

LES FACTEURS DE RISQUE PRIS EN COMPTE
PAR LA COMMISSION INTERNATIONALE
DE PROTECTION RADIOLOGIQUE (C.I.P.R.)

ROGER BELBEOCH

EXTRAITS DES ARTICLES DES RECOMMANDATIONS DE LA C.I.P.R.-26
(janvier 1977) QUI FONDENT L'ESTIMATION DU RISQUE.

GONADES

- (43) "On admet que le risque d'affection héréditaire grave dans les deux premières générations suivant l'irradiation de l'un ou l'autre des parents est d'environ 10^{-2} Sv^{-1} ($10^{-4}/\text{rem}$) et que le dommage supplémentaire pour les générations ultérieures est du même ordre de grandeur."
- (80) "On admet que la phase reproductive de la vie des travailleurs exposés aux rayonnements correspond approximativement au tiers de leur carrière professionnelle ; aussi la Commission a-t-elle tenu compte de ce paramètre lorsqu'elle a calculé les facteurs de pondération indiqués au paragraphe 105."

MOELLE OSSEUSE ROUGE

- (44) "Pour les besoins de la protection contre les rayonnements, on a pris pour la leucémie un facteur de risque de $2 \cdot 10^{-3} \text{ Sv}^{-1}$." ($2 \cdot 10^{-5}/\text{rem}$)

OS

- (48) "Pour les besoins de la protection contre les rayonnements, on a pris pour le cancer osseux un facteur de risque de $5 \cdot 10^{-4} \text{ Sv}^{-1}$." ($5 \cdot 10^{-6}/\text{rem}$).

POUMONS

- (51) "Pour les besoins de la radioprotection contre les rayonnements, on a pris pour le cancer du poumon un facteur de risque de $2 \cdot 10^{-3} \text{ Sv}^{-1}$."
($2 \cdot 10^{-5}/\text{rem}$)

THYROÏDE

- (56) "La thyroïde paraît plus sensible à l'induction d'un cancer par les rayonnements que la moelle osseuse rouge au développement d'une leucémie. Toutefois, la mortalité due aux cancers de la thyroïde est beaucoup plus faible que celle due aux leucémies, essentiellement à cause des succès obtenus dans le traitement de ce type de tumeurs. On considère que le facteur global pour le risque de décès est égal au quart environ de celui admis pour la moelle osseuse rouge ; pour les besoins de la protection contre les rayonnements, on a pris un facteur de risque de $5 \cdot 10^{-4} \text{ Sv}^{-1}$." ($5 \cdot 10^{-6}/\text{rem}$)

SEINS

- (57) "Pour les besoins de la protection contre les rayonnements, on a pris un facteur de risque de $2,5 \cdot 10^{-3} \text{ Sv}^{-1}$." ($2,5 \cdot 10^{-5}/\text{rem}$)

RISQUE DE CANCER

DANS TOUS LES AUTRES TISSUS

- (59) "Il paraît probable que la majorité des affections malignes induites apparaissent dans les tissus pour lesquels une estimation approximative du risque a pu être faite. Compte tenu de ce fait, on estime peu probable que le risque combiné d'affections malignes dans tous les autres tissus indistinctement dépasse $5 \cdot 10^{-3} \text{ Sv}^{-1}$ ($5 \cdot 10^{-5}/\text{rem}$) et on admet en outre qu'aucun de ces tissus ne contribue pour plus de un cinquième de cette valeur."

RISQUE STOCKASTIQUE DU A

UNE IRRADIATION UNIFORME DE L'ORGANISME ENTIER

- (60) "La Commission estime que, pour la protection contre les rayonnements des individus, le facteur de risque de décès par cancer radio-induit est de l'ordre de 10^{-2} Sv^{-1} ($10^{-4}/\text{rem}$), en moyenne pour les deux sexes et pour tous les âges. Le facteur de risque moyen pour les effets héréditaires qui se manifestent dans les deux premières générations, sera nettement inférieur à cette valeur... On peut admettre qu'il est environ $4 \cdot 10^{-3} \text{ Sv}^{-1}$ ($4 \cdot 10^{-5}/\text{rem}$)..."

Lorsqu'il s'agit d'évaluer le détriment total dû aux rayonnements qui résulte pour une population donnée, il faut également tenir compte du risque total de dommage héréditaire qui pourra se manifester dans toutes les générations qui suivront. On considère que ce risque par unité de dose est égal à environ deux fois celui qui se manifeste uniquement dans les deux premières générations."

LIMITE D'EQUIVALENT DE DOSE POUR LES TRAVAILLEURS

(96) "La Commission pense que, pour juger de l'acceptabilité du niveau de risque dans le travail sous rayonnements, une méthode valable, pour le proche avenir, consiste à comparer ce risque avec celui entraîné par d'autres professions connues comme présentant un haut niveau de sécurité ; c'est-à-dire, en général, celles dans lesquelles la mortalité annuelle moyenne due aux risques professionnels ne dépasse pas 10^{-4} ."

(104) "Dans le cas des effets stockastiques, la limitation des doses recommandées par la Commission est fondée sur le principe que le risque devrait être le même, qu'il s'agisse d'une irradiation uniforme de l'organisme ou d'une irradiation non-uniforme. Cette condition sera satisfaite si :

$$\sum_T w_T H_T \leq H_{oe,L}$$

où w_T est un facteur de pondération représentant le rapport du risque stockastique provenant du tissu T au risque total lorsque l'organisme entier est irradié uniformément, H_T est l'équivalent de dose annuel dans le tissu T, $H_{oe,L}$ est l'équivalent de dose annuel recommandée pour une irradiation uniforme de l'organisme entier, c'est-à-dire 50 mSv (5 rem)."

(105) "Les valeurs recommandées par la Commission pour w_T sont données ci-dessous :

Tissus	w_T
Gonades	0,25
Seins	0,15
Moelle osseuse rouge . . .	0,12
Poumon	0,12
Thyroïde	0,03
Surfaces osseuses	0,03
Reste de l'organisme	0,30

LIMITES D'EQUIVALENT DE DOSE POUR LES MEMBRES DU PUBLIC

(118) "En ce qui concerne les phénomènes stockastiques, le niveau de risque acceptable pour les personnes du public peut être obtenu en considérant des risques sur lesquels l'individu ne peut agir que dans une faible mesure et dont le contrôle, comme c'est le cas pour les mesures de sécurité relatives aux rayonnements, relève de directives nationales. Le risque dû à l'utilisation des transports publics en constitue un exemple. D'après les informations dont on dispose sur les risques couramment acceptés dans la vie quotidienne, on peut conclure que le niveau de risque de décès que le grand public considère comme acceptable est inférieur d'un ordre de grandeur à celui correspondant aux risques professionnels. Sur la base de ce qui précède, un risque compris entre 10^{-6} et 10^{-5} par an serait probablement acceptable pour tout membre individuel du public."

Ces extraits de la publication C.I.P.R.-26 sont tirés de la traduction faite par madame A. Duchêne sous la direction du docteur H. Jammet à l'Institut de Protection et de Sécurité Nucléaire, Département de Protection.

COMMENTAIRES

Ces commentaires n'ont pas pour but de réévaluer les facteurs de risque à partir d'autres données empiriques que celles retenues par la C.I.P.R.. Depuis 1977, des données nouvelles en contradiction avec celles adoptées par la C.I.P.R., ont déclenché une controverse très animée dans les milieux de la radioprotection. Cette controverse qui, si l'on en croit le volume des publications actuelles sur le sujet, n'est pas close. Ce n'est pas le sujet de ces commentaires. Ils visent à examiner de près l'ensemble des facteurs de risque admis, afin d'en juger la cohérence interne.

Les effets génétiques

Dans l'article (96) le risque acceptable doit être comparable, pour les travailleurs sous rayonnement, à celui des industries les plus sûres. Celles-ci sont définies par le taux de mortalité pour cause professionnelle : inférieur à 10^{-4} . Dans cet article, le risque n'est pas explicité en ses deux composantes : le risque génétique et le risque de mortalité par cancers.

Les professions à haut niveau de sécurité (mortalité pour cause professionnelle inférieure à 10^{-4}) ne sont pas réputées pour leur risque génétique. Ceci est encore plus vrai pour le risque des populations, car dans ce cas, les accidents de transports publics sont pris comme référence (article 118).

L'"acceptabilité" des risques génétiques du rayonnement industriel n'est donc référencée à aucune activité sociale dont le risque est largement accepté par les travailleurs ou la population. La seule possibilité serait de se référencer au risque génétique

naturel pour lequel il n'est pas donné d'évaluation. Mais dans ce cas, la définition de l'acceptabilité ne proviendrait pas d'un consensus implicite des populations, mais d'un décret de la Commission.

Le tableau donné à l'article 105 inclut implicitement le risque total (généétique + cancer), car les gonades y figurent, celles-ci n'étant pas affectées par les cancers radio-induits (article 41).

L'article 80 introduit un facteur de pondération pour le calcul de l'effet génétique réel à partir du facteur de risque (taux d'effet génétique par rem) alors que l'article 60 précise qu'il n'y a pas à prendre en considération les différences de structure en âge qu'il existe entre la population dans son ensemble et les travailleurs.

La comparaison des articles 43 et 60 conduit à une incohérence en ce qui concerne le risque génétique total (sur l'ensemble de toutes les générations) :

$2 \cdot 10^{-4}$ /rem pour les gonades

$8 \cdot 10^{-5}$ /rem pour l'ensemble du corps

irradié uniformément.

A dose égale, le corps entier ne peut avoir un risque inférieur à celui d'un des organes pris isolément.

L'article 60 est assez curieux. Il y est dit que le risque de décès par cancer radio-induit est d'environ 10^{-4} /rem. Les effets génétiques sur les deux premières générations qui suivent l'irradiation sont évalués par un facteur de risque "nettement inférieur" au risque de cancer. La valeur donnée est de $4 \cdot 10^{-5}$ /rem, ce qui n'est pas nettement inférieur et cela d'autant plus qu'il

est recommandé dans le même article qu'il faut tenir compte du "détriment total" pour toutes les générations à venir. Il est donné pour le double, c'est-à-dire $0,8 \cdot 10^{-4}$. Ceci met, d'après l'article 60, le risque génétique total du même ordre de grandeur que le risque cancérigène. On comprend mieux ainsi la nécessité d'un facteur de pondération introduit par l'article 80 pour réduire le risque génétique, bien que l'article 60 n'en recommande pas l'usage.

Ce facteur de pondération de l'article 80 revient à introduire dans le système de limitation des doses une notion de moyenne dans le temps, alors que la publication 26 fonde son système de normes sur le risque individuel annuel aussi bien pour les travailleurs (abandon de la limite maximale admissible définie par $D = S (N - 18)$) que pour les populations (abandon des 5 rem en 30 ans pour l'ensemble des populations).

Les risques dus au rayonnement d'après la C.I.P.R.-26

L'ensemble des facteurs de risque admis par la C.I.P.R.-26 est résumé dans le tableau suivant :

Tissus	Risque génétique (par rem)	Risque de cancer (par rem)	Article
Gonades	$20 \cdot 10^{-5}$	0	(43)
	$6,7 \cdot 10^{-5}$	0	(43) + (80)
Seins		$2,5 \cdot 10^{-5}$	(57)
Moelle osseuse rouge		$2 \cdot 10^{-5}$	(44)
Poumons		$2 \cdot 10^{-5}$	(51)
Thyroïde		$0,5 \cdot 10^{-5}$	(56)
Surfaces osseuses		$0,5 \cdot 10^{-5}$	(48)
Reste de l'organisme		$5 \cdot 10^{-5}$	(59)
Corps entier (irradiation uniforme)	$8 \cdot 10^{-5}$ $2,7 \cdot 10^{-5*}$	+	(60)

+ Le risque de cancer pour une irradiation uniforme du corps entier est indiqué (article 60) *"de l'ordre de 10^{-2} Sv^{-1} ."* ($10^{-4}/\text{rem}$), sans qu'une valeur plus précise soit mentionnée.

** L'article 80 qui pondère l'affet génétique sur l'ensemble de la vie professionnelle des travailleurs ne précise pas la façon d'utiliser numériquement l'expression *"On admet généralement que la phase reproductive de la vie des travailleurs exposés aux rayonnements correspond approximativement au tiers de leur carrière professionnelle."* Ceci suggère que le risque moyen est obtenu en divisant par 3 le risque génétique par rem, mais cela n'est pas évident.

A partir du tableau précédent et du tableau de l'article 105 il est possible de calculer le facteur de risque total (génétique + cancer) pris par la Commission pour faire son évaluation.

Pour chaque organe, si l'on divise son facteur de risque indiqué dans l'article qui l'explicite par le facteur w_T du tableau de l'article 105, on obtient le facteur de risque total pour l'irradiation uniforme du corps entier. D'après les données de la C.I.P.R., on trouve alors :

- pour les seins : $2,5 \cdot 10^{-5} / 0,15 = 1,67 \cdot 10^{-4}$
- pour la moelle : $2,0 \cdot 10^{-5} / 0,12 = 1,67 \cdot 10^{-4}$
- pour les poumons : $2,0 \cdot 10^{-5} / 0,12 = 1,67 \cdot 10^{-4}$
- pour la thyroïde : $0,5 \cdot 10^{-5} / 0,03 = 1,67 \cdot 10^{-4}$
- pour les os : $0,5 \cdot 10^{-5} / 0,03 = 1,67 \cdot 10^{-4}$
- pour le reste de
l'organisme : $0,5 \cdot 10^{-5} / 0,03 = 1,67 \cdot 10^{-4}$

Le facteur de risque pour l'irradiation uniforme du corps entier a donc été pris égal à $1,67 \cdot 10^{-4} / \text{rem}$.

En appliquant le coefficient w_T des gonades (0,25) à ce risque total, on peut trouver le risque moyen d'irradiation des gonades non explicité, mais cohérent avec l'estimation de la Commission :

$$1,67 \cdot 10^{-4} \times 0,25 = 0,42 \cdot 10^{-4} / \text{rem}.$$

Le facteur de pondération pris par la C.I.P.R. serait alors égal à $2 / 0,42 = 4,8$. Ce facteur est plus voisin de 5 que de 3, valeur suggérée par l'article 80.

Ceci ne permet cependant pas de lever le mystère du risque génétique pour le corps entier.

Le tableau de l'article 105 peut être complété en y ajoutant les risques gonades et ceux du corps entier. Ceci donne le tableau suivant :

Tissus	w_T (C.I.P.R.)	Risque global par rem
Gonades	0,25	$4,2 \cdot 10^{-5}$
Seins	0,15	$2,5 \cdot 10^{-5}$
Moelle rouge osseuse	0,12	$2 \cdot 10^{-5}$
Poumons	0,12	$2 \cdot 10^{-5}$
Thyroïde	0,03	$0,5 \cdot 10^{-5}$
Os	0,03	$0,5 \cdot 10^{-5}$
Reste de l'organisme	0,30	$5 \cdot 10^{-5}$
Corps entier	1	$1,67 \cdot 10^{-4}$

Le risque total du corps entier est égal à $1,67 \cdot 10^{-4}$ /rem. Le risque génétique est estimé à $0,42 \cdot 10^{-4}$ /rem et les risque cancérigène à $1,25 \cdot 10^{-4}$ /rem. C'est cette dernière valeur qu'il faut prendre lorsqu'on veut comparer l'estimation officielle avec les estimations déduites des études de mortalité par cancer parmi les travailleurs de l'industrie nucléaire.

Risques professionnels dans l'industrie nucléaire

Nous prendrons pour risque global la valeur implicite de la C.I.P.R.-26, $1,67 \cdot 10^{-4}$ /rem. Cette valeur est compatible avec l'expression "de l'ordre de" 10^{-4} /rem (article 60). Lorsqu'on l'applique à la dose maximale admissible de 5 rem/an, on trouve $8,35 \cdot 10^{-4}$ /an, ce qui n'est plus compatible avec le risque inférieur à 10^{-4} des industries à "haute sécurité" prises comme référence d'acceptabilité implicite.

Avec cette valeur du risque calculé à partir des données de la C.I.P.R., mais qui n'apparaît jamais explicitement dans la publication 26, on peut dire, dans un style voisin de celui de la Commission : "La Commission estime que l'industrie nucléaire est environ 10 fois plus dangereuse que l'industrie la plus sûre."

Pour retrouver la cohérence dont se targue la Commission, il faudrait diviser la D.M.A. (Dose Maximale Admissible) de 5 rem par un facteur 10. Pour y arriver sans rien modifier aux normes recommandées, la Commission introduit un concept nouveau, celui de "dose moyenne" pour l'ensemble du groupe professionnel. Elle constate qu'en appliquant une D.M.A. de 5 rem/an, ce groupe en moyenne ne reçoit pas plus de 0,5 rem (article 99). Ceci rétablit la cohérence des données numériques avec l'article 96. Le risque moyen de la profession nucléaire devient alors égal à $0,8 \cdot 10^{-4}$ ce qui est inférieur au 10^{-4} des professions à "haute sécurité".

Ces considérations appellent plusieurs remarques :

1. La dose moyenne du groupe professionnel n'est pas présentée comme une recommandation de la C.I.P.R. pour la fixation

d'une dose moyenne maximale admissible par les divers législateurs. Ce facteur 10 entre la D.M.A. individuelle et la dose moyenne professionnelle est pour la Commission une constatation. On peut supposer qu'elle fonde cette remarque sur une analyse des données numériques fournies par les exploitants des installations nucléaires. Cela ne semble pas le cas, car ces données montrent que le 0,5 rem moyen par an est déjà dépassé actuellement (1) et que certaines prévisions (2) indiquent que la dose moyenne pour les années futures sera encore plus forte.

2. Le critère d'acceptabilité adopté par la Commission, si l'on introduit ce concept de risque moyen, devrait être complété par une notion supplémentaire : le risque individuel des membres les plus exposés d'une industrie à "haute sécurité". Ceci n'est pas fait.
3. La notion de profession exposée au rayonnement n'est que vaguement définie par la Commission. Faut-il prendre dans une même catégorie l'ensemble de tous les travailleurs de l'industrie nucléaire indépendamment de la nature même de leur activité : mineurs de fond ou de surface ou personnel de l'industrie minière d'uranium), agents des centrales nucléaires (administratifs, agents de conduite, agents d'intervention en zone active) etc...

Par exemple : comment établir pour les mineurs de fond, dans le cas d'un minerai à très forte teneur en uranium, le critère qui déterminera la proportion du temps de travail au fond et en carrière à ciel ouvert ? Tiendra-t-on compte d'une D.M.A. moyenne de 0,5 rem pour ce groupe de travailleurs pris comme

un ensemble, ou bien faudrait-il les englober dans une population plus large incluant le personnel administratif de l'exploitation minière ? Dans ce dernier cas, il n'y aurait pas d'autre limite pour ce groupe que les 5 rem individuels.

4. Le critère d'acceptabilité défini par la C.I.P.R. part du principe suivant. Les travailleurs ou la population devraient accepter, sans qu'on ait besoin de les consulter, un risque inférieur à celui des industries les plus sûres ou des transports publics, risque accepté unanimement.

L'article 102 est en contradiction totale avec ce critère.

On peut y lire : "Cependant, si dans une profession déterminée, l'exposition envisagée pour les travailleurs devrait être telle qu'une fraction importante des travailleurs reçoive des équivalents de dose proches de la limite annuelle, l'exposition moyenne pourrait s'élever sensiblement au-dessus du dixième de la limite... Une exposition de longue durée d'une proportion importante des travailleurs aux limites d'équivalent de dose ou à des niveaux proches de celles-ci ne serait acceptable que si une analyse coût-avantages approfondie montrait que le risque plus élevé qui en résulte était justifié."

Ainsi le risque acceptable ne se justifie plus par le fait qu'il serait inférieur aux risques les plus faibles admis sans contestation par les travailleurs ou la population, mais par une "analyse coût-avantages" laissée aux exploitants et, par là même, pouvant donner lieu à contestation.

Signalons que cette notion d'analyse coût-avantages introduite dans les articles 72 à 76 visait pour une installation donnée à réduire essentiellement les risques professionnels en dessous des risques acceptables. On voit dans cet article 102 que la même notion est utilisée pour dépasser ce risque acceptable.

Le risque pour la thyroïde

Seule la mortalité étant prise en compte pour la thyroïde, le risque correspondant est pris égal au quart du risque de cancer. Un cancer de la thyroïde non suivi de mort n'est pas compté comme détriment

Doses maximales admissibles pour les organes.

La CIPR 26 a prévu une double limitation pour chaque organe. L'article 103 fixe "une limite d'équivalent de dose de 0,5 Sv(50 rem) par an pour tous les tissus sauf le cristallin", pour prévenir les effets non stochastiques. Les limites fixées pour maintenir les effets stochastiques dans un domaine "acceptable" se déduisent de la dose maximale admissible de 5 rem et des coefficients w_T du tableau de l'article 105. La dose maximale admissible pour chaque organe est la valeur la plus faible des deux limites, elle n'est à prendre en considération que dans le cas où cet organe seul est irradié. Pour tous les organes, sauf la thyroïde et les surfaces osseuses c'est la limite stochastique qui détermine la dose maximale admissible. Pour la thyroïde et les surfaces osseuses la dose maximale admissible est de 50 rem.

L'ensemble se résume dans le tableau suivant:

Tissus	w_T	Limite stochastique (rem)	Limite non stochastique (rem)	Dose maximale admissible du tissu (rem)
Gonades	0,25	20	50	20
Sein	0,15	33	50	33
Moelle osseuse rouge	0,12	42	50	42
Poumons	0,12	42	50	42
Thyroïde	0,03	167	50	50
Surfaces osseuses	0,03	167	50	50
Reste de l'organisme	0,30	17	50	17

L'article 36 justifie l'abandon de la notion d'organe critique par un souci de mieux tenir compte des risques individuels de chaque organe lors d'une irradiation globale. On aurait pu s'attendre à ce qu'un tel souci conduise à des normes plus strictes. La conséquence pratique est inverse, car elle conduit à un relèvement des doses organes par le truchement d'une nouvelle définition : 5 rem divisés par w_T .

Les doses maximales admissibles pour la population

L'application du facteur de risque de $1,67 \cdot 10^{-4}/\text{rem}$ à la D.M.A.-population (0,5 rem par an), donne un risque de $8,3 \cdot 10^{-5}$ ce qui est d'un ordre de grandeur, voire de deux, plus grand que le risque déclaré acceptable par la Commission (de 10^{-5} à 10^{-6} , article 118). Pour retrouver sa cohérence, elle doit, comme pour les travailleurs, introduire la notion de moyenne. Pour les travailleurs, il s'agissait d'une moyenne annuelle sur un ensemble de travailleurs, pour la population, il s'agit d'une moyenne dans le temps (articles 120 et 121). Le facteur 10 entre la dose maximale admissible de 0,5 rem/an appliquée aux individus ou à certains ensembles d'individus (groupes critiques) et la dose moyenne dans le temps, est présenté comme évident (article 120). Mais là encore, comme pour les travailleurs il n'est pas inclus dans les recommandations pour bâtir le système de limitation des doses. Une remarque cependant. Le calcul des Concentrations Maximales Admissibles (C.M.A.) pour les éléments radioactifs rejetés par les installations nucléaires se fait à l'aide de certains modèles pour le métabolisme de ces éléments et des doses organes maximales pour la population. Les dossiers d'installations nucléaires sont justifiés, du moins publiquement (dossiers pour les enquêtes d'utilité publique) par

le coefficient de sécurité pris pour les rejets en fonctionnement normal. Ce coefficient est le rapport entre les C.M.A. et les concentrations acceptées par suite des rejets ou le rapport entre la dose maximale de 0,5 rem/an et de la dose calculée à partir des rejets acceptés. On voit que le coefficient de sécurité ainsi défini est de 10 fois supérieur au coefficient de sécurité qu'on pourrait définir à partir de la logique de la C.I.P.R. qui implique 0,05 rem/an en moyenne dans le temps pour l'ensemble des individus.

Expliciter les risques comme le fait la publication 26 de la C.I.P.R. conduit inévitablement à supprimer la dose moyenne population de 0,17 rem/an (5 rem en 30 ans) des recommandations précédentes. Maintenir ce point reviendrait à accepter un risque au moins 3 fois supérieur au risque défini comme acceptable. La recommandation a donc été supprimée et remplacée par des considérations ne conduisant, pour les législateurs, à aucune obligation.

-
- (1) *LA RECOMMANDATION DE LA C.I.P.R. ET LES TRAVAILLEURS*, rapport présenté par le syndicat C.F.D.T. en mars 1979 à un séminaire de l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (Vienne), publié dans la Gazette Nucléaire 33/34 de mars-avril 1980.
- (2) *CARLO MACCIA* (Centre d'Etude sur l'Evaluation de la Protection dans le Domaine Nucléaire de Fontenay-aux-Roses), *IMPACT SANITAIRE DU PROGRAMME NUCLEAIRE FRANCAIS EN 1990*, proceedings du 5ème Congrès de l'I.R.P.A. (Jérusalem - mars 1980).