

# L'IREQ VOIS

Volume 5 n° 3 septembre 1998

Journal du Syndicat Professionnel des Scientifiques de l'IREQ

Poin mire

Tout serait plus simple, s'il n'y avait qu'une couleur et une grandeur d'habit. On en finirait avec les longues heures de recherche dans des centres d'achat aboutissant à la découverte de l'item rare qui confond le voisin et sa famille. Mais la compétition intense visant à occuper une part du marché de la coquetterie génère cette diversité de modes et de formes qui ne cesse de bousculer les fantasmes les plus débriés du citoyen consommateur.

La science comptable qui nous avait habitué à une belle créativité d'ordre terminologique semble vouloir abandonner ce principe de diversité; à Hydro-Québec en tout cas, la comptabilité des opérations de toutes les unités étant contrainte à une méthodologie

## One size fits all: le triomphe du distributeur dans un marché captif

unique dont la grande sobriété n'a d'égale que la profonde irrationalité. Appliquer à son centre de recherche les mêmes exigences de rendement que celles des opérations de perception des comptes paraît pour le moment irrationnel. À l'évidence, il y a lieu de s'étonner de l'adoption de dogmes immobiles dans la comptabilité d'une entreprise qui s'apprête à conquérir le monde. Des gens d'Ontario Hydro, par exemple,

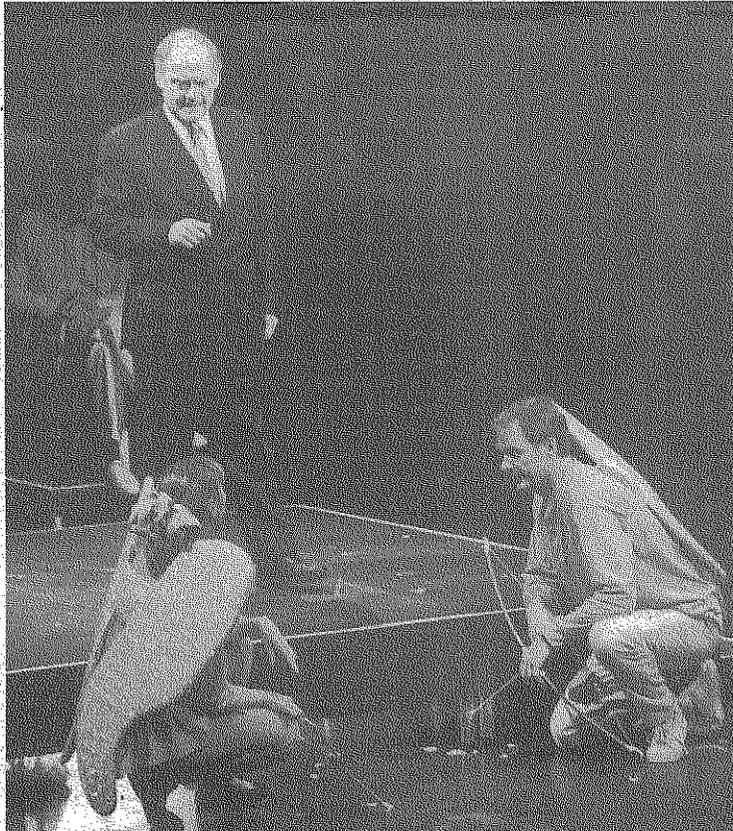
envient les formidables installations et diversité de compétences de RDDE qui restent concentrées à l'IREQ et regrettent d'avoir détruit les leurs.

Hydro-Québec n'est pas devenue ce qu'elle est en faisant fi de ses actionnaires. Que l'Actionnaire veuille en faire le Wal-Mart de la distribution d'énergie est une chose possiblement juste, mais les raisons de cette ambition restent mal expliquées à la clientèle captive d'Hydro-Québec qui pourrait, le cas échéant, préférer magasiner chez Zeller's, Sear's, Croteau, à l'Aubainerie et, pourquoi pas, au Village des Valeurs.

En attendant, la R&D à Hydro-Québec a toujours fait partie de la base tarifaire des action-

naires, et on voit mal comment la Régie de l'énergie qui a le pouvoir d'affirmer ces vérités pourrait les passer sous silence. L'IREQ reste un actif technologique important du Québec qui ne saurait être effacé pour diminuer les risques financiers d'une entreprise dont les appétits l'amènent à effectuer des transactions potentiellement hasardeuses. Avec plus de 25 ans d'existence, la rentabilité de l'IREQ, « comptablement parlant », n'est plus à démontrer. Les expériences d'asphyxie administrative et financière, qui depuis 10 ans y tiennent lieu de mode de gestion, pourraient cependant inverser la tendance.

**Bernard Saulnier**  
Chercheur



Photographie: Silvano Santini de Facto

## sans blague!

### Jeu de rôle

André Caillé, photographié lors d'une répétition, incarnait le rôle de Zeus, dieu du ciel et maître des dieux, en mai dernier au Théâtre d'Aujourd'hui (Les Affaires, samedi, 9 mai 1998). À ses genoux, deux chérubins qui s'apprêtent à répandre sur la masse engourdie des mortels, les préceptes transcendants issus du sommet de la hiérarchie des divinités de la Grèce antique. Seuls quelques privilégiés ont pu apprécier le jeu convaincant des comédiens, la richesse des costumes, les effets spéciaux et la puissance des monologues. On les envie.

**M** Blain, vous agissez à titre de coordonnateur dans les divers dossiers où intervient le SPSI devant la Régie de l'énergie. En quoi consiste votre rôle ?

Il s'agit d'assurer la meilleure participation possible du SPSI dans chacun des dossiers conformément aux règles et aux échéances fixées par la Régie. Pour cela, il faut constituer une équipe de personnes qualifiées, identifier avec elles les différents sujets que l'on entend aborder, les regrouper sous quelques thèmes généraux et déterminer les principales pistes de réflexion.

Le coordonnateur doit assurer le support technique requis pour mener cette démarche à terme, c'est-à-dire recevoir tous les documents émanant de la Régie et de tous les autres intervenants, et assurer leur disponibilité au profit de tous les membres de l'équipe.

Le coordonnateur doit également avoir une vision d'ensemble du dossier, une bonne compréhension des positions défendues par les autres intervenants et des principaux enjeux pour être en mesure de bonifier le travail de réflexion de l'équipe SPSI en contribuant à « l'arrimage » des opinions, à leur élaboration rigoureuse et nuancée et à leur disposition cohérente. Il participe donc activement à la rédaction et à la révision de tous les documents produits et, dans le cas d'une cause complexe et

# Les principes réglementaires en matière tarifaire devant Entrevue avec Jean-François Blain

longue comme celle des tarifs de fourniture, par exemple, il doit assurer un suivi constant du déroulement des audiences afin d'indiquer aux membres de l'équipe les mises au point et les réajustements parfois rendus nécessaires par les événements.

*En quoi l'implication du SPSI dans le dossier relatif aux modalités d'établissement et d'implantation des tarifs de fourniture électrique (production) est-elle liée, selon vous, à l'intérêt de ses membres ?*

C'est une opinion extérieure que je vous donne, n'étant pas membre du SPSI. Je pense que les intérêts des chercheurs de l'IREQ, membres du SPSI, sont effectivement mis en cause dans un dossier d'une telle importance. Principalement parce que les modalités de financement des activités de R et D et des programmes commerciaux font partie des sujets abordés dans une telle cause, de même que leur inclusion dans la base tarifaire.

*Qu'est-ce qui distingue cette cause de celle sur le développement de l'énergie éolienne au Québec ?*

La cause R-3395-97 concernant le développement de l'énergie éolienne avait été initiée par une demande d'avis adressée par le ministre des Ressources naturelles du Québec. Dans ce cas, toutes les parties intéressées ayant le statut d'intervenant, Hydro-Québec y compris, ont élaboré des scénarios visant à déterminer, notamment, une quote-part et un prix pour l'énergie éolienne et ont tenté de les faire valoir lors d'audiences qui ont duré quatre jours et demi.

La cause R-3398-98 visant la détermination des modalités d'établissement et d'implantation des tarifs de fourniture d'électricité a, quant à elle, été initiée par une requête d'Hydro-Québec déposée devant la Régie en vertu du premier alinéa de l'article 167 de la Loi sur la Régie de l'énergie. Dans ce cas-ci, Hydro-Québec était donc la proposante et les audiences ont duré, cette fois, près de cinq semaines. Hydro-Québec a véritablement fait l'unanimité contre elle dans cette cause, les producteurs privés, les associations de consommateurs, les groupes environnementaux, les consommateurs industriels, les syndicats ayant tous, sans concertation préalable, recommandé le rejet de sa propo-

sition. La décision très attendue de la Régie reste à venir.

*Quelles sont les autres personnes associées au SPSI dans le dossier des tarifs de production ?*

- M. Co Pham, retraité d'Hydro-Québec où il a assumé de nombreuses fonctions, ayant agi notamment à titre de chef du service de tarification.
- M. Gaétan Breton, docteur en sciences comptables, enseignant et directeur de maîtrise à l'UQAM.
- M<sup>e</sup> Claude Tardif, de l'étude Rivest Schmidt.
- M. Jean-Marc Pelletier, président du SPSI.

*Le 18 juin dernier, dans le cadre des audiences publiques de la Régie de l'énergie, le syndicat présentait son mémoire sur les modalités d'établissement et d'implantation des tarifs de fourniture d'électricité (production). Comment la présentation du SPSI a-t-elle été reçue ?*

Les médias écrits nous ont accordé une bonne couverture. Quant à savoir comment la Régie accueillera notre intervention, nous en aurons peut-être une indication à la lecture de son rapport final dans cette cause qui devait être rendu le 11 août, mais qui n'a pas encore été divulgué publiquement, à ce jour (25 août).

## Hydro a les moyens de baisser ses tarifs, soutient le syndicat de l'IREQ

LISA BINSSE

Le gel des tarifs d'électricité décidé par Hydro-Québec jusqu'en 2002 peut sembler attrayant. Mais cette décision, entérinée par le gouvernement, cache des prix à venir trop élevés pour toutes les catégories de clients.

C'est ce que soutient, chiffres à l'appui, le Syndicat professionnel des chercheurs de l'Institut de recherche en électricité du Québec (IREQ).

Jean-Marc Pelletier, président du syndicat, a soutenu devant la Régie de l'énergie que les tarifs actuels seraient plus bas si les exportations et les contrats particuliers, y compris les contrats secrets à partage de risques et la production privée, étaient exclus de la base tarifaire. Surtout si l'on tient compte du fait que le coût de financement

est en fait plus élevé grâce à la baisse des taux d'intérêt.

C'est au gouvernement, l'actionnaire, d'assumer les risques et bénéfices associés à ces activités.

M. Pelletier ajoute que n'a pas à supporter les pertes liées à ces la conférence de prix pour le projet Falls qui a été un fiasco.

Toutefois, si la Régie annonce le gel du tarif net d'Hydro de 750 millions historiques. Malgré le plan stratégique que la société d'État projette ces nets en hausse qu'en 2002 alors qu'il est de 1,8 milliard.

Dans son mémoire, fait état d'une étude sur la situation d'interdes contrats particuliers. Cette étude, revenus et coûts d'Hydro démontre que ces des

catégories de clients, comme les résidentiels, doivent compenser.

L'interfinancement en faveur des clients résidentiels

res comme Sainte-Marguerite, des alumineries ou les détournement de rivières.

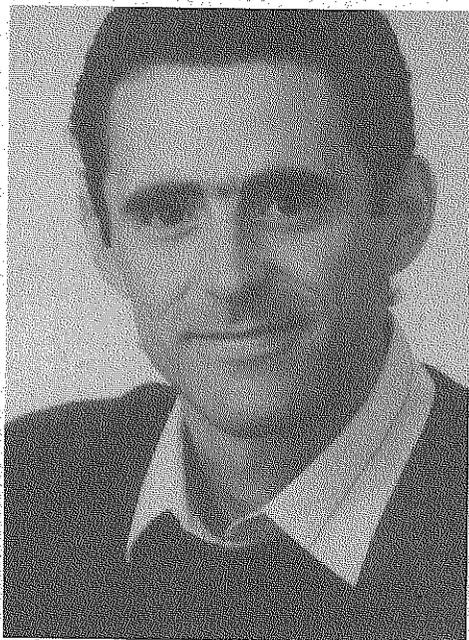
### Audiences de la Régie de l'énergie

# Une baisse des tarifs d'électricité est possible, soutient l'IREQ

*Les pertes découlant des contrats d'Hydro devraient être isolées du budget de la société d'Etat, dit le syndicat*

En 2002, le profit ainsi dégagé permettrait d'envisager une baisse de tarifs, ce qui au-

# la Régie: une pièce en trois actes ?



4. Pour cette même «période transitoire», nous recommandons le **maintien des programmes commerciaux actuels**, notamment les programmes d'efficacité énergétique et des budgets de Recherche et Développement.

*Les médias ont largement dénoncé l'abus de pouvoir d'Hydro-Québec qui fait fi d'institutions mises sur pied pour limiter l'arbitraire — telle la Régie de l'énergie — de même que son entêtement à garder secrets ses projets et coûts de production. Ne*

*croyez-vous pas que l'on s'illusionne en défendant ainsi notre position auprès de la Régie ?*

Non. Dans la mesure, bien sûr, où les membres du SPSI reconnaissent l'importance des enjeux qui se décideront devant la Régie de l'énergie, je vois mal quelle autre tribune pourrait actuellement offrir une meilleure possibilité de faire valoir publiquement les intérêts et les préoccupations du syndicat sur l'avenir de la R et D ou permettre un traitement éclairé, rigoureux et équitable des questions réglementaires.

Pouvez-vous nous exposer les principales recommandations de ce mémoire ?

Dans son mémoire, le SPSI est arrivé à de nombreuses recommandations, quelques-unes très générales, d'autres beaucoup plus spécifiques<sup>1</sup>. Au terme des audiences, l'ensemble des recommandations initialement inscrites dans le mémoire du syndicat ont été maintenues. Les voici :

1. Nous recommandons, pour l'ensemble des raisons invoquées à notre mémoire, le **rejet de la proposition d'Hydro-Québec**.
2. Nous recommandons à la Régie que soit amorcé de façon prioritaire un **processus** de réglementation tarifaire ordonné.
3. Jusqu'à ce que soit complété l'établissement des principes tarifaires et leurs modalités d'implantation, nous recommandons le **maintien des tarifs d'électricité à leur niveau actuel sur une base provisoire et conditionnelle**.

À mon avis, bien que nous ne pourrions juger de son autonomie réelle, de sa compétence et de son impartialité qu'au fur et à mesure qu'elle rendra ses décisions, la Régie de l'énergie mérite qu'on lui donne pour l'instant le bénéfice du doute. Il me semble que le SPSI, comme les autres intervenants, a tout intérêt à miser sur la bonne foi de la Régie et à insister pour qu'elle exerce pleinement et librement l'ensemble des pouvoirs qui lui sont attribués par la Loi.

*Le 9 juillet dernier, le SPSI déposait, conjointement avec le CERQ, une demande d'intervention dans la cause qui portera sur l'établissement des principes généraux pour la détermination et l'application des tarifs de transport d'électricité. Qu'est-ce que le CERQ ?*

Le Centre d'études réglementaires du Québec (CERQ) est un centre spécialisé dans les questions relevant de la réglementation économique et tarifaire en matière énergétique. Il dispose déjà d'une expertise à travers la contribution des spécialistes qui y sont associés. Il verra à consolider une base de documentation et à assurer le suivi des dossiers en matière de réglementation sur une base régulière. Il aura donc comme fonction principale l'élargissement de cette banque de renseignements sur les divers enjeux liés aux questions réglementaires dans le domaine énergétique, incluant notamment des répertoires des diverses décisions rendues par les instances réglementaires d'Amérique du Nord, ainsi que des actes législatifs et autres documents d'intérêt public.

*Qui travaillera à la rédaction du mémoire et défendra la position du syndicat lors des audiences portant sur l'établissement des principes généraux pour les tarifs de transport ?*

Les collaborateurs du SPSI qui participeront à la cause R-3405-98 sont :

- M. Jean-Marc Pelletier, M.Sc.A., B.Sc.A., ing.
- M. Paul Chernick, président de la firme Resource Insight inc.
- M. Co Pham, ing., Ph.D.
- M. Gérald Roberge, B.Sc.A, ing.
- M<sup>re</sup> Claude Tardif, de l'étude Rivest Schmidt.
- M. Jean-François Blain, coordonnateur

*Peut-on d'ores et déjà prévoir un autre avis public de la Régie sur les principes généraux régissant, cette fois, l'établissement des tarifs de distribution ?*

Je ne crois pas, parce que le gel tarifaire proposé par Hydro-Québec, et reçu favorablement par le gouvernement, est valable pour une période de trois ans et que conséquemment, à moins que la Régie ne soit saisie d'une demande jugée recevable et justifiée pour les reconsidérer, la révision des tarifs de distribution ne constitue pas une urgence pour l'instant.

**Johanne Laperrière**

<sup>1</sup> Le mémoire du SPSI portant sur les modalités d'établissement et d'implantation des tarifs de fourniture électrique peut être consulté à l'adresse suivante :

<http://www.regie-energie.qc.ca> sous la rubrique « Audiences et décisions ».

## Hydro forcée de dévoiler ses coûts de production ?

Le 27 août, la Régie de l'énergie rendait public son avis sur les tarifs de production, avis transmis au gouvernement le 11 août précédent. La Régie y rejette totalement la proposition d'Hydro-Québec et suggère plutôt d'appliquer les mêmes règles que partout ailleurs en Amérique du Nord, ce qui signifie un examen public des coûts réels de production d'Hydro-Québec. La balle est maintenant dans le camp du gouvernement...

## De l'IREQ vers la filiale : un parcours interminable

**R** l'automne 1997, le SPSI et Hydro-Québec amorçaient des négociations ayant pour but de trouver une solution aux problèmes soulevés par la « commercialisation » des produits de la R&D en filiale. Parmi les conditions préalables à ces discussions, le Syndicat exigeait, notamment, qu'aucun transfert d'employés vers une filiale ne s'effectue d'ici à ce qu'une entente intervienne entre les parties. De même, il fut clairement énoncé que les discussions devaient porter sur la problématique des filiales de façon globale — tant celles existantes que celles à venir — et non sur le cas d'une filiale en particulier. L'échéancier pour arriver à un règlement était celui établi par le commissaire général du travail dans la cause ArgoTech, soit avant le 7 avril 1998

— ce délai a, par la suite, été prolongé jusqu'au 26 juin —. Rappelons que le Syndicat a déposé, en 1995, une requête en vertu de l'article 45 du Code du travail au Bureau du commissaire général pour la filiale ArgoTech. Cette requête, dont l'objectif premier est la protection des activités et des emplois en R&D, vise essentiellement à faire constater la transmission des droits et obligations, ce qui signifie, en termes plus explicites, la survie de l'accréditation et de la convention collective du SPSI dans la filiale.

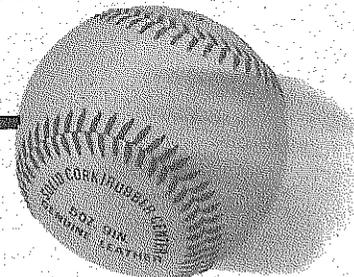
Malgré la condition émise par le SPSI excluant tout transfert d'employés dans une filiale durant

les négociations, des dirigeants ont approché certains employés de l'unité Produits M4 et entamé avec eux des discussions relativement à leurs conditions de travail, une fois transférés, dans la filiale 9056-3974 Québec inc. — communément appelée Novco —, ce qui, évidemment, a eu pour effet de faire achopper les négociations avec le Syndicat. Non seulement violaient-ils ainsi, selon notre prétenion, un principe fondamental stipulé à l'article 12 du Code du travail et qui leur interdit de négocier directement avec des employés syndiqués — le SPSI étant reconnu en vertu de la loi comme l'unique agent négociateur des membres qu'il représente —, mais ils poussaient l'audace jusqu'à mentionner qu'ils le faisaient en conformité avec l'entente en négociation sur le cadre de commercialisation des produits de R&D. Le Syndicat s'est donc vu dans l'obligation de déposer des plaintes pénales à l'encontre de la

Direction.

Le 30 juin dernier, huit employés de l'unité Produits M4 furent assignés à la nouvelle filiale. Quant aux autres, une entente, convenue récemment entre le Syndicat et la Direction, détermine leur nouvelle unité d'accueil à l'IREQ. Mais, le problème global de l'assignation d'employés dans des filiales demeure cependant entier. Conformément à la volonté du commissaire du travail, formulée lors de la rencontre du 26 juin, un nouveau « plan de rencontres précis et accéléré » devrait faire l'objet d'un accord sous peu afin, souhaitons-le, qu'il puisse en résulter une solution à ce litige. C'est à suivre...

**Johanne Laperrière**  
Conseillère syndicale



## M. Jacques Ménard a-t-il bien attaché son bungee?

Réjean Tremblay (La Presse, F4, samedi 5 septembre) nous apprenait que M. Jacques Ménard, président du C.A. des Expos, au lendemain de sa rencontre avec le premier ministre sur le dossier des Expos (en compagnie de MM. Savard et Brochu), a joué au golf avec Ronald Corey. Pendant que l'autre s'appliquait à putter, il lui expliqua que, si le premier ministre reste consistant dans son refus de subventionner le sport professionnel - c'est-à-dire l'entreprise plutôt très privée du commerce de la bière - les Canadiens de Montréal pourraient passer au batte comme les Expos. On se rappellera que Claude Brochu avait claqué fin août un circuit médiatique, du moins c'est ainsi que la nouvelle avait été rapportée. Un contrat qui se voulait une assurance du sérieux des promoteurs du stade au centre-ville - assurance prise au nom du public montréalais, faut-il le mentionner - donnait 28 M\$ US à Guerrero sur 5 ans pour qu'il reste à Montréal. La première année du

contrat, le talentueux athlète gagnerait 280 000\$ US... À moins de ne rien connaître du baseball, un jeu de haute stratégie, l'affaire ne saurait être prise pour autre chose qu'une fausse balle en neuvième manche, avec deux prises contre Brochu, deux morts, personne sur les coussins et un compte de 3-0 pour les Blue Jays.

Cette impasse tragique pour l'image de Montréal relèverait d'un manque de vision à long terme de nos dirigeants politiques selon M. Ménard. Heureusement, M. Ménard sait que «les politiciens sont influencés et influençables», «il faut relever nos manches et reprendre la route et trouver encore plus d'énergie». «Embarque Ronald, on est une belle gang» aurait compris M. Corey.

M. Ménard y va de quelques autres métaphores sportives et culturelles pour appuyer ses convictions; il se fait tour à tour cycliste: «Il se peut même qu'on ne soit plus capable de faire partie du deuxième peloton»; musicien: «Notre orchestre symphonique qui était l'un des meilleurs au monde, perd ses musiciens un à un» (Guerrero joue-t-il du triangle?); décathlonien: «Comme on perd nos meilleurs dans d'autres secteurs»; maître de recherche:

«Je ne connais pas de villes pauvres qui ont conservé leurs grandes institutions, universitaires ou scientifiques.»; et, finalement, ethnologue de la québecitude: «Je pense qu'on a une tolérance trop grande au laisser-aller. À un moment donné, on paye encore plus cher ce qu'on a perdu par omission ou par compromission». Et pour résumer sa foi en la nécessité d'un stade au centre-ville, il élimine tout simplement le stade olympique au moyen d'un aphorisme du plus bel effet: «On ne peut pas tirer du lait d'une pierre».

Il faut se réjouir de savoir que M. Ménard, qui s'occupe également de diriger le CA d'HQ à temps partiel, pourra mettre ses analyses en pratique à Hydro-Québec. L'équivalent de trois contrats de Guerrero pour l'IREQ, est-ce trop demander pour assurer la tradition d'excellence du Québec en R&D du secteur de l'énergie? Il n'y a pas à en douter, cette fois, le premier ministre sera d'accord avec lui, le budget fait déjà partie de la base tarifaire et le public n'a jamais eu à s'en plaindre. B.S.

Ce journal est publié quatre fois l'an et payé par le SPSI, 210, boul. Montarville, bureau 3014, Boucherville, (Qc) J4B 6T3 téléphone : (514) 449-9630 télécopieur : (514) 449-9631 courriel : [secretariat@spsi.qc.ca](mailto:secretariat@spsi.qc.ca) site internet : <http://www.spsi.qc.ca>

**Comité de rédaction:**  
Charles DesBiens, chercheur  
Myriam Hamel, chercheure  
Innocent Kamwa, chercheur  
Bernard Saulnier, chercheur  
Johanne Laperrière,  
conseillère syndicale

**Conception graphique:**  
Guylaine Hardy

**Impression:**  
Imprimerie Daniel Boulet inc.

Dépôt légal  
Bibliothèque nationale  
du Québec  
1998



# Sur l'Origine et la Fin de l'Univers

Debout au centre de la porte de la maison des esclaves de Gorée (île au large de Dakar) le regard tourné vers cet immense océan Atlantique, on ne peut s'empêcher de réfléchir sur la portée historique et l'origine de l'esclavage; de la même manière que nous sommes tous sensibles à l'origine et au destin de notre humanité et de notre Univers. En effet qui, parmi nous (athée, croyant ou autre), n'a pas été marqué par les récits des saintes écritures sur l'origine et la fin du monde? Objets de méditation pour les philosophes et les théologiens, ces questions furent longtemps considérées comme ne relevant pas du champ de la recherche scientifique. Et voilà qu'elles deviennent même fondamentales pour la vérification de certaines théories scientifiques de l'astrophysique. Aussi, à l'aube du 21<sup>e</sup> siècle, quelles sont les réponses de la théorie scientifique (ralliant la majorité des astrophysiciens, des astronomes ou des cosmologues) au sujet de l'origine et du devenir de notre Univers.

## Origine de l'Expansion de l'Univers

Lorsqu'il a fondé la théorie de la Relativité Générale (RG) en 1915 en prédisant qu'un champ gravitationnel déformait l'espace et courbait les rayons lumineux, on était loin de l'idée de l'expansion de l'Univers; Einstein lui-même militait à ce moment pour la théorie stationnaire de l'Univers. La notion de l'Univers «en expansion», en opposition à l'Univers stationnaire, fut introduite dans les années 30 par des scientifiques comme A.S. Eddington (Anglais), W. De Sitter (Hollandais), A. Friedmann (Russe), G. Lemaître (Belge), etc. Dès 1923, Eddington, celui-là même qui avait expérimentalement confirmé la théorie de la RG en mesurant la minuscule déviation subie par la lumière passant à proximité du soleil, avait pressenti la réalité de l'expansion de l'Univers. En 1927,

Lemaître proposa son modèle «évolutif» qui réunissait les avantages du modèle d'Einstein, qui est à base de matière, et de celui de De Sitter, qui rend compte de la fuite des galaxies; galaxies dont la pluralité avait été établie plutôt par E. Hubble (Américain) en 1924 grâce au télescope du mont Wilson. C'est à la même année 1924 que A. Friedmann établit les solutions plus générales des équations d'Einstein. Alors, la notion de l'Univers en expansion commençait peu à peu à s'imposer. En 1932, Einstein devait se rendre à l'évidence, il renonça à son Univers stationnaire et publia, avec De Sitter, un modèle évolutif. Entre temps, Eddington avait montré qu'une concentration locale de matière dans un univers d'Einstein provoque son expansion ou sa contraction. Lemaître, qui avait travaillé un certain temps sous la direction d'Eddington (à Cambridge), montra que si la pression d'un Univers varie dans un sens, son rayon varie en sens contraire et que la condensation de matière qui diminue la pression moyenne à l'extérieur de ces condensations provoque donc l'expansion. Cette conception suggéra enfin l'existence d'un état plus condensé, donc plus chaud, de l'Univers primitif.

C'est à partir de ce stade que la question même de l'origine de l'Univers surgit, créant ainsi le début de l'ère de la cosmologie moderne. Parallèlement à cette question relative à l'origine de l'Univers, ces scientifiques se questionnèrent déjà sur des problèmes tels que:

- l'âge de l'Univers et sa vitesse d'expansion;
- l'évaluation de la densité de matière dans l'Univers et de sa courbure, etc.

## La théorie du Big Bang

On remonte le début de l'acceptation de l'Univers en expansion à partir des premières solutions des

équations d'Einstein établies par A. Friedman, des solutions du chanoine belge G. Lemaître et au moment où les astronomes commencèrent à «observer» cette expansion. En 1922, en effet, l'astronome C.W. Wirtz montrait que la vitesse des galaxies croît avec leur distance relative. Un peu plus tard (en 1929), un autre astronome, Hubble, prouvait que la vitesse de fuite (ou d'expansion) d'une galaxie était proportionnelle à sa distance à notre galaxie et le rapport de proportionnalité portant désormais le nom de la constante de Hubble et notée  $H_0$ . Si l'expansion s'était toujours effectuée au même rythme,  $H_0$  serait une constante, et son inverse, le «temps de Hubble» serait égal à la durée qui nous sépare de l'époque où tout l'Univers était concentré, c'est-à-dire l'âge de l'Univers. Si l'expansion a été continuellement freinée, à cause des forces gravitationnelles, l'âge de l'Univers devrait être inférieur au temps de Hubble. Aujourd'hui on estime la constante  $H_0$  comprise entre 40 et 90, et l'on fixe sa valeur maximale à 65: ce qui correspondrait à l'âge du plus vieux amas globulaire de notre galaxie, c'est-à-dire à 15 milliards d'années. Ainsi, à l'Univers statique d'étoiles, s'était substitué l'Univers de galaxies en expansion.

Plusieurs théories cosmologiques classiques achoppèrent sur le commencement de l'Univers. Or, la seule théorie qui rallie la communauté scientifique parce qu'elle semble décrire de manière presque parfaite l'évolution de l'Univers et, en particulier ses premières étapes, est celle du Big Bang (BB). Fondé sur la RG et certaines lois fondamentales de la physique, le modèle du BB (proposé pour la première fois par G. Gamov en 1948) fait naître l'Univers à partir de l'explosion initiale suivie de l'expansion de l'Univers caractérisée par «l'isotropie» de sa vitesse par rapport à toutes les directions. D'après ce modèle, l'Univers aurait

commencé voici 15 milliards d'années (entre 10 et 20 milliards précisément) à la suite de l'explosion initiale ou Big Bang (de l'américain), dans un état de petitesse et de densité fantastique. L'Univers serait ensuite entré en expansion, devenant le monde immense et froid que nous connaissons aujourd'hui. Par exemple, la température de l'Univers âgé d'une seconde était supérieure à 10 milliards de degrés, soit 1 000 fois la température au centre du Soleil. Mais comment détermine-t-on l'âge de l'Univers ?

## Le Big Bang et l'âge de l'Univers

Les scientifiques disposent de trois méthodes indépendantes pour déterminer l'âge de l'Univers: le «mouvement des galaxies», l'«âge des plus vieilles étoiles» et l'«âge des plus vieux atomes».

Ces trois méthodes ont donné une évaluation relativement concordante de l'âge de notre Univers et c'est pourquoi les scientifiques se contentent d'affirmer aujourd'hui que notre univers a vraisemblablement plus de 10 milliards d'années et moins de 20 milliards d'années.

## Le Big Bang et l'origine de l'Univers

Les événements qui se sont produits aux tout premiers instants de l'Univers ont déterminé la nature des structures à grande échelle que l'on observe aujourd'hui.

$10^{-43}$  seconde après l'explosion primitive du BB, les quatre forces fondamentales que l'on connaît étaient encore unifiées (La force gravitationnelle responsable de toutes les interactions de longue distance, la force électromagnétique est aujourd'hui celle dont l'action prédomine à l'échelle des distances inter-atomiques et elle se manifeste aussi à l'échelle macroscopique, et les deux forces d'interactions nucléaires fortes et faibles ne jouent un rôle qu'à l'in-

térieur des noyaux atomiques: les interactions faibles expliquent certains phénomènes radioactifs, tandis que les fortes lient les quarks pour qu'ils forment des protons). Aucune théorie n'a encore décrit de manière satisfaisante les phénomènes qui se sont produits avant ce moment (hélas, seule une théorie synthétique issue de la théorie quantique et de la théorie de la RG aurait pu décrire correctement ces conditions).

Les fluctuations quantiques (hétérogénéités aléatoires de la densité de matière et d'énergie) qui ont caractérisé cette phase de l'histoire de l'Univers ont probablement créé les germes des structures gigantesques qui se sont formées ultérieurement: le diamètre de l'Univers était alors inférieur à  $10^{-50}$  centimètre.

À partir de la  $10^{-43}$ ème seconde, la force de gravitation s'est dissociée des trois autres forces qui restèrent unifiées; elle a acquis ses caractéristiques propres et est responsable d'interactions d'un type différent. À la  $10^{-35}$ ème seconde, la force nucléaire d'interaction forte s'est dissociée de la force électrofaible (une combinaison de la force électromagnétique et de la force nucléaire d'interaction faible). Cette dissociation a engendré une phase d'expansion rapide de l'Univers durant laquelle la taille de l'Univers a été multipliée par un facteur  $10^{50}$  (cette période, appelée phase d'inflation, a duré  $10^{-32}$  seconde). L'Univers ne fut plus qu'une soupe bouillante d'électrons et de quarks jusqu'à la  $10^{-6}$ ème seconde (la température était en effet trop élevée pour que des quarks puissent se lier les uns aux autres et former des particules comme les protons). La dissociation de la force électromagnétique et des forces nucléaires d'interactions faibles se produisit lorsque l'Univers était âgé d'une seconde. L'Univers s'était alors suffisamment refroidi pour que les quarks commencent à fusionner en donnant les premiers protons.

Au cours des 100 000 années suivantes, l'Univers tout entier fut baigné par le rayonnement résiduel de cette boule de feu primitive où matière et rayonnement restèrent indissociables; dans les régions où la matière était dense, le rayon-

nement l'était aussi. À cette période, les protons et les électrons fusionnèrent pour former les neutrons et l'union des neutrons et des protons (noyaux d'hydrogène) engendra des noyaux plus lourds tels le deutérium, l'hélium3, l'hélium4 et le lithium7: c'est la période de la nucléosynthèse primordiale. À la fin de cette période, la matière (devint neutre) se dissocia du rayonnement et l'Univers devient transparent: les photons (rayonnement) pouvaient dès lors s'y propager librement et les fluctuations de la densité de matière ne s'accompagnaient plus de modification de la densité de rayonnement. (C'est durant le passage de l'opacité à cette transparence que fut émis le rayonnement cosmologique fossile, lumière très froide de 3°K ou -270°C, qui fut prédit par Gamov au moment de l'établissement de la théorie du BB en 1948). Les galaxies et les superamas, qui n'étaient encore que de petits foyers potentiels de croissance résultant des fluctuations antérieures, subirent alors une phase d'expansion très rapide. Cette ère, marquée par la prédominance de la matière, a perduré jusqu'à nos jours, 15 milliards d'années après le BB.

Ainsi, la nucléosynthèse primordiale des éléments légers (hydrogène, deutérium, hélium3 ou 4 et lithium) constitue avec l'expansion de l'Univers et le rayonnement cosmologique fossile, l'un des piliers de la théorie du Big Bang.

#### Le Big Bang et les

#### «devenirs» de l'Univers

La théorie du BB classique prévoit trois devenir possibles pour notre Univers. Si la densité de matière est suffisante, la gravitation agira comme force de rappel qui ralentira, puis inversera le mouvement de l'expansion général. La phase de contraction globale se soldera par un effondrement gigantesque. Inversement, si la densité est insuffisante, pour freiner et inverser le mouvement d'expansion, l'Univers continuera indéfiniment à se dilater. Enfin, si la matière exerce une force de rappel qui compense exactement l'expansion générale, cette dernière ralentira indéfiniment. La densité de matière, cal-

culée dans le cadre de la théorie du BB, est de quelques protons par mètre cube: c'est la densité critique.

Les astrophysiciens disposent de plusieurs méthodes pour déterminer le paramètre de densité de l'Univers (défini comme le rapport de la densité de matière à la densité critique) dont les plus connues sont: la méthode de la «densité de matière lumineuse», (reposant sur la détermination de la luminosité des étoiles) celle de la «densité dynamique» (basée sur les effets gravitationnels) et la méthode de la «densité baryonique» (rapport entre baryons et photons). Or, les densités de l'Univers évaluées par les physiciens sont différentes les unes des autres et sont largement plus élevées que la valeur mesurée. De plus, on a vu que l'Univers semble avoir une densité telle que, s'il s'en écarte un tant soit peu, ou bien il s'effondre sur lui-même (par implosion) ou bien il se désagrège (par explosion): pourquoi, dans ces conditions, l'Univers paraît-il si permanent? Probablement, parce que la théorie du BB n'a pas encore tout compris. D'ailleurs, même la cosmologie quantique, puissant mariage de la relativité générale et de la théorie quantique, mariage quoique forcé et non encore consommé, n'arrive pas à expliquer ou ni même à décrire d'une manière irréfutable l'origine première ou la fin dernière de l'Univers.

Malgré certaines caractéristiques de l'Univers que le modèle du BB n'explique pas (comme le problème de l'horizon, le problème de la courbure, etc.), il a cependant eu certains succès. En effet, ce modèle permet les prédictions sur l'Univers tel qu'il existe actuellement: il prédit la formation des noyaux atomiques, les abondances relatives à certains éléments, l'existence et la température du rayonnement cosmique; rayonnement provenant de l'explosion initiale et qui est omniprésent dans l'Univers. La prédiction de ce rayonnement cosmologique fossile fut récemment confirmée, en 1964, par A. Penzias et R. Wilson.

#### Conclusion

Le modèle du Big Bang soutient que l'Univers primordial, extrême-

ment chaud et dense, se serait brusquement dilaté; il se serait ensuite refroidi; les étoiles se sont assemblées en galaxies, les galaxies en amas et les amas en super-amas. Cette théorie a notamment été confirmée par le rayonnement «fossile» émis peu après l'explosion primitive qui marqua le début de l'expansion universelle. Or, le Big Bang a encore une vision aveugle sur le «temps zéro», primitif du temps primitif d'une part et d'autre part, sa vision du futur de l'Univers est pleine de dédales. Ce modèle a conçu un Univers dont l'origine provient d'une explosion et dont les devenir seront des implosion ou explosion; et si la Religion avait raison (avec le fameux «soit» ou «kun») au sujet de l'origine et de la fin du monde?

Pour l'heure, notre Mort est plus proche de nous que les fins de notre Univers: ce qui est rassurant et nous permet de vaquer à nos occupations quotidiennes.

**Amadou Oury Ba**

Chercheur

#### Références

- [1] J. Burns, «Les plus vastes structures de l'Univers», Pour La Science, Sept. 1986.
- [2] H. Reeves, «Patience dans l'azur», Sciences, Paris 1988.
- [3] J. Halliwell, «La Cosmologie quantique et la création de l'Univers», Pour La Science No 172, Fev. 1992.
- [4] L. Gouguenheim, «Acquis et prédictions de la Cosmologie», Pour La Science No 180, Oct. 1992.
- [5] C. Vilain, «Genèse d'une idée: l'expansion de l'Univers», La Recherche No 284, Fev. 1996.
- [6] G. Hogan, «Le Deutérium primordial», Pour La Science No 232, Fev. 1997.

\*, \*\* pour avoir plus de détails sur ces parties, demander au Journal l'article original.