronisation que la modularité et aurait probablement été plus à sa place dans le chapitre correspondant.

Le groupe a fait un effort considérable pour combattre l'anglicisation effrénée qui atteint, plus que dans tout autre domaine de l'informatique, la terminologie des systèmes d'exploitation. Des équivalents français ont pu être trouvés pour tous les termes courants, et nous pensons que plusieurs d'entre eux sont des créations originales ("va-et-vient" pour

swapping, “tourniquet” pour *round robin*, “réquisition” pour *preemption*, “guichet” pour *gate*, etc).

Le point fort du “Crocus” est la présentation du domaine des systèmes d’exploitation selon une démarche aussi rigoureuse que possible, en intégrant les acquis les plus récents de la recherche. Il faut se rappeler à ce propos que le statut académique de la discipline informatique était à l’époque encore très discuté en France ; et, parmi les informaticiens, les spécialistes de systèmes n’étaient pas, de ce point de vue, les mieux considérés. La publication du “Crocus”, marqué par l’effort de conceptualisation et de présentation et par le souci de la rigueur terminologique, a sans doute beaucoup contribué à améliorer la visibilité et le statut de la spécialité.

La principale faiblesse de l’ouvrage est l’absence d’une présentation synthétique d’un exemple complet de système ; bien que la plupart des aspects traités soient illustrés par des exemples ponctuels relativement développés, il manque une vision intégrée d’un système complet. C’est sans doute la contrepartie de la démarche analytique qui a prévalu au cours de la rédaction. D’autre part, l’expérience principale des auteurs était la conception et la réalisation de systèmes ; ce biais se reflète dans le livre, par l’absence des aspects relatifs à l’utilisation (langage de commande, organisation et usage des fichiers, etc). Le corpus d’exercices (avec leurs solutions), qui a été un apport apprécié, aurait gagné à être complété par des idées de mini-projets.

4. INFLUENCE ET RETOMBÉES DE CROCUS

Plusieurs membres du groupe Crocus étaient des enseignants ; le matériau élaboré dans le groupe pouvait donc être immédiatement éprouvé sur le terrain. Avant même la fin de la rédaction, le groupe décida de proposer une École sur le sujet, destinée aux enseignants, chercheurs et ingénieurs. Cette École de 5 jours fut organisée par l’IRIA en mars 1973 aux Arcs et attira environ 50 personnes. L’expérience acquise et les critiques des participants furent précieuses pour la rédaction finale.

La demande de formation dans le domaine restait très importante, et deux autres Écoles d’hiver furent organisées à Auron par l’Université de Nice, en février 1974 et février 1975, le livre (non encore paru) servant de base pédagogique pour les cours et exercices. Après 1975, la formule de l’École d’hiver fut reprise par le CNAM, avec une nouvelle équipe d’enseignants sous la conduite de C. Kaiser, et les sessions se poursuivirent jusqu’en 1980. Par ailleurs, les membres du groupe organisèrent individuellement des cours, en France et à l’étranger, sur la matière du livre ; ces actions sont trop nombreuses pour être recensées ici.

Paru en 1975, le “Crocus” servit d’ouvrage de référence pendant une dizaine d’années pour la formation de base en systèmes d’exploitation dans les Écoles et Universités françaises, ainsi que dans quelques pays francophones. Sa remise sur le chantier, en vue d’une

nouvelle édition refondue, fut envisagée dès 1978 ; mais le manque de disponibilité des membres du groupe ne permit pas à ce projet d'aboutir. Finalement, un nouveau livre largement inspiré par la structure et l'esprit du "Crocus" fut publié en 1985 [Krakowiak 85]. Des membres de Crocus, auxquels s'adjoignirent d'autres auteurs, publièrent des ouvrages développant en détail des aspects spécifiques : désignation et protection [Banino 78], synchronisation [André 83].

Après 1973, les membres du groupe Crocus se sont trouvés répartis dans les principaux centres de recherche et Universités français et ont contribué à y créer ou à y développer des projets influencés directement ou indirectement par le travail mené dans le groupe. Bien que les années 1974-80 aient été peu favorables au développement de la recherche expérimentale en informatique en France, quelques projets ont pu maintenir la compétence et contribuer aussi bien à la formation des responsables d'aujourd'hui qu'à des réalisations industrielles.

L'expérience du groupe Crocus avait été jugée très enrichissante par ses membres, sur les plans scientifique, pédagogique et humain. C'est pourquoi, dès 1976, un nouveau groupe se constitua, sous le nom de Cornafion², autour d'un noyau issu du groupe Crocus. Cornafion se donna pour tâche de rédiger un ouvrage sur les systèmes informatiques répartis, en reprenant le mode de travail de Crocus. Ce projet fut mené à terme, et le livre [Cornafion 81] (qui fut l'un des tout premiers ouvrages consacrés au domaine, et le premier en langue française) servit également de base à de nombreuses Écoles. Le livre a maintenant achevé sa carrière, mais le relais a été assuré [Balter 91].

Références

[André 83]

F. André, D. Herman, J.-P. Verjus, *Synchronisation des processus parallèles : expression et mise en œuvre dans les systèmes centralisés et distribués*, Monographies d'informatique de l'AFCEC, Dunod, 1983

[Arsac 68]

J. Arsac, *Systèmes de conduite des ordinateurs*, Dunod, 1968 ; 2-ème édition, 1970

[Balter 91]

Construction des systèmes d'exploitation répartis (R. Balter, J.-P. Banâtre, S. Krakowiak, éditeurs) Collection Didactique de l'INRIA, juin 1991

[Banino 78]

J.-S. Banino, J. Ferrié, C. Kaiser, D. Lanciaux, *Contrôle de l'accès aux objets dans un système informatique*, Monographies d'informatique de l'AFCEC, Dunod, 1978

[Bertin 67]

J. Bertin, M. Ritout, J.-C. Rougier, *L'exploitation partagée des ordinateurs*, Monographies d'informatique AFIRO, Dunod, 1967

²nom collectif de F. André, J.-S. Banino[†], C. Bétourné, J. Ferrié, D. Herman, C. Kaiser, S. Krakowiak, G. Mazaré, J. Mossière, X. Rousset de Pina, J. Séguin, et J.-P. Verjus.

[Bolliet 67]

Utilisation des ordinateurs à distance en temps réel et en temps partagé (L. Bolliet, éditeur), Actes des Journées d'études AFIRO, Grenoble, 29 mai-3 juin 1966, Dunod, 1967

[Brinch Hansen 71]

P. Brinch Hansen, An Outline of a Course on Operating Systems Principles, in *Operating Systems Techniques* (C. A. R. Hoare & R. H. Perrott, editors), Proceedings of a Seminar held at Queens University, Belfast, 1971, Academic Press, 1972

[Brinch Hansen 73]

P. Brinch Hansen, *Operating System Principles*, Prentice Hall, 1973

[Cornafion 81]

Cornafion, *Systèmes informatiques répartis*, Dunod, 1981 ; [traductions : *Distributed Computing Systems*, Elsevier, 1985 ; *Sistemas informaticos distribuidos*, Omega, Barcelona, 1987]

[COSINE 71]

The COSINE Report on "An Undergraduate Course on Operating Systems Principles", Commission on Education, *National Academy of Engineering*, Washington, D.C., June 1971

[Crocus 75]

Crocus, *Systèmes d'exploitation des ordinateurs*, Dunod, 1975 ; 2-ème édition, 1977 ; 3-ème édition, 1981 ; [traduction : *Sistemas de explotación de computadores*, Paraninfo, Madrid, 1987]

[Genuys 68]

Programming languages (F. Genuys, editor), Academic Press, 1968

[Krakowiak 85]

S. Krakowiak, *Principes des systèmes d'exploitation des ordinateurs*, Dunod, 1985 ; 2-ème édition, 1987 [traductions : *Principles of Operating Systems*, MIT Press, 1988 ; *Fundamentos de los sistemas operativos de los ordenadores*, Arcadia, Madrid, 1987 ; *Osnovx organizayii i funkcionirovania OS EVM*, éditions Mir, Moscou, 1988]

[Rosen 67]

Programming Systems and Languages (S. Rosen, editor), McGraw-Hill, 1967

[Rosin 69]

R.F. Rosin, Supervisory and Monitor Systems, *Computing Surveys*, 1, 1, March 1969, pp. 37-54

[Watson 70]

R.W. Watson, *Timesharing Systems Design Concepts*, McGraw-Hill, 1970

[Wegner 65]

Introduction to Systems Programming, (P. Wegner, editor), Academic Press, 1965

[Wilkes 68]

M. Wilkes, *Time Sharing Computer Systems*, Macdonald, 1968