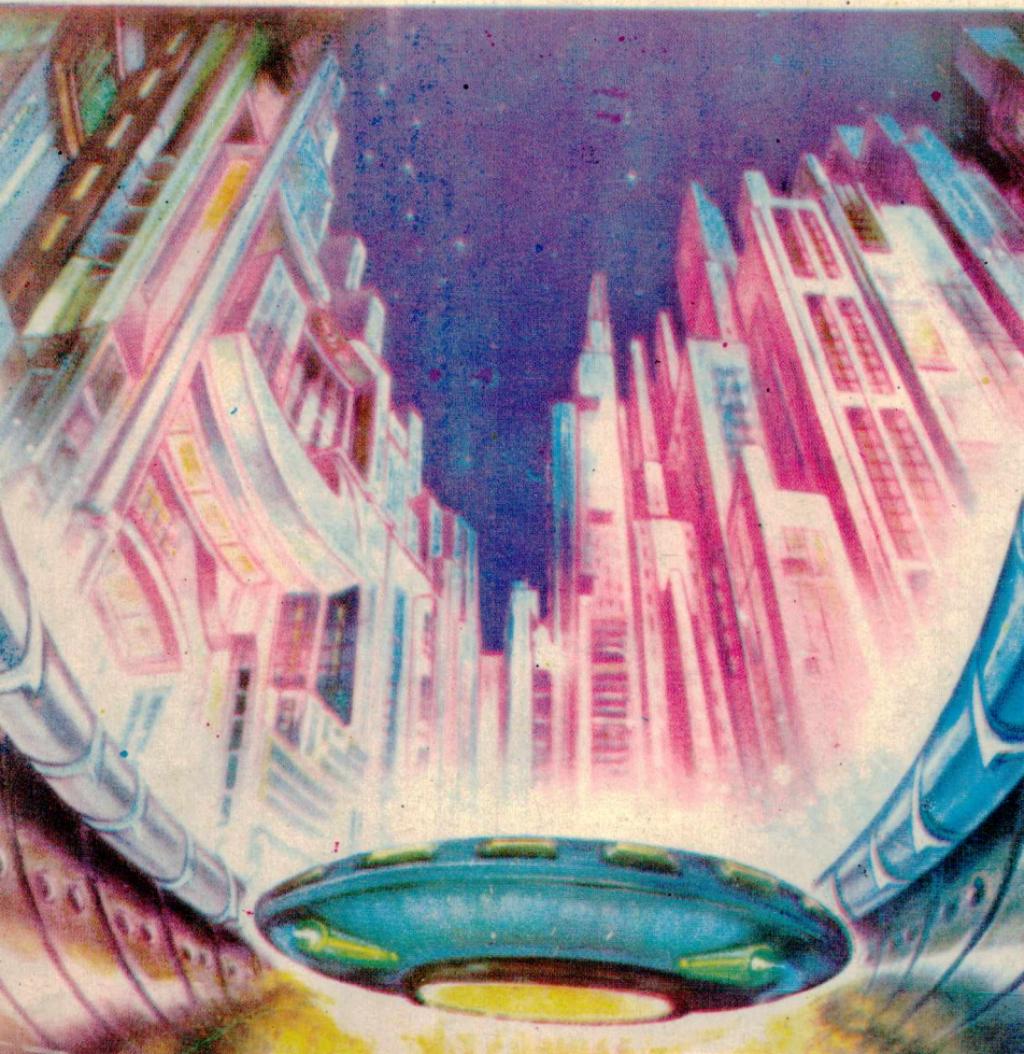


JACQUES BERGIER

PASSAPORTE PARA O FUTURO

EM VERDADE VOS DIGO, O QUE NÃO FOI SERÁ,
E NINGUÉM ESTARÁ AO ABRIGO.



PASSAPORTE PARA O FUTURO

JACQUES BERGIER

HA UM PAÍS DESCONHECIDO — E MISTERIOSO — PARA O QUAL TODOS NÓS ENCAMINHAMOS: O AMANHÃ.

NÓS NOS ENCONTRAMOS EM UM NAVIO QUE, A CADA GIRAR DE HÉLICE, NOS APROXIMA UM POUCO MAIS DESSE PAÍS, ENQUANTO O TEMPO SE ESCOA AO NOSSO REDOR.

PARA TODOS OS PAÍSES É EXIGIDO UM PASSAPORTE E PARA MUITOS, UM VISTO. PARA O FUTURO, ENTRETANTO, NAO SE IMPÕE NENHUMA FORMALIDADE. O CAMINHO É FÁCIL. PODE-SE CHEGAR AO FUTURO APENAS ADORMECENDO. MAS, QUE SERÁ O DESPERTAR NO DESCONHECIDO?

JÁ SE FOI O TEMPO EM QUE O AMANHÃ ERA UM SIMPLES PROSEGUIMENTO DAS FACEIS E CÁLDAS PLANÍCIES DE HOJE. O AMANHÃ É UM PAÍS IMPREVISÍVEL, DE RELEVO ACIDENTADO, DE PRECIPÍCIOS SOMBRIOS MAS TAMBÉM DE PÍNCAROS EXALTANTES. SERÁ PRECISO DECISÃO E RESISTÊNCIA PARA AÍ CAMINHAR, E INTELEGIÉNCIA, E SABER.

DAR UMA AJUDA, OFERECER UM VOCABULARIO ELEMENTAR, PROPOR UM MAPA ESQUEMÁTICO, FORNECER UM PASSAPORTE, SÃO OS OBJETIVOS DESTE LIVRO.



HEMUS

PASSAPORTE PARA O FUTURO

JACQUES BERGIER E
PIERRE DE LATIL

Nós podemos prever o futuro. O astrônomo que prediz um eclipse, o químico que sabe, antecipadamente, o resultado de uma reação, não sabem o que ainda está por acontecer?

Mas, poderemos prever *nossa* futuro?

Sim, com a condição de não pretendermos adivinhar o comportamento dos homens, de considerarmos apenas a evolução das sociedades, das idéias.

Sim, com a condição de não recorrermos a bolas de cristal, de não confiarmos em qualquer obscura intuição, de confiarmos apenas na razão.

Sem dúvida, sim. O amanhã pode ser deduzido do hoje.

Este livro pretende oferecer a cada um dos seus leitores, um passaporte para esse país desconhecido: o Amanhã, para o qual todos caminhamos. É uma introdução, um "guia" do futuro.

Não podendo, certamente, tudo saber, poderemos por isso admitir tudo ignorar?

O Amanhã não será insípido e parado como certas épocas nas quais a humanidade parecia estagnada. Ele apresentará formas e elevações, mas é preciso um esforço para percebê-las. Os autores deste livro o fizeram por nós. Não teremos mais do que acompanhá-los.

Quando olhamos para trás, tomamos consciência do óbvio: o hoje já existia no ontem. O que se desenvolveu sob nossos olhos, começara a nascer sob os olhos das gerações precedentes e já prefigura o que verão as gerações futuras.

Hoje é quase amanhã. Saberemos percebê-lo? O que importa é saber exatamente onde estamos hoje. Ou como conhecer nosso tempo conturbado ou perturbador. Como saber, quando há tanto a saber?

Jamais ciências e técnicas fermentaram tão violentamente e jamais em tantos recipientes estanques. O especialista de uma disciplina, pode nada saber de uma disciplina próxima. Pode parecer impossível uma visão de conjunto.

Jacques Bergier e Pierre de Latil fizeram, por nós, essa pesquisa no país do Hoje, para nos permitir pressentir o país do Amanhã.

A atualidade mais candente do progresso em marcha na atomística ou na eletrônica, na teoria, no laboratório ou na indústria, constitui a matéria deste livro, mas já decantada por espíritos críticos, colocada sob perspectivas elevadas por espíritos de visão ampla, que souberam apresentar os conhecimentos, para eles tão familiares, de modo acessível e apaixonante, ao leitor não versado em ciência.

Uma formidável epopéia, a do progresso humano, se desenrola sob nossos olhos. Mas não a sabemos ver. Poderemos vê-la? Podemos pelo menos, observar alguns de seus aspectos neste livro que prende como um romance, que tem a vivacidade de uma pesquisa jornalística, mas sempre sob o mais rigoroso controle científico.

JACQUES BERGIER
E
PIERRE DE LATIL

PASSAPORTE PARA O FUTURO

Tradução de
EDITH DE CARVALHO NEGRAES

HEMUS — LIVRARIA EDITORA LTDA.

PASSAPORTE PARA
O FUTURO

Jacques Bergier e Pierre de Latil

Do original francês:
VISA POUR DEMAIN

© Copyright by LIBRAIRIE GALLIMARD
Traduzido da 10.ª edição francesa

*Direitos para a língua portuguesa adquiridos pela
HEMUS — Livraria Editora Ltda.
que se reserva a propriedade desta publicação*

Capa:
Equipe Hemus

HEMUS — LIVRARIA EDITORA LTDA.
Rua da Glória, 314 — Tels.: 278-6872 e 279-0520
SÃO PAULO — BRASIL

Impresso no Brasil
Printed in Brazil

ÍNDICE

AMANHÃ	13
I NÃO ATIRE NOS PROFETAS	15
A ressaca do futuro. — Prever nem sempre é imaginar. — As antecipações de Wells não se concretizam. — O que deveria ter sido uma batalha aérea em 1950. — Imaginação técnica não é imaginação social. — Verdadeiros cientistas e falsos profetas. — O hoje existe no ontem. — A técnica está sempre a reboque. — Gargantas de estreitamento. — Os cientistas também podem ser cegos. — A cortina de chumbo. — Existe longe do laboratório, na oficina. — Do “efeito” à “inovação”. O Hoje nos deveria dar as chaves do Amanhã. — No limbo das invenções.	
II OS DOIS NOVOS PÓLOS DO MUNDO	37
O golpe de 2 de dezembro. — Cristóvão Colombo em 1942. — O sol de Tachkent. — Quase nos antípodas.	
III NO ENTANTO, NÃO EXISTE MAIS DO QUE UM MUNDO	45
Mercenários da ciência. — No clima do “Terceiro Homem”. — À história rocambolesca do “Relatório Sänger”. — Intercâmbio de bons técnicos.	
IV A ERA H	51
Mej Nad Saha: “O calor dissocia os átomos”. — Louis de Broglie: “Os projéteis também são ondas”. — Cockcroft e Walton: “Nós o provamos!” — Somos todos cegos? — A bomba H de hoje. — Como obter um milhão de graus? — O reinado do urânio terminou. — Por que o globo terrestre não é de prata? — O “equalizer”.	

V	UMA ESTRELA EM NOSSAS MÃOS	66
	Onde as estrelas se tornam anexos de nossos laboratórios. — A maravilhosa história da raia "H 21". — Uma nuvem não maior do que a mão. — O carbono alimenta as estrelas? — "Alta-mente improvável". — A central Sol. — O segredo dos Gigantes Vermelhos. — Microestrela. — Vitória ou mistificação? — Da energia nuclear diretamente à corrente do setor. — O milagre da multiplicação dos elétrons.	
VI	O ÁTOMO JÁ ESTAVA EM AÇÃO	80
	O apólogo da caverna. — O obus, o clarão e a fumaça. — Um tesouro enterrado. — O mercado das quatro estações. — A serviço da farmácia. — "Sob a luz fria". — Os mistérios do cristal. — Um toque da varinha de condão. — O mistério dos "15 tostões". — O raio nos ameaça por toda parte. — Para-raios miniatura. — O mais dissimulado dos perigos. — Aprendiz de feiticeiro.	
VII	OS CONQUISTADORES DO SOL	100
	Arquimedes conosco. — O forno solar de Mont Louis. — A célula miraculosa. — A pilha da companhia Bell. — Descrição de um milagre.	
VIII	EM DIREÇÃO AO AUTOMÓVEL E AO AVIÃO ELÉTRICOS	108
	Nada de motor atômico de bolso. — História de uma idéia. — A <i>Radio Corporation of America</i> intervém. — Outro milagre de um cristal. — Uma usina nos cristais.	
IX	SERÁ POSSÍVEL FABRICAR O OURO?	115
	O cimento misterioso. — Do primeiro meio de se fabricar ouro. — Do segundo meio de fazer ouro. — Do terceiro meio de fazer ouro. — O túnel miraculoso. — Mas, será o ouro que nos enriquecerá?	

X	DEPOIS DOS DESINTEGRADORES, OS CRIADORES DE ÁTOMOS	122
	O mais profundo mistério. — As fundas atômicas. — Os esforços da Europa. — Criar e não destruir a matéria. — Einstein ao inverso. — Perspectivas francesas.	
XI	O FIO DE GRAMA VENCE O CICLOTRON 131	
	A revolução da clorofila. — “Nós avançamos, mas em uma floresta cada vez mais espessa”. — A chave de ouro. — Os anti-hormônios vegetais.	
XII	E A ROCHA SE TRANSFORMOU EM AÇÚCAR 138	
	O espectro dos milagres. — “Acompanhemos o guia”. — Riquezas sem fim.	
XIII	O NOVO MANÁ 143	
	A síntese verde. — Fábrica de oxigênio. — A gênese de uma idéia. — Em uma salsicha gigante. — Na casa do dr. Hiroshi Tamiya. — O fim fome? — Volta à Bíblia.	
XIV	AS MÁQUINAS DE SABER 152	
	Saber que se sabe. — Dolorosos enganos da artilharia. — Estamos afogados em nossos conhecimentos. — S.O.S. Robôs! — Anatomia de um milagre. — A biblioteca nacional em nossa casa. — A pesquisa automática. — A máquina de encontrar as leis.	
XV	AS MÁQUINAS, NOSSOS ESCRAVOS 163	
	Existem robôs? — O mito do homem artificial. — Por que forma animal nos mecanismos animais? — Nada de magias eletrônicas. — É o homem que devemos rever, não sua máquina. — Temos mais escravos que os mais ricos romanos. — O reinado da roda dentada e do “programa”. — As fábricas sem homens.	

XVI CAMINHANDO PARA A MECANOGRAFIA 177

Reflexos mecânicos... — ...às previsões inteligentes. — Máquinas de prever. — A economia em equações? — Onde a arte de dirigir se torna ciência. — Máquina logísticas. — Pesar os prós e os contras. — As novas pítias. — O apólogo do coronel Swinton. — História dos homens que desejavam fumo e flores. — Onde a máquina se torna nossa consciência.

XVII NÓS MESMOS, POR DELEGAÇÃO 196

Mesmo ausentes podemos saber tudo. — O homem ficará na ociosidade. — O Hércules que sabe fazer um bolo. — Morrer pelos homens. — A Máquina de traduzir. — Nada existe de magia. — As máquinas de decifrar códigos. Jamais seremos reis ociosos.

XVIII SIM, O FUTURO NOS PERTENCE 211

Em verdade vos digo, o que não foi será,
e ninguém estará ao abrigo.

J. B. S. Haldane
Daedalus

AMANHÃ...

Há um país desconhecido — e misterioso — para o qual todos nos encaminhamos: o Amanhã.

Nós nos encontramos em um navio que, a cada girar de hélice, nos aproxima um pouco mais desse país, enquanto o tempo se escoa ao nosso redor.

Mas partimos de mãos nos bolsos, sem bagagem, sem ter tentado conhecer alguma coisa da terra que nos foi prometida. Daquele que se lançasse assim a uma viagem pelo espaço poder-se-ia dizer que era bem irrefletido e não poderia, de nenhum modo, aproveitar sua estada em outro mundo. De todos aqueles que se deixam levar pelas vagas do tempo sem jamais determinar o seu rumo, sem procurar saber para que costas estão sendo impelidos, dir-se-á que não sabem dirigir o seu barco?

Para todos os países é exigido um passaporte e para muitos, um visto. Para o Futuro, entretanto, não se impõe nenhuma formalidade. O caminho é fácil. Pode-se chegar ao futuro apenas adormecendo. Mas, que será o desconhecido?

O viajante sem bagagem, o imigrante que desconhece a língua, o homem distraído que esqueceu seus documentos, estarão bem preparados na luta pela vida, nesse país estranho?

Já se foi o tempo em que o Amanhã era um simples prosseguimento das fáceis e cálidas planícies de Hoje. O Amanhã é um país imprevisível, de relevo acidentado, de precipícios sombrios mas também de píncaros exaltantes. Será preciso decisão e resistência para aí caminhar, e inteligência, e saber.

Infelizmente, os mapas e guias para o Amanhã serão redigidos em língua que para muitos é estranha: a linguagem técnica e científica.

Desse modo, quase todos nós corremos o risco de “cair” de pára-quedas em um incompreensível Amanhã e nele nos perder.

Dar uma ajuda, oferecer um vocabulário elementar, propor um mapa esquemático, fornecer um passaporte, são esses os objetivos deste livro.

A viagem para o futuro, é, para cada um de nós, a grande aventura. Devemos pois estar equipados para não permitir que malogre essa aventura. Do contrário, falharemos em nossa vida.

Evidentemente, apenas os espíritos científicos poderão dominar plenamente a situação. Mas os outros não devem se fechar a todas as técnicas.

Este livro pretende dar a cada um os rudimentos das técnicas que serão, sem dúvida, vitoriosas no mundo de amanhã.

Os autores deste livro não pretendem ter feito essa viagem antes dos outros homens. Eles também embarcaram, no meio da multidão, no navio do tempo. Entretanto, armaram-se há muito tempo, para tentar prever, pacientemente, apaixonadamente.

Eles não professam nenhuma pré-ciência. Acreditam, entretanto, que a ciência e a técnica de hoje podem dar alguns elementos para previsões razoáveis. Na falta de uma geografia dessa fase incerta e de uma história do futuro que nenhum homem poderá jamais escrever, eles consideram que é possível divisar, na névoa, alguns marcos sólidos.

Oferecem este livro aos leitores como um passaporte que os impedirá de permanecer inteiramente estranhos quando o amanhã for hoje.

Um passaporte com indicações, muitas indicações em todas as páginas: uma delas será talvez o visto de que terão necessidade.

I

NÃO ATIRE NOS PROFETAS!

Vossos ídolos disseram mentiras negras e vossos profetas lançaram imprecações ao ar.

Livro de Isaías

O *Buck Rogers Planning Board* estava reunido no Pená-gono.

Chama-se assim, familiarmente, aos assessores de Eisenhower, a Comissão secreta que, no estado-maior dos Estados Unidos, estuda, com inteira independência de espírito, a guerra de amanhã: não seria Buck Rogers, o Arsène Lupin ou o Rouletabille da “ficção científica” norte-americana, mais exatamente, um herói de histórias em quadrinhos de antecipação? Não empregou ele, particularmente, desde 1925, verdadeiras bazucas contra os chineses?

— Li uma descrição de discos voadores de repulsão magnética — disse alguém.

A nova causou sensação. Com efeito, um engenho repelido pelo campo magnético terrestre não seria limitado pelo seu peso, e teria um rendimento extraordinário. Muitos espíritos admitiram a possibilidade de uma descoberta desse gênero que convulsionaria a aviação.

— Essa descrição, não importa quem a tenha lido. Ela se encontra muito simplesmente em *As viagens de Gulliver*.

Houve diversos risos.

— Não riem! protestou um coronel. No começo do século XVIII, quando não existiam senão pequenas lunetas astronômicas, Swift atribuiu, em um romance, dois satélites ao planeta Marte. Ora, vocês sabem, Marte possui exatamente dois satélites mas que só foram descobertos em 1877. Melhor ainda, as distâncias e os períodos de revolução indicados por

Swift, correspondem bastante sensivelmente à realidade astrológica: sete horas e trinta e nove minutos e trinta horas e dezoito minutos contra dez horas e vinte e uma hora e meia. Basta verificar que essas revoluções são excessivamente curtas para compreender a que ponto as concepções de Swift eram notáveis.

O coronel teria acrescentado outras realizações proféticas ao crédito de Swift, em particular as máquinas de calcular e de raciocinar, nessa mesma ilha voadora de Laput suspensa no espaço pela repulsão magnética. Ele poderia ter lembrado também que Voltaire, em seu *Micromegas* atribuiu, por sua vez, duas luas a Marte.

Talvez o tenha lembrado. Nós não estávamos escondidos sob a mesa. Apenas reproduzimos uma anedota que circulava nos corredores do Pentágono e que tem o mérito de pôr em evidência certas surpreendentes "invenções" dos romancistas...

A "Ressaca do Futuro"

Será o espírito humano capaz de previsões?

Nem é preciso recordar as extraordinárias inspirações técnicas de Júlio Verne. Mas sabe-se por acaso, que Rabelais sugeriu o fonógrafo? Que Hugo Gernsback, romancista e médico norte-americano, descreveu em *Ralph 124 C 41 +*, publicado em 1913, os grandes foguetes, o radar, a luz fluorescente, o eletrencefógrafo, a chuva artificial, as máquinas eletrônicas de traduzir, as mutações artificiais sob o efeito dos raios-X que, com a fabricação da penicilina, se tornaram uma realidade industrial?

Em 1895, um jovem escritor inglês, Matthew Philips, publicou um romance em que apresentava um bando de criminosos, verdadeiros monstros, que exterminavam famílias inteiras, em todo o mundo, sob a alegação exclusiva de serem elas de raça "impura", isto é, não nórdica. Essa associação secreta chamava-se Sociedade Esparta. Observem as iniciais e compreenderão o surpreendente, o espantoso, o inconcebível título da novela: *Os SS* (1).

Num dia de fevereiro de 1944, a polícia norte-americana invadia os escritórios da revista de previsões *Astounding Science Fiction*, no 122 East 42.^o Street, em Nova York. Agentes do FBI, do Intelligence Service e do Serviço de Segurança

(1) *Societé de Sparte*.

Atômica recentemente criado, interrogaram o redator-chefe, os redatores e os desenhistas.

Essa manifestação de força fora determinada por um fato bem simples: um colaborador havia descrito, pormenorizadamente, a bomba atômica no conto *Deadline*, no número anterior da revista!

Cuidadosa investigação demonstrou que nem o editor-chefe J. W. Campbell, nem o escritor, Cleve Cartmill, nem o ilustrador, Paul Orban (ao qual se perguntou se tinha visto Cartmill com envelopes marcados "última-secretos"), tinham praticado espionagem nas usinas atômicas cuja existência na época, só era conhecida de um punhado de homens. Somente a extraordinária capacidade criadora de um Cartmill era responsável: ele tinha, literalmente, "inventado", em sua narrativa, a bomba atômica. Como a proibição brutal da revista poderia chamar a atenção dos serviços secretos inimigos, o caso não teve consequências.

Tudo poderia levar a crer que o futuro é projetado antecipadamente em certas consciências. Tal como afirmou, a propósito dos romances de ficção científica, Stephen Spriel, um dos especialistas desse gênero literário, haveria uma "ressaca do futuro"...

Mas não se trataria exclusivamente de uma idéia de poeta?... Encarando as coisas com espírito realista, é-se obrigado a admitir que conservamos sobretudo as previsões que as circunstâncias vieram confirmar e rejeitamos a incerteza das invenções que já nascem mortas, as más profecias.

Do mesmo modo, por vezes nos sentimos atingidos até a angústia, quando um de nossos pensamentos vagabundos chega a se concretizar e nos vemos quase dispostos a acreditar em "premonições".

Um simples exemplo comprovará que se poderia encontrar nas profecias tantos malogros quantos bons êxitos.

Em 1917, o escritor norte-americano Victor Rousseau, em romance intitulado *Le Messie du Cylindre*, descreveu um mundo que gemia sob o "terror comunista" (as palavras são suas). No romance, um único país permanece fiel aos princípios cristãos. A... Rússia, que acaba por libertar o resto do globo graças às virtudes do povo russo que — afirmação do autor — "não pode ser corrompido pelas doutrinas marxistas".

Cabe ressaltar que esse livro foi publicado em 1917, no próprio mês da famosa "Revolução de Outubro", uma vez que o calendário gregoriano ainda era utilizado na Rússia.

Prever nem sempre é imaginar

O homem tem a curiosidade da predição, da antecipação. E não está errado, uma vez que aí se encontra o seu domínio intelectual. Nenhum animal é dotado de faculdades antecipadoras. Ou se, como em alguns mamíferos superiores, ele leva em conta, em seus atos, o futuro para o qual o conduzem esses atos, pode-se afirmar que ele é, a esse respeito, dotado de inteligência.

Não é, de nenhum modo, anticientífico prever, projetar o presente no futuro. Pode-se afirmar, ao contrário, que a ciência é a arte de prever os acontecimentos com uma margem mínima de incerteza. Quando um cientista empreende uma experiência, ele não faz mais do que especular com certa idéia que ele tem do futuro imediato: quando um mecânico faz funcionar uma máquina, ele acredita poder prever, com precisão bastante satisfatória, o modo pelo qual ela reagirá nos próximos segundos. A Matemática, tanto quanto a Fisiologia, a Física ou a Química, não fazem mais do que estabelecer regras que permitam prever aquilo que, segundo forte probabilidade, deverá se verificar em certas circunstâncias simples a princípio, mais complexas a seguir, à medida que se desenvolve a ciência.

Indigno de um espírito lógico, indigno portanto de nossa época, é dar fé às súbitas iluminações, é atribuir qualquer poder geral às coincidências entre os vaticínios e acontecimentos ulteriores, é, sobre tudo, dar a qualquer misteriosa faculdade profética uma base intuitiva, senão mística. Não! Predizer não é forçosamente vaticinar. Predizer é raciocinar.

Desse modo, seria possível escrever o livro de anteciação técnica desejado pelo leitor e pelos autores, sem sair, entretanto, do terreno científico, sem passar para a ficção.

Em nossa época, mais do que em qualquer outra, ardemos de ansiedade por adivinhar de que será feito o futuro. É que os acontecimentos se sucedem com rapidez. Em um mundo que se transforma de cima a baixo, a profecia audaciosa não terá sua concretização relegada a gerações ainda distantes: ela pode se realizar sob nossos olhos, em nossa vida; ela se torna, para cada um de nós, um caso pessoal. Simples conjectura do espírito ontem, a antecipação tende a nos dar hoje um meio de prever, e portanto de conduzir nossa própria existência.

Gostaríamos de poder apresentar, neste livro, um quadro do futuro que aguarda as gerações atuais, um quadro em que a

imaginação teria uma parte bem menor que a do rigoroso raciocínio.

Um livro desse tipo seria, entretanto, muito temerário, pois, se predizer é raciocinar e se o raciocínio é operação que pertence exclusivamente ao domínio lógico, seria preciso, entretanto, que se pudesse conhecer todos os dados do raciocínio.

Dispor de leis que, a partir de fatos, levem necessariamente a outros fatos, já é coisa aceita, ou pelo menos coisa concebível. Até mesmo nas ciências como a Economia ou a Meteorologia, o homem está forjando para si próprio essas chaves de ouro.

Outra coisa é poder discernir todos os elementos de um problema, absolutamente todos, mesmo aqueles que não intervirão senão ulteriormente.

Quando raciocinamos: "Sendo isto assim, sendo aquilo também assim, este fato deverá resultar", quando prevemos que o objeto que lançamos para o ar voltará a cair, não fazemos mais do que predizer o futuro. Mas, nós dominamos todas as bases dessa antecipação. Nossa clarividência poderia não ser insuficiente se, em um caso complexo, pudéssemos dominar todos os elementos. Mas, pretender dominar plenamente uma questão será sempre um anseio utópico. Eis porque a profecia jamais poderá ser uma ciência exata.

As “Antecipações” de Wells não se concretizam

O exemplo dos mais ou menos ilustres profetizadores é por vezes desencorajador: seus erros são flagrantes, por vezes até ridículos. Mais que de falsos materiais trata-se, freqüentemente, de erros de óptica.

O caso de Wells é particularmente significativo. No entanto, ele percebera nitidamente os dois aspectos de qualquer intento profético, porque no prefácio de sua obra “Antecipações”, em que deixa de lado a forma de romance, afirma sua vontade de “se entregar a uma série de pesquisas honestas e de considerações severamente coordenadas”. As pesquisas honestas correspondem à busca dos dados do problema; as considerações coordenadas às deduções que se deve tirar desses dados.

Essas profecias, publicadas em 1901, malogram sensivelmente nos tempos atuais. Ora, nós verificamos que são com freqüência grosseiramente falsas, pois que se revelam cegas a fatos que deveriam ter sido evidentes a qualquer observador

sagaz. Esse romancista, que tentou o ensaio, pecou por falta de realismo: não soube discernir a importância futura de certos acontecimentos que se concretizavam aos seus olhos.

Descrevendo longamente a guerra do futuro — uma vez que, inevitavelmente, quando se faz previsões, não se pode deixar de chegar à principal atividade dos seres humanos — Wells começa por prever, pormenorizadamente, o desenvolvimento de um... fuzil. Depois, passa às transformações da tática.

O general se manterá em uma “central telefônica” (nem uma palavra sobre o rádio) e, graças a “pistas transversais” poderá enviar, como reforço aos pontos ameaçados, “tropas em constante estado de alerta”. Mas, como transportar tropas móveis sobre estradas paralelas à linha de fogo?... De bicicletas!... Uma previsão, sem dúvida, sobretudo se ela ultrapassa um romancista, não deve carecer jamais de ousadia!...

E a aviação?... Wells lhe atribui um grande papel na guerra “futura”. Vejamos: “Nuvens de balões cativos serão os olhos da organização militar, olhos que têm, como nervo óptico, um telefone”.

“Os aeronautas, equipados com mapas do país inimigo, indicarão ao canhoneiro os pontos precisos para os quais voltar as suas peças. À noite, os balões vasculharão o país com seus holofotes elétricos e, postos em liberdade, plainarão, levados pelo vento, projetando para baixo uma luz ofuscante”.

Mas, quando surge imediatamente ao espírito a objeção da vulnerabilidade dessas aeronaves, brilhantemente iluminadas, sobrevoando o país inimigo, Wells a rejeita secamente:

“Quanto à possibilidade de atingir um balão em movimento, de destruí-lo por meio de um oportuno projétil, é, sem dúvida, uma das maiores dificuldades que um artilheiro jamais poderia imaginar.”

O romancista de “*A Guerra dos Mundos*” descrevendo a guerra terrestre, não recua diante de nenhuma audácia: ele imagina que os balões poderão se transformar em balões dirigíveis. Isso graças a um bastante obscuro sistema de “pequenos balões de volumes diversos, semelhantes à bexiga natatória dos peixes”.

E ele traça o quadro completo de um episódio da guerra aérea da qual, “escondido em sua casamata, será testemunha o atirador impotente de 1950”.

Uma data precisa: 1950. Que imprudência! Eis o que vai nos permitir aferir o sucesso das profecias de Wells...

O que deveria ter sido uma batalha aérea em 1950

Comecemos por lembrar que, infelizmente, sabemos com exatidão o que foi a guerra aérea de 1950. Que se pense na guerra da Coréia, nos combates entre os *Sabre* e os *Mig*, nesses pilotos que nem sequer tinham tempo para ver e identificar um avião inimigo, de decidir o ataque, de focalizar, corrigir a mira, atirar, e já o céu se mostrasse de novo inteiramente vazio.

Quando dois aviões-caça podem ter a velocidade de 2.200 km um em relação a outro, eles se aproximam mutuamente a 66 m por segundo. As elucubrações mentais, as ordens nervosas, sua execução muscular não eram bastante rápidas para o combate de 1950. E, nos anos seguintes, foi preciso equipar os aviões com colimadores automáticos visando o inimigo, modificando a própria linha do avião e determinando o disparo quando o alvo está na mira.

Tendo refrescado nossa memória, passemos a reler Wells:

"Em seu abrigo estão encolhidos dois soldados de infantaria, vigilantes, prontos a enfrentar o perigo, explorando o céu com os olhos. O vento é favorável ao inimigo, cujos balões cativos foram vistos durante toda a quente manhã, subindo e descendo. Um ruído se propaga através das trincheiras. Por trás de nossos atiradores, ergue-se o regimento aéreo. Os balões inimigos se agitam, recuam, descem, sob a chuva de projéteis que nós lhes lançamos. Depois, como nosso aerostato avança, surge uma das máquinas voadoras do inimigo. O vento a transporta para cima de nossas cabeças: ela está equipada, nas extremidades, com uma espécie de esporão de aço com lâminas cortantes, a arma mais importante desse engenho. No momento de atacar os balões, essa máquina de guerra se lança nos ares com a maior velocidade possível. A seguir, depois de uma rápida contração de seus reservatórios de gás, ela se precipitará como um raio sobre o aerostato inimigo. Num amplo vôo ela se abaterá, ágil e precisa, sobre a presa, e seus esporões rasgando as telas fará explodir o engenho visado. Tiro de fuzil serão disparados, cabos se distenderão e se romperão; ouvir-se-á gritos, ruídos de coisas se rasgando, explosões. Talvez um clarão de incêndio... sem dúvida, essas máquinas voadoras, na previsão de situações semelhantes, serão providas de pára-quedas desdobráveis e a última fase da maior parte dessas lutas apresentará o espetáculo de aeronautas tentando, pára-quedas nas mãos, um desesperado salto para chegar à terra sem morrer vitimados pelo choque nem ser esmagados pelos destroços dos seus próprios engenhos.

"Mas essa luta entre máquinas voadoras, novo combate de aves de rapina, será complicada pela troca de pequenos obuses e balas. Os engenhos subirão aos ares, a alturas fantásticas, até que um deles consiga se sobrepor ao outro, até que os aeronautas comecem a se sentir perturbados pela rarefação do ar ou que o sangue comece a lhes correr dos olhos e das unhas. De baixo, os atiradores, protegendo os olhos com as mãos em pala, esforçar-se-ão por assistir o duelo que desaparecerá pouco a pouco no zênite. Um dos adversários se aventurará loucamente acima do outro que, qual ave de rapina, cairá sobre ele; a artilharia cuspirá seus projéteis; eles se chocarão, se confundirão, se libertarão. Que aconteceu?... O mais atingido descerá, abalado, pendendo para um lado, com a metade dos reservatórios rasgados pelos esporões ou furados pelos projéteis do outro, que reiomará impulso para perseguí-lo... (1)

Quando Wells fez essa descrição, onze anos e quatro meses haviam decorrido após a experiência de Ader que voou à baixa altura. Os irmãos Wright fizeram seu primeiro vôo em 1903, no ano em que o livro foi publicado na França.

Essas observações poderiam desencorajar todos os nossos desejos de previsão: e uma evocação do ano 2 000 corre o risco de se cobrir de ridículo como a que foi feita em 1950 pelo mestre do gênero.

Pergunta-se se certos profetas da vontade científica ou da liberdade romanesca não conseguiram consideráveis êxitos por uma simples questão de probabilidade: eles previram tantas inovações que, nesse conjunto, algumas não poderiam ser confirmadas.

O "Checklist of fantastic Literature" de Bleiler e Dikty apresenta uma relação de dez a quinze mil romances ou novelas e ficção científica. Seria o diabo se os anos futuros não vissem, de tempos em tempos, a concretização de nenhuma dessas previsões.

Mas — e chegamos aqui ao ponto principal — todas as previsões bem sucedidas não vão nunca além de invenções técnicas. Ora, que resta de uma técnica se ela permanece exclusivamente no plano técnico, se não tem aplicação social?

(1) Não somos responsáveis pela mediocre tradução; é da edição francesa de 1903.

Imaginação técnica não é imaginação social

Que importa, por exemplo, que Júlio Verne tenha previsto o cinema sonoro se ele o imaginou apenas em um misterioso *Castelo dos Cárpatos*, nas mãos de um cientista meio louco?... Nenhum antecipador, ao que saibamos, profetizou o formidável fenômeno social em que, depois de vinte anos, se transformou o cinema. Ora, é isso o que importa para o homem: a influência que exercem sobre ele suas invenções e não a criação de um laboratório secreto.

O mesmo acontece com o rádio e com o automóvel, dos quais ninguém adivinhou o papel que iriam desempenhar em nossa vida. Apenas talvez a aviação tenha desencadeado a imaginação social e política tanto quanto técnica, daqueles que a profetizaram.

Wells acreditava nos automóveis. Em 1901, data de seu livro *Previsões*, isso não era difícil. Enxergando além dos engenhos "sacolejantes, convulsivos, grosseiros, pestilenciais", ele previu um tríplice desenvolvimento: caminhões para o tráfego pesado, "ônibus-automóveis" e carros particulares. Com grande acerto...

Quando os automóveis forem "capazes de um trajeto diário de mais de 500 km, não se terá — prossegue Wells — nada a mudar, *a não ser o motorista!*

Os engenheiros de então construíam o automóvel como uma carruagem na qual o motor substituía o cavalo. Wells cometeu o mesmo erro; ele não imaginava que o automóvel pudesse ser outra coisa senão "uma carruagem de senhor", que o automobilista pudesse dispensar o motorista. O homem seria então menos resistente que hoje? Seria impossível imaginá-lo permanecendo dez horas ao volante?...

Esse pormenor insignificante demonstra que Wells jamais supôs a importância humana e familiar do automóvel, que é um prolongamento do homem, que liberta toda a sua família da distância.

Esses automóveis do futuro não poderão ser embaraçados por carros mais lentos. E Wells prevê estradas para automóveis, pormenorizadamente descritas, com pistas de asfalto, largura, cruzamentos por "pontes superpostas". Com grande...

Mas ele predisse que essas vias seriam construídas da mesma forma que as vias férreas, afastadas das vias tradicionais: "Elas não servirão senão aos veículos com rodas de borrachas e não serão, assim, danificadas pelas ferraduras dos cavalos nem sujas pelos inevitáveis excrementos, nem marcadas

por sulcos abertos pelas enormes rodas de pesadas carretas". E insiste nas dificuldades que serão encontradas na construção dessa nova rede rodoviária. Wells previu, em particular, a oposição ativa das companhias ferroviárias. Mas não teve uma idéia: a de que todas as entradas poderiam se transformar segundo suas previsões, que os cavalos e seus excrementos desapareceriam, assim como as rodas de ferro e as carroagens.

Ainda um pequeno detalhe que nos revela uma visão inteiramente errônea do mundo atual. A propósito dos meios de locomoção, Wells escreveu: "No Japão, na Austrália, nos Estados Unidos, são numerosas as pessoas aptas a prosseguir em seu aperfeiçoamento, se o europeu renunciar à sua tarefa".

Os Estados Unidos foram colocados depois do Japão e da Austrália. O prodigioso desenvolvimento científico que domina nossa época já há um quarto de século, não foi sequer adivinhado em um momento em que seu destino — nós o compreendemos agora — já estava traçado.

Verdadeiros cientistas e falsos profetas

Se os romancistas falharam em seus jogos divinatórios, poder-se-ia esperar que os cientistas, na medida em que permanecem no domínio de sua própria ciência, conseguissem atingir mais vezes seu objetivo. Sem dúvida.

Mas algumas de suas falhas foram chocantes.

Ouçamos Lalande, ilustre astrônomo e matemático, criticar, em 1782, aqueles que já sonhavam com a aviação:

"Parece impossível, em todos os sentidos, que um homem possa se elevar, ou mesmo se manter no ar. Apenas um ignorante poderia se entregar a tentativas dessa ordem".

Heinrich Hertz, descobridor das ondas eletromagnéticas às quais deu nome e às quais, em nossos dias, o rádio deve tanta música e tanta tagarelice, escrevia a Marconi, o realizador das primeiras ligações sem fio: "Jamais se poderá utilizar as ondas eletromagnéticas para as comunicações à distância".

A fim de facilitar uma justa apreciação dos erros do espírito humano, essa carta foi posta em um quadro e se encontra em uma sala da Câmara de Comércio de Berlim.

Um grande matemático do século passado cujo nome não citaremos por respeito à sua memória, lamentava que os recentes progressos não deixassem nada mais a descobrir no domínio das Matemáticas. E isso num momento em que não se tinha ainda nenhuma idéia das geometrias não euclidianas, da topologia, dos números transfinitos...

Decididamente, o ofício de profeta é bem difícil.

Então, quando se recusa a evocar o futuro em simples romances, será preciso, por isso, renunciar a pretender adivinhar o que se fará amanhã? Será preciso fechar as portas a qualquer sonho científico?

O hoje existia no ontem

Aqueles que obtiveram êxito nas previsões eram engenheiros que conheciam bem o seu ofício, realistas, em contato com o concreto e raciocinando friamente.

Assim, o alemão Kurt von Lasswitz, os norte-americanos Hugo Gernsback, Robert Heilein, predisseram a eletrônica, os foguetes, a energia nuclear, a cibernetica e, de modo geral, o mundo em que vivemos.

É que sabiam ver o que se passava ao seu redor, e não estavam encerrados na teoria nem em uma técnica.

Se olharmos o mundo atual e procurarmos suas raízes nas gerações precedentes, descobriremos que quase todas as realizações características de nossa época, já se encontravam em embrião nas invenções ou em realizações de ontem.

Ter-se-ia podido há vinte, trinta ou cinquenta anos, prever a fisionomia de nossa civilização. Sim, teria sido possível... Mas ter-se-á sabido fazê-lo?...

Se é certo que as sementes que se desenvolvem aos nossos olhos já existiam, não estavam elas misturadas a milhares de outras que não germinaram, ou cujas plantas não floresceram? Como se poderia ter discernido os grãos fecundos na multidão de outros grãos?

O ontem anunciava o hoje. É fácil afirmar que o futuro se tornou o presente. Era muito mais difícil, para aqueles que viviam no turbilhão de sua época sem mesmo ter informações sobre o que se passava, ver o que se preparava na sombra.

Isso não impedia que, com um pouco de atenção, se tivesse podido ver surgir então as grandes promessas do amanhã.

Tomemos por exemplo a aviação. As revoluções atuais nesse domínio se encontravam em germe desde antes de 1914.

A França dos anos 1908-1912 foi teatro de uma prodigiosa atividade criadora.

O avião de Leduc, famoso mesmo antes de ser conhecido em toda a sua capacidade, se baseia no estatorreator, simples cano de escapamento de fogão onde queima um combustível. Uma vez atingidos 500 km por hora, os gases de combustão não podem se escapar senão pela parte de trás, pois o vento

da velocidade cria uma forte pressão na parte dianteira. Ora, o francês René Lorin havia proposto esse motor em 1908.

Um outro tipo de reator, também sem nenhuma peça móvel, mas capaz de permitir a decolagem de um avião, tem diante de si um grande futuro: o pulsorreator sem válvula que expulsa, em rápidos jatos intermitentes, os gases de combustão.

Ora, Marconnet, na França, também havia registrado esse reator em 1909: a forma da câmara de combustão era tal, que os gases eram expulsos pela parte de trás mais do que pela da frente.

Quanto ao pulsorreator de válvula, que não é mais do que o motor das sinistras bombas V¹, fora descrito em 1867 por Charles de Louvrié, sob o nome de "foguete dinâmico", no qual o inventor vê "o motor todo-poderoso do futuro".

Em 1910, o Salão da Aviação, de Paris, apresentava um avião... de propulsão a jato. Tratava-se do biplano do engenheiro Coanda, cujo gênio inventivo ainda hoje está muito longe de se ter esgotado. Nesse avião, a hélice fora substituída por uma turbina de alerta, encerrada em um tubo de onde os gases eram ejectados pela parte de trás: era a prefiguração do Caproni-Campini, o famoso avião sem hélice de 1939, que foi um precursor dos aviões atuais.

É certo que uma idéia não tem valor real senão na medida em que a técnica permite sua perfeita e fácil execução industrial. Ora, nenhuma dessas "idéias" anteriores à Primeira Guerra Mundial, podia ser imediatamente aplicada.

Os inventores estão sempre à frente dos técnicos. Uma patente, em geral, não pode ser explorada senão quando cai no domínio público. Por isso o papel do inventor é tão ingrato.

A técnica está sempre a reboque

Da própria aviação pode-se afirmar que teria existido muito antes dos primeiros anos deste século se a técnica houvesse permitido então, a construção de motores suficientemente leves.

Desde 1809, o inglês George Cayley tinha concebido uma máquina voadora que reunia as características essenciais do avião. A fórmula, para ele, era simples: "Estabelecer um plano superficial de um peso dado, animado de força capaz de vencer a resistência do ar". O aparelho teria tido um "volante oblíquo" (leia: hélice), lemes verticais e horizontais e um motor de explosão. Sim, um motor de explosão cujo princípio

acabava de ser patenteado na França por Nicéphore Niepce, o inventor da fotografia.

Mas, sem dúvida, o combustível empregado não igualava nossas gasolinas modernas: era o pó de licopódio, esse pó que se exala do cogumelo "ervilha de lobo" quando o esmagamos sob os pés e que já era utilizado nos teatros para provocar explosões ou incêndios sob controle!...

A caneta esferográfica foi inventada antes de 1900 pelo argentino Biro, mas não se sabia fabricar, então, pequenas esferas, perfeitamente redondas. A gravação em fio magnético, devida a Petersen e Poulsen, era uma das atrações científicas da Exposição de 1889, mas não se sabia, então, produzir fios magnéticos sobre os quais se pudesse gravar com fidelidade. Um motor de explosão, trabalhando com elevados índices de compressão fora construído por Diesel no começo do século. Mas os produtos antidetonantes que, misturados à gasolina poderiam permitir o seu emprego, só foram descobertos — e acidentalmente — vinte anos mais tarde.

O escafandro autônomo de Cousteau e Gagnan, que transforma em esporte a exploração submarina e revoluciona as relações do homem com o mar, data apenas da última guerra; mas ele retoma os princípios de um escafandro realizado por Denayrouze em 1876 que não fora bem sucedido porque, nessa época, a técnica da compressão dos gases em reservatórios não era ainda perfeita, acontecendo o mesmo com a técnica que teria permitido fazer máscaras de borracha estanques.

Existe sempre uma defasagem entre a descoberta e sua aplicação prática. O atraso de uma técnica paralisa as outras.

Gargantas de estreitamento

Assim, sob nossos olhos, a velocidade dos aviões é controlada por pesquisas no setor da metalurgia. Sabe-se muito bem que, em aparelhos mais rápidos, há necessidade de reatores mais potentes. Não se ignora também que, para aumentar a potência dos reatores o melhor e mais econômico dos processos é aumentar o seu rendimento. E, para esse fim, o meio é conhecido: elevar a temperatura dos gases de combustão à entrada da turbina.

Mas a metalurgia não pode fabricar, atualmente, turbinas que suportem mais de 800-850 graus C. Por todo o mundo procura-se febrilmente ligas de maior resistência térmica.

Na França a ONERA (Office National d'Études et de Recherches Aeronautiques) anunciou ter fabricado o "onéral"

que resiste a 1.000 e 1.100 graus C. Temos aí um aumento de velocidade em perspectiva. No entanto, o que se precisaria, realmente, era nos aproximar dos 2.000 graus C. da chama, já não ter necessidade de misturar ar fresco aos gases ardentes. Também com a esperança de chegar a isso trabalhava-se com materiais inteiramente novos, verdadeiras "ligas" de cerâmica e metal.

Um outro exemplo de progressos que são contidos por "uma garganta de estreitamento": a exploração dos territórios árticos. Na URSS como nos Estados Unidos essas regiões estavam na ordem do dia. De um lado como de ouro prepara-se a eventualidade de uma guerra polar. Foram resolvidos todos os problemas levantados pelo clima, salvo um: o dos lubrificantes.

Foram experimentados óleos sintéticos procedentes da condensação dos gases do petróleo; eles congelam sob os grandes frios. Tentou-se acrescentar-lhes sulfureto de molibdênio. Mas eles perdem, então, suas propriedades lubrificantes. Desejou-se encontrar na química do silício, produtos similares às graxas da química clássica do carbono; mas esses "silicones" que a princípio parecem excelentes, logo depois formam depósitos, como aliás todos os óleos ordinários. Apenas, esses depósitos, ao invés de serem carbonados são silicosos. O que equivale a lançar pó de esmeril nas juntas dos motores! Percebe-se os desgastes...

Assim, as grandes preocupações dos estados-maiores no plano científico não são os problemas da bomba "H", ou dos bombardeios teleguiados, mas questões de técnica muito mais comum: encontrar uma liga resistente a altas temperaturas e um lubrificante resistente aos grandes frios.

Os cientistas também podem ser cegos

Mas o atraso de uma técnica não é sempre o único responsável por todos os adiamentos observados na realização de uma invenção. A freqüente vontade dos teóricos de não permitir que sejam exploradas na prática suas descobertas também tem sua parte de responsabilidade nos atrasos que se verificam muitas vezes entre a primeira idéia e sua aplicação.

Já citamos o caso de Hertz que não acreditava nas ondas hertzianas. Poderíamos evocar também o de Branly que não acreditava no rádio. O de Rutherford é parecido: o primeiro físico a desintegrar um núcleo atômico não previu a utilização da energia nuclear. Milikan, que descobriu o elétron e mediu

sua carga, também não confiava nela. Manfred von Ardenne que, antes da guerra, com seus trabalhos sobre a reflexão das ondas lançou as bases do radar, escreveu que não se poderia detectar os aviões pelos seus ecos eletromagnéticos.

Simon Newcombe, responsável, no fim do século passado, por importantes progressos da aerodinâmica teórica, foi também responsável, em grande parte, pelo fracasso de um certo Langley que deveria ter sido o primeiro homem a voar.

Samuel Pierpoing Langley era um astrônomo norte-americano. Apoiado pelo *Smithsonian Institute*, ele construiu em 1896 um engenho de hélice, de quatro metros de envergadura impelido por um motor de apenas um cavalo. Ele o chamou... aeródromo. E não estava errado, pois seu aparelho deveria realmente correr nos ares, correspondendo assim à etimologia do seu nome. Essa "maquete volante" — como diríamos hoje — voou e muito bem.

O Congresso norte-americano concedeu cinqüenta mil dólares para experiências em grande escala. Mas, dois acidentes no momento da decolagem, destruíram o aparelho. Então, influenciado pelas afirmações teóricas de Newcombe, que rejeitava qualquer possibilidade de "o mais pesado que o ar" poder se elevar, ou, mais exatamente, que exigia dele potências fantásticas, todo mundo recusou novas subvenções a Langley que morreu logo depois, desencorajado, e até mesmo ridicularizado.

Mas foi a história de Lee de Forest a mais reveladora dessa desconfiança da ciência oficial em relação aos inovadores. Em 1913, De Forest inventou o tríodo. Controlando e comandando uma corrente de intensidade perceptível e mesmo normal, por uma microcorrente excessivamente estável para poder ser diretamente sensível a nossos aparelhos, ele possibilitou toda a eletrônica, hoje triunfante. Mas teve toda espécie de aborrecimentos com seus sócios que acabaram por persegui-lo. Foram nomeados peritos para determinar o valor da invenção. Ora, esses eminentes homens de ciência chegaram a conclusões negativas. E Lee de Forest foi condenado a vários anos de prisão... Exatamente o inverso dessas histórias exemplares que se encontram nos livros do curso primário.

A cortina de chumbo

Mas se esses fatos são evidentemente excepcionais, a marcha do progresso é também retardada por um outro fenômeno, desta vez inteiramente normal: a dificuldade, para um espírito inteiramente absorvido na pesquisa pura, de se voltar

para o concreto, de projetar suas descobertas no plano da prática.

De que modo, tendo por vezes trabalhado pacientemente, durante anos inteiros no isolamento de um laboratório, poderia um cientista imaginar, com audácia, as aplicações comerciais de uma obra essencialmente desinteressada?

Psicologicamente, ele não pode deixar de considerar qualquer repercussão de suas idéias sobre nossa vida quotidiana como uma audaciosa invenção romanesca. Assim, ele leva sua descoberta até as últimas consequências. E como seus trabalhos permanecem freqüentemente muito pouco conhecidos dos engenheiros, dos industriais e, ainda mais dos homens de negócios que poderiam integrá-las em nossa civilização, longos anos podem se escoar entre o momento em que nasce uma idéia e o momento em que, chegando finalmente ao amadurecimento, ela produz seus frutos entre nós. Essa é uma das principais causas do longo caminho subterrâneo em que o progresso parece se perder em imperceptíveis hesitações antes de ressurgir bruscamente à luz.

É o que o físico atomista e vulgarizador John W. Campbell chama de "a cortina de chumbo".

De modo muito mais direto, Maurice Nahmias, assistente do *College de France*, fala de uma "cegueira intensiva" que não deixa de ser "humilhante" para a ciência. Para ele só existe uma explicação para tal morosidade: "Nossa inteligência ainda está embrionária".

Longe do laboratório, na oficina

O caso começa, na maioria das vezes, com a descoberta daquilo a que se chama um "efeito" em Física pura. Assim, em 1892, Hertz observou o "efeito fotoelétrico".

Duas esferas metálicas, eletricamente carregadas, são afastadas uma da outra o suficiente para que não possa surgir uma faísca entre elas; mas se as iluminamos com uma faísca elétrica vizinha, a descarga se verifica. Essa a origem do cinema sonoro e da televisão.

Hertz percebera muito bem que a faísca vizinha arrebatava elétrons das esferas metálicas. Mas não compreendia porque ele não conseguia desencadear a descarga através de uma outra fonte luminosa, fosse qual fosse sua intensidade. Hoje nós o sabemos. É porque a faísca elétrica contém numerosos raios-ultravioleta. E se o sabemos é graças a Einstein que, em 1905, comprehendeu o fenômeno. Com efeito, ele demonstrou que a

luz era constituída de grãos, os fótons, e que esses fótons deviam encerrar considerável energia para serem capazes de arrancar elétrons de um metal. Só por si, os raios-ultravioleta, raios mais "duros" que a luz visível, possuem energia bastante para modificar os metais de que ele dispunha então. Estava-se pois diante de um novo "efeito": sob certas radiações próximas das radiações visíveis, um metal perde eletricidade que pode ser retomada por uma outra massa metálica próxima.

Mas foi preciso esperar a aplicação prática desse "efeito" até 1927, data em que, na Alemanha, a Sociedade Siemens construiu a primeira célula fotoelétrica verdadeiramente satisfatória. O metal utilizado foi o césio, em uma atmosfera inerte de argônio; ele deixa que seus elétrons sejam subtraídos por todas as radiações visíveis, mesmo pelos primeiros raios-infra-vermelhos: a célula de césio envia, através do argônio, uma corrente elétrica rigorosamente proporcional à intensidade da luz que o atinge.

Então, em 1930, uma outra sociedade alemã, a Tobis, teve a idéia de aplicar a célula fotoelétrica ao cinema sonoro: o som era transformado em corrente por um microfone; a corrente que o refletia, transformada em luz por uma lâmpada; a luz impressionava um filme fotográfico no qual o som era assim posto "em conserva". Para a projeção, o processo se desenrolava em sentido inverso, da imagem fotográfica ao som, graças a uma célula de césio que, sensível às variações da luz projetada sobre ela através do filme, produzia uma corrente que bastava ampliar para fazer vibrar uma membrana do mais potente alto-falante.

Do "efeito" à "inovação"

Nesse exemplo do cinema sonoro percebe-se bem a corrente: descoberta de um "efeito" no laboratório, explicação progressiva do seu mecanismo profundo, invenção de um dispositivo prático no qual o efeito desempenha um papel e, finalmente, a aplicação da invenção.

É preciso não confundir a invenção com sua aplicação, a qual pode tardar muito tempo. Para bem marcar essa diferença, a fundação do *Massachusetts Institute of Technology* (M.I.T.), que estuda as interações entre a ciência e a indústria, emprega correntemente a palavra *inovação*. Uma "inovação" é a aplicação prática, em escala industrial, de uma invenção de laboratório. O termo é excelente. E será muitas vezes empregado neste livro.

Do “efeito” à “inovação”, pode-se encontrar, quase por toda parte, o mesmo encadeamento. Assim, desde o começo do século XIX, o famoso físico inglês Humphrey Davy, fez uma observação surpreendente: quando se dissolve na água o “sal voláil” que serve para reanimar as belas damas desmaiadas, isto é, cloreto de amônio, a água se resfria.

Mas foi apenas em 1925 que os primeiros refrigeradores domésticos de absorção foram lançados no mercado norte-americano: inovação.

Seria inútil procurar quem “inventou” um aparelho. A inovação é o coroamento de uma longa série de descobertas teóricas de invenções práticas. Por acaso perguntamos quem seria, na árvore genealógica de nossos antepassados, aquele que é mais “antepassado” do que os outros? Não nasce um acontecimento de todo um conjunto de fatores dos quais nenhum é mais “causa” do que os outros?

Uma coisa é certa: o inventor não é jamais o ramancista que, pela magia da imaginação, suscita um progresso no universo do seu livro. Este simplesmente manifestou um desejo mais ou menos confuso da humanidade, o que em nada diminui, por outro lado, seu papel social.

Em todos os laboratórios, o mais insignificante “auxiliar” sabia que, quando uma garrafa contendo cola espessa cai ao solo, o vidro se trinca, mas não se quebra. Os próprios cientistas não ignoravam que esse líquido viscoso era um “colóide”; mas nem por isso seu conhecimento teórico, ou a experiência prática dos auxiliares, levou a pensar na utilização industrial desse “efeito”.

Foi apenas por volta de 1925 que nasceu o “vidro triplex”, a partir da seguinte idéia muito simples: unir três chapas de vidro por meio de duas camadas de cola transparente.

A história da penicilina também é bastante conhecida: foi em 1929 que Sir Alexandre Fleming, biólogo inglês, a descobriu, mas apenas durante a guerra começou-se a utilizá-la. Quinze anos para passar do laboratório de um biólogo à clientela dos médicos!

No entanto, são mal conhecidas as razões dessa longa defasagem. Acredita-se, em geral, que a descoberta do precursor foi esquecida antes de ser “redescoberta” sob a pressão das circunstâncias. Não! Os anos da década de 30 não foram perdidos para a penicilina. Fleming tinha percebido muito bem as possibilidades daquilo que ele já batizara de “penicilina” para que seus trabalhos pudessem ser “enterrados”. Mas depois da descoberta, eram necessários a confirmação, a concentração

da substância, sua purificação, o estudo do efeito máximo e, finalmente, a experimentação no ser humano.

As coisas seguiram o curso normal. No começo de guerra, a questão já estava bem avançada. Mas então, procurava-se por todos os meios tornar assépticos os ferimentos de guerra; e, naturalmente, os trabalhos sobre a penicilina foram desenvolvidos a fundo.

A história da penicilina não permite, portanto, nenhum lugar à falta de atenção ou à negligência. Reflete o desenvolvimento normal de uma descoberta científica no quadro da organização tradicional das pesquisas — ou antes de sua inorganização.

Para passar do efeito à inovação, o prazo é, em média, de uma geração. Assim, quase tudo que nos pareceu revolução, não era mais do que o surgimento de descobertas que já há vinte ou trinta anos eram conhecidas dos especialistas.

Do mesmo modo, é evidente que a fisionomia de nosso amanhã se prepara em nosso hoje. Mas é nos laboratórios, isto é, na ciência, que é preciso buscar o que será a indústria, ou seja, a civilização.

Por vezes, uma guerra vem acelerar o processo. Assim, a aviação fez rápidos progressos durante os dois conflitos mundiais. A bomba atômica de urânio explodiu apenas sete anos depois da descoberta de Hahn e de Strassmann sobre a fissão desse metal. No entanto, era difícil prever, em 1938, que uma desintegração atômica seria realizada tão depressa e em tão grande escala: a guerra alterou todos os projetos de futuro (1).

Não se pode, portanto, esperar entrever o amanhã, na "bola de cristal" de hoje, senão admitindo que não haverá uma nova guerra. Mas, todos nós sabemos disso, não é?

O hoje deveria nos dar as chaves do amanhã

Sob reserva de circunstâncias imprevistas, deverá ser possível fazer uma idéia do mundo que a maior parte de nós poderá ver.

Os autores deste livro tomarão cuidado em nada prever. Mas procurarão fazer ver o que pode servir de base a essas previsões.

(1) Frédéric Joliot-Curie, que recebeu o Prêmio Nobel em 1936, previu, entretanto, a realização a curto prazo de reações nucleares em cadeia, libertando grandes quantidades de energia.

Para fazer um balanço dos germes científicos que prometem desenvolvimentos industriais, é preciso, sem dúvida, atuar como engenheiro voltado para as aplicações práticas, mas também como jornalista, acostumado a essa curiosidade organizada que é uma pesquisa. Eis porque, reunindo essas duas orientações do espírito, eles ousam enfrentar o difícil inventário de atividades ao mesmo tempo excessivamente numerosas e, freqüentemente, exageradamente secretas.

Nos elementos que pretendemos apresentar, cada um poderá ver simples alimentos para sua cultura de homem que deseja saber viver o seu tempo; mas cada um poderá também transformá-los na base de raciocínios mais ou menos audaciosos.

Essas previsões, entretanto, não tentaremos fazê-las, limitando nosso papel a lhes fornecer sólidos pontos de partida.

Desse modo, nós nos permitiremos dar, aos candidatos a Nostradamus, conselhos de prudência, mostrando-lhes que diversos fatores podem vir a perturbar o processo de evolução lógica de um "efeito" a uma "inovação".

É preciso, antes de mais nada, considerar que as inovações devem corresponder a necessidades reais da sociedade. Mais exatamente, elas nascem da conjunção de uma necessidade prática e de uma descoberta teórica. Se o germe de um fato concreto não pode fecundar um desejo humano, nada acontece; da mesma forma, evidentemente, se esse desejo, embora freqüentemente formulado por escritores, não encontra o fato que o torna possível.

Vê-se, portanto, que a inovação nasce de uma verdadeira fecundação de dois elementos bem dissemelhantes: uma necessidade e uma possibilidade. Uma não é nada sem a outra. O romancista que apresentou um sonho aos seus contemporâneos não é o promotor do progresso mais do que o cientista que, concretamente, sem considerar as aplicações possíveis, estudou um efeito de laboratório. Daí as eternas discussões sobre a paternidade desta ou daquela invenção. Lembremos que são necessários dois elementos para que advenha um progresso e não levantemos a questão de saber qual, um ou outro desses pólos sexuais, é mais necessário ao nascimento desse progresso.

O contador Geiger chegou cedo demais em um mundo excessivamente novo: quem, em 1911, poderia necessitar dele? E como se poderia pensar que, nos Estados Unidos, ele seria um dia vulgarizado a ponto de ser vendido como um brinquedo?

Da mesma forma a hipergonar, a objetiva panorâmica do professor Chrétien e de Bernard Deschamps, inventada em 1929, permaneceu uma curiosidade de laboratório até o mo-

mento em que foi criada uma necessidade social: ante a concorrência vitoriosa da televisão, os diretores do cinema norte-americano compreenderam que eles deviam apresentar alguma inovação, modificar as telas clássicas do cinema que tinham agora seu equivalente a domicílio, nas televisões. Então, em 1912, uma velha invenção foi bruscamente transformada em inovação.

Quanto às matérias plásticas, o tempo em que permaneceram adormecidas ultrapassou um século. Todos acreditam que a primeira matéria plástica inventada foi a celulóide, criada pelo impressor e químico amador John Wesley Hyatt quando, em 1868, tentou ganhar — e ganhou — o prêmio de dez mil dólares oferecido àquele que conseguisse fabricar um sucedâneo adequado ao marfim para bolas de bilhar. Essa invenção foi rapidamente industrializada (1875). Mas a do acetato de celulose, em 1869, pelo francês Schützenberger, teve de esperar até 1903 para chegar a essa fase. A invenção, em 1909, da baquelite — assim chamada do nome de seu criador o norte-americano de origem flamenga Leo Hendrick Baekeland — também atingiu imediatamente o mercado. Cabe lembrar que Baekeland que já havia com o "Velox" fabricado o primeiro papel fotográfico impressionável à luz artificial, e o tinha vendido por um milhão de dólares à Kodak, era um homem de ação tanto quanto de laboratório.

A seguir, as novas matérias plásticas se multiplicaram e são tantas que podemos nos perder entre elas.

Uma coisa parece certa nessa confusão de patentes e processos: os poliésteres, surgidos apenas no fim da última guerra, foram os últimos. Muito duros, brilhantes, transparentes — se é que se pode dizer assim — à luz; sempre transparentes às microondas de rádio, já utilizados para as carrocerias de automóveis, destinados à construção de aviões que serão atravessados, sem reflexão, pelas ondas dos radares inimigos, merecem verdadeira consagração. Ora, essas últimas conquistas industriais foram as primeiras matérias plásticas de síntese — desde que excetuemos os derivados da caseína.

Foi, com efeito, em 1831, que o grande químico sueco Berzélius descobriu os poliésteres. Mas os automóveis, os aviões, os aparelhos domésticos em que essas matérias encontrarão o seu triunfo, não existiam nessa época. As necessidades sociais a satisfazer, ainda não tinham surgido e o trabalho de Berzélius não podia senão permanecer teórico.

No limbo das invenções

Algumas vezes a descoberta se verifica quando as necessidades sociais a que deveria ter satisfeito estão prestes a se extinguir. Assim, não há, jamais haverá inovação.

Desse modo, quando o físico alemão Nernst criou uma sensacional "camisinha" para lâmpadas de querosene, que dava uma luz branca e intensa, sem fumaça, o reinado das lâmpadas a querosene acabava de desaparecer...

Do mesmo modo, quando as ilhas flutuantes destinadas a servir de relé nas rotas aéreas do Atlântico estavam prestes a ser realizadas, a autonomia de vôo dos aviões aumentou a tal ponto que a travessia direta se tornava turisticamente possível.

Também, quando se estava a ponto de fazer progressos decisivos no que concerne às pontas de lápis, substituindo a clássica grafita por uma composição de negro de fumo e resina sintética, surgiu a caneta esferográfica que tornou inútil esse desenvolvimento.

Encaremos o futuro procurando prever que acidentes desse gênero poderiam fazer malograr o destino das invenções hoje em elaboração. Um exemplo nos vem facilmente ao espírito... Imaginemos que são construídos, no futuro, os acumuladores leves para cuja elaboração tanto se trabalhou, mas que é preciso procurar em direções inteiramente novas. Os automóveis, as locomotivas talvez, e os navios poderiam não dispor ainda de outra forma de propulsão senão a elétrica. Todos os progressos em gestação nos motores a explosão ou a vapor estariam mortos antes de nascer e a própria energia atômica veria se modificar inteiramente o curso do seu futuro.

Em uma civilização, sobretudo tão complexa como a nossa, nada se desenvolve em comportamento estanque. Todo processo pode ser influenciado, invertido, interrompido ou acelerado pelos acontecimentos, em princípio, independentes dele.

Essas interações de um progresso sobre outros progressos e, sobre todos eles, de circunstâncias fortuitas como as guerras, podem deitar por terra previsões que sem isso seriam estritamente lógicas e, portanto, prováveis.

Sim, o amanhã está contido no hoje. Mas o amanhã que se forma sob nossos olhos pode, em sua fase embrionária, evoluir antes de nascer.

II

OS DOIS NOVOS PÓLOS DO MUNDO

As jornadas históricas não se manifestam sempre ruidosamente.

No dia 2 de dezembro de 1942, a atenção do mundo estava voltada para as batalhas de Stalingrado, para a guerra da Tunísia, para a derrota dos norte-americanos nas Filipinas e na Indonésia.

E se o público tivesse sabido qualquer coisa das intrigas de Argel que se seguiram ao desembarque norte-americano e precederam o assassinio de Darlan, ter-se-ia apaixonado por essa história rocambolesca.

Tivemos a curiosidade de procurar um jornal de 3 de dezembro de 1942. Vejamos quais eram, nesse dia, as principais manchetes do *Matin*: *O Duce faz o balanço de trinta meses de guerra. Pronuncia magistral acusação a Churchill: "Se tirarmos ao inglês o seu smoking, nada resta senão o bárbaro que César subjugou". Passando ao contra-ataque, as forças do Eixo expulsam o inimigo de várias cidades da Tunísia — Bombardeio de Bône e de Argel.*

O golpe de 2 de dezembro

Nesse 2 de dezembro, em Chicago, numa quadra de voleibol, abaixo do terreno de esporte da Universidade de Chicago, cerca de trinta homens cercam um estranho objeto, com um vago aspecto de colmeia gigante, quadrado na parte inferior, redondo na de cima.

Uma capa de balão, cinzento, envolvia o objeto. Ela fora especialmente construída, no maior sigilo, pela Sociedade Goodrich, cujos técnicos se haviam perguntado, com surpresa, por que diabo as Forças Armadas norte-americanas tinham necessidade de um balão em forma de paralelepípedo.

Um poderoso vácuo fora feito nesse envoltório que aderia estreitamente à forma do objeto. Mas, nem assim, podia-se perceber do que se tratava. E mesmo que, apesar dos homens armados que montavam guarda nas proximidades, um espião tivesse estado lá, e mesmo que tivesse visto a coisa descoberta, não teria conseguido compreendê-la: sobre uma armação de madeira, uma pilha de tijolos negros.

Esses tijolos, de pura grafita tinham a tarefa única nesse dia, de fornecer pontas para os lápis e escovas para dinamos.

"Para que serviria tal coisa?" — perguntaria o espião, se não fosse um físico rigorosamente especializado em atomística.

E como poderia ele saber que alguns desses tijolos estavam cheios de fragmentos de um metal cristalino, escuro, de um metal praticamente desconhecido (1).

Como poderia saber o que pretendiam conseguir esses homens profundamente emocionados? Eles desejavam elevar a um valor um pouco superior a 1, certo coeficiente "K" também chamado "fator de multiplicação".

Sob o impacto dos nêutrons livres (e por toda parte se encontram nêutrons em liberdade, produzidos, em particular, pelos raios cósmicos), átomos de urânio podem sempre explodir, libertando outros nêutrons que, por sua vez, podem se chocar com outros átomos de urânio que explodirão por sua vez.

Se os átomos são numerosos e próximos uns dos outros, serão grandes as probabilidades de ocorrerem explosões "secundárias". Assim, cem nêutrons poderão dar, na "geração" seguinte, cento e cinqüenta ou duzentos nêutrons que, por sua vez, se multiplicarão. Afirma-se então que "K" é igual a 1,5 ou a 2.

(1) Pode parecer estranho que o urânio descoberto por Klaproth em 1789 fosse ainda desconhecido, sob a forma de metal, em 1942.

No entanto, essa era a verdade. O químico francês Péligot tinha, é certo, isolado o metal em 1841, mas em quantidade muito pequena.

Um fato demonstra a que ponto o urânio, até então negligenciado, tanto pelos químicos quanto pelos industriais, era desconhecido antes da guerra. O ponto de fusão desse metal, determinado nos laboratórios da Westinghouse, foi durante muito tempo considerado um segredo militar.

Trata-se da "reação em cadeia". Se K for inferior a 1, é que cem nêutrons primários dão um número inferior de nêutrons secundários e a reação se extingue antes de nascer.

Para compreender esse famoso "K", não é preciso mais do que pensar em populações humanas: se cada uma de suas gerações é mais numerosa que a precedente, uma nação verá seu potencial humano aumentar ininterruptamente. Em caso contrário, ela estará destinada à extinção.

O que se procurava nessa pilha, era obter K exatamente um pouco superior a 1, de modo que reações nucleares possam nela se manter sem, por isso, evoluir de modo explosivo.

Numerosas experiências haviam demonstrado de que modo K aumentava quando eram aumentadas as dimensões da pilha.

Em setembro de 1941, havia-se obtido $K = 0,87$. Desta vez, com o urânio mais puro (no qual as impurezas não absorviam bastante nêutrons), esperava-se ultrapassar o fatídico limiar a partir do qual as reações nucleares deveriam manter-se por si mesmas.

Em resumo, o que se pretendia, era acender um fogo atômico que, lentamente, ininterruptamente, ardesse como o fogo químico em uma "meda" na qual os lenhadores preparam carvão.

Desse modo, pretendia-se evitar, naturalmente, que o incêndio se declarasse, que ele se estendesse a toda a floresta: era preciso, portanto, prever extintores de incêndio prontos a dominar o fogo da matéria.

O cádmio tem a propriedade de absorver todos os nêutrons. Colocou-se então barras desse metal que poderiam ser imediatamente introduzidas em túneis escavados em diversos pontos da pilha. Assim que a reação em cadeia ameaçasse se avolumar, as barras de cádmio poderiam ser introduzidas e absorver nêutrons em quantidade suficiente.

Cristóvão Colombo em 1942

A entrada do estádio, policiais haviam revistado todo mundo. Mas o físico Eugène Wigner conseguiu, entretanto, dissimular uma garrafa de Chianti e copos de papel para o caso de a experiência ser bem sucedida.

Em torno do balão cúbico havia homens de todos os países: o italiano Fermi, os húngaros Szilard e Wigner, os norte-americanos Compton, Anderson, Hilberry, o canadense Zinn.

Todos não tinham mais do que um pensamento: iria, a energia nuclear, pela primeira vez ser libertada à vontade pelo homem?

Albert Einstein, cuja intervenção junto ao presidente Roosevelt permitira esse empreendimento essencial, esperava com impaciência notícias sobre os resultados, na silenciosa paz da Universidade de Princeton.

Niels Bohr, que fora o primeiro a compreender o segredo da estrutura atômica, estava ainda em Copenhague. Mas ele sabia que, conforme os resultados de certas experiências em curso, ele seria ajudado a fugir da Dinamarca.

Uma pequena sacada dominava, da altura de três metros, a quadra de voleibol. Os grandes tenores aí se instalaram junto dos instrumentos de medição e do painel de comando.

Um tríplice jogo de barras de cádmio impedia, no momento, o funcionamento da pilha, algumas comandadas diretamente da sacada; outra, chamada Zip, podia ser retirada por meio de uma simples corda; finalmente, a última, deveria ser retirada, à mão, exatamente até o ponto necessário para que a reação se desencadeasse e se mantivesse.

Além disso, três físicos estavam encarregados de um "controle líquido" de emergência: sobre uma plataforma dominando a pilha, eles estavam prontos a afogá-la em uma solução de sal de cádmio.

Às nove horas e quarenta e cinco, as barras automáticas foram retiradas. Os contadores Geiger puseram-se a crepituar. O registrador de atividade neutrônica começou a traçar sua curva.

Às 10 horas Fermi comanda: "Fora o Zip!" E Zinn puxou o Zip. Depois prendeu a corda à sacada onde Hilberry permaneceria com um machado à mão, pronto a cortar essa corda em caso de alerta.

Às dez horas e trinta e sete: "Tire treze pés da barra, George!" E George Weil retira a última barra de três metros e vinte e cinco. Às onze horas ela é tirada ainda um pouco mais do seu túnel. O ruído dos computadores e a curva neutrônica continuam a se elevar. O momento se aproxima.

Então Fermi, para verificar tudo, determina que todas as barras e tudo se detém. Depois a reação é de novo desencadeada. Mas, inesperadamente, com um grande ruído, as barras automáticas recaem sobre a pilha: o sistema de segurança que deveria funcionar em caso de perigo fora regulado muito baixo.

Nesse ponto todo mundo vai almoçar. Às quatorze horas e vinte, a experiência recomeça. Às quatorze horas e cinquenta,

a última barra ultrapassa o recorde precedente. Os contadores se aceleram.

— Mais seis polegadas — determina Fermi às quinze horas e vinte.

Todo mundo, a respiração suspensa, observa os mostradores em que se lê a intensidade do fluxo neutrônico. Fermi considera os números, manipula nervosamente a régua de cálculo.

— A curva é exponencial — diz ele gravemente.

O fenômeno previsto se acelera no entanto cada vez mais.

Mais um pé. São quinze horas e vinte e cinco.

Então, durante vinte e oito minutos, os trinta cientistas assistiram a primeira libertação controlada da energia nuclear.

Depois, às quinze horas e cinquenta e três, a experiência foi detida.

Foi então que Eugène Wigner apresentou o seu "fiasco" de chianti. Sem qualquer brinde formal, em silêncio, todos beberam um gole de vinho italiano saudando o limiar de uma nova era. A seguir, cada um e em primeiro lugar a única mulher presente, Leone Marshall, escreveu o seu nome na garrafa.

Arthur Compton desapareceu imediatamente para telefonar a James B. Conant, presidente da Universidade de Harvard, hoje Alto Comissário norte-americano na Alemanha. Com efeito, este fora encarregado pelo presidente Roosevelt, aliás bastante incrédulo, de acompanhar a experiência à qual o governo tinha, para qualquer eventualidade, concedido uma subvenção de seis mil dólares.

Nenhum código fora previsto entre Compton e Conant. No entanto, não se podia confiar às linhas telefônicas o segredo da vitória atômica.

Compton precisou improvisar uma linguagem cifrada.

"O navegador italiano pisou terras do Novo Mundo."

Ele teve a impressão de que, na outra extremidade do fio, a charada não fora compreendida. Escoaram-se alguns segundos que no entanto pareceram-lhe uma eternidade.

"Qual a atitude dos habitantes?" — respondeu enfim o telefone.

— Muito amistosa.

O Sol de Tachkent

Mas, por uma dessas coincidências extraordinárias das quais a História mantém o segredo, esse 2 de dezembro fora de igual importância na União Soviética.

Enquanto em Chicago, o homem aprendia a tirar o fogo da essência da Terra, em Tachkent ele extraía o fogo do Sol.

Com efeito, foi nesse dia que, quase nos antípodas de Chicago, entrou em funcionamento a Central Solar de Tachkent, a primeira usina térmica que, na Terra, não extrai energia da própria Terra.

Enormes espelhos de vidro montados sobre bases parabólicas de madeira, concentram os raios do Sol sobre caldeiras. Assim se produz o vapor superaquecido, a 463 graus C que, passando através de turbinas, aciona bombas. E essas bombas subiam até reservatórios de água destinados ao abastecimento da cidade.

Mais tarde essa instalação experimental foi modificada: hoje as caldeiras dão vapor a 170 graus C sob pressão de 2,1 kg por centímetro quadrado.

Assim em Tachkent, nesse dia 2 de dezembro de 1942, também nascia uma energia nova.

Aliás, Tachkent desempenha, na União Soviética, papel comparável ao de Chicago nos Estados Unidos: está na vanguarda da ciência.

Na Universidade do Estado, na Ásia Central, estudantes de todas as raças recebem o mais moderno ensino. O jornalista norte-americano Marshall MacDuffie que a visitou em 1954 ficou surpreendido ao ver mongóis citando poetas ingleses e franceses, inclusive Valery.

É em Tachkent que se encontra o Centro de Energia Solar dirigido pelo dr. F. Molero.

Também em Tachkent, funciona o surpreendente Instituto de Biologia extraterrestre onde, sob a direção do professor Bogroff são estudadas, tendo em vista os futuros astronautas, as condições de vida nos outros planetas. Foi aí que se realizaram as sensacionais experiências que permitiram reproduzir a atmosfera de Marte e verificar que líquens podiam se desenvolver nesse laboratório e nessas condições físicas e químicas, apresentavam o mesmo "aspecto de absorção" que em certas zonas do planeta-irmão.

Ainda em Tachkent, funciona o Centro de Estudos de Raios Cósmicos que se tornou o grande centro asiático para a nova ciência da radioastronomia.

Em Tachkent também, funciona o Laboratório de Fotosíntese onde as pesquisas sobre uma das mais importantes questões atualmente em estudo no mundo se desenvolveram,

talvez, mais do que em qualquer outro lugar: a produção artificial de matéria orgânica.

Em Tachkent, sem dúvida, se encontra o Centro de Estudos para a utilização do vento.

E em Tachkent, naturalmente, está o Centro de Mecanização da Agricultura que faz muito mais do que simples projetos de máquinas de colher algodão ou de arrancar beterrabas, de construir os primeiros tratores elétricos do mundo e lanchões igualmente elétricos ou ainda máquinas selecionadoras de cereais, mas trata de todas as questões da automatização.

É em Tachkent por fim que, sem que se possa precisar no quadro de que organismo, parecem estar concentradas as pesquisas soviéticas sobre a cibernetica, ciência das automatizações superiores, sobre máquinas capazes de comandar máquinas.

O perfume "das estepes da Ásia central" que nos traz e nos trará a música de Borodin já se evaporou, sem dúvida, de Tachkent...

Quase nos antípodas

Ora, é surpreendente o paralelismo com Chicago. A duas cidades se encontram quase à mesma latitude, a 42 graus, isto é, à latitude de Barcelona, para citar um exemplo europeu.

Quanto à longitude, é de 67 graus Leste para Tachkent e de 90 graus Oeste para Chicago, o que dá 157 graus de afastamento e as situa quase em oposição no globo terrestre.

De qualquer modo, pode-se dizer que Chicago e Tachkent estão, ambas, no coração de um continente, norte-americano para aquela, eurásico para esta, no centro de dois mundos políticos.

Talvez essa posição geográfica não seja estranha à concentração, sobre esses pólos magnéticos, das linhas de força do futuro: não estão as duas cidades bem distantes das frentes de uma guerra eventual? Os historiadores futuros deverão explicar, em todo caso, essa dupla e surpreendente concentração de pesquisadores.

Embora nenhum dos autores deste livro tenha ido a Tachkent, um deles, entretanto, conhece Chicago, da qual trouxe uma singular impressão: uma cidade tipicamente norte-americana, que não é escrava de um espírito norte-americano e reflete um humanismo, sob certos aspectos, europeu. Os próprios arranha-céus não são desmesuradamente altos e seu reflexo nas águas do lago Michigan parece humanizá-los.

Por trás de um aspecto exteriormente tão animado quanto o de Nova York, descobre-se logo uma intensa vida intelectual. Sabe-se que Chicago é a cidade que possui mais bibliotecas.

A John Crerar Memory Library, sem dúvida a biblioteca mais bem organizada do mundo, a Fundação Armour e, naturalmente, a famosa universidade com suas numerosas especializações, com seus Fermi em atomística, seus McCulloch em neurologia e cibernetica, seus Von Neumann e André Weil em Matemática e muitas outras organizações, contribuem para fazer de Chicago um centro do pensamento mais avançado.

A importância cultural de Chicago é atribuída à influência de Robert C. Hutchins, diretor da Universidade de Chicago, um dos maiores educadores da atualidade, do qual se pode afirmar que era o menos americano dos norte-americanos.

Esse intelectual reagiu contra os excessos do esporte, se não mesmo contra o próprio esporte. Sua universidade é a única, nos Estados Unidos, em que um mau aluno não pode ser reprovado porque é campeão de tênis ou de voleibol.

Certa vez em que lhe faziam a apologia do esporte, Hutchins replicou: "Milton era cego". Quando lhe perguntavam o que fazia quando sentia necessidade de algum exercício, respondia: "Eu me deito e espero que essa vontade passe". Ele inverteu o famoso adágio latino: *Corpus sanum in mente sana*.

Sim, sem dúvida, existem em Chicago os famosos mataboulos. Sem dúvida, há os filmes de gangsters. Mas, não existem também os filmes de jovens malandros e moças duvidosas, que pretendem simbolizar Paris?

Temos, é certo, *Scenes de la Vie future* de Georges Duhamel. Mas, se você acredita nesse livro que tantos danos causou à amizade franco-norte-americana, que tanto contribuiu para criar desconfiança em relação ao "progresso" e mesmo em relação à ciência, não prossiga na leitura deste livro que pretende ser, ao contrário, um hino à grandeza e à utilidade das conquistas científicas.

III

NO ENTANTO, NÃO EXISTE MAIS DO QUE UM MUNDO

A despeito de todos os esforços de políticos e militares para manter a ciência em camisa-de-força — de ambos os lados da cortina de ferro —, estabelecem-se constantes comunicações entre ciências e técnicas dos dois mundos.

Não desejamos falar das “evasões” através da espionagem: elas quase não aumentam o volume total de informações científicas à disposição dos homens, uma vez que as conseguidas assim não fazem mais do que mudar de “dossier”. São imediatamente enterradas, com outras informações, em arquivos “ultra-secretos” e, nesses locais de esquecimento, sua influência é, na maior parte das vezes, nula.

Nos Estados Unidos, o *Bulletin of Atomics Scientists* denuncia sem cessar essa prática, e os técnicos da aviação se queixam também, em todos os países, de não poderem utilizar as “informações” obíidas pelos “serviços de informação”.

Mercenários da ciência

Contudo, entre os dois blocos existem muitas outras correntes. É constante a emigração de cientistas e técnicos de um mundo para o outro.

Motivos diversos os impelem: simpatias ou antipatias políticas, interesse, curiosidade, afinidade por esta ou aquela teoria ou doutrina científica. Isso porque infelizmente, é preciso reconhecer que há teorias que não são reconhecidas como verdadeiras apenas de um dos lados da barricada: “Verdade aqui, erro lá”. Esse é, por exemplo, o caso das teorias genéticas de Trofim Lyssenko, considerado na URSS um gênio profético, mas em geral tachado de charlatão pelos geneticistas ocidentais.

Acontece, portanto, que um cientista, impedido de orientar

suas pesquisas em uma direção que lhe parece frutífera, se expatria e deixa por vezes a família e uma situação sólida, por um futuro incerto.

Ao lado desses expatriados, animados pelo mais elevado ideal científico, existem verdadeiros mercenários da ciência e da tecnologia, prontos a trabalhar para quem oferecer mais. Os alemães e os "deslocados" da Europa central fornecem o grosso desse contingente Apresentam uma desculpa por se venderem assim: nada têm a perder.

Alguns desses mercenários foram brilhantemente bem sucedidos: Richter na Física Nuclear, Pulqui na Aviação, fundaram verdadeiros impérios científicos na Argentina.

As nações subdesenvolvidas nas quais a tecnologia não atingiu o mesmo nível que nos grandes países industriais, absorvem grandes quantidades desses técnicos que, ao mesmo tempo, lhes trazem, por vezes, certas ideologias das quais se pode dizer que já são ultrapassadas.

Um dos objetivos da assistência técnica aos países subdesenvolvidos ("Ponto IV" do presidente Truman) é justamente fornecer-lhes pessoal técnico dependente das Nações Unidas e capaz não apenas de solucionar problemas técnicos, como também de propagar idéias de cooperação internacional.

Esse surgimento do "mercenário científico" constitui um fenômeno novo, característico de nossa época.

Quando os aliados, depois da guerra, interrogaram sobre suas atividades durante o conflito o dr. Walther Reppe, grande químico alemão, ele teve esta surpreendente réplica: "Minha pátria é a I. G. Farben".

Encontra-se cada vez mais cientistas e técnicos para os quais a paixão da pesquisa se sobrepõe ao patriotismo.

Aldous Huxley, em seu livro "Contraponto" foi, nós acreditamos, o primeiro a lamentar esse estado de espírito: da pesquisa científica considerada uma arte, senão mesmo um vício. Depois do aparecimento desse grande romance, sem dúvida esse estado de espírito se agravou.

O caso de Werner von Brzun, o criador da bomba V-2, parece típico a esse respeito: pouco lhe importava experimentar a V-2 sobre uma grande cidade se isso provasse a eficácia do seu invento.

No clima do "Terceiro Homem"

Pudemos tomar conhecimento, ao vivo, em Berlim, no ano de 1951, com episódios desse mercado de técnicos. No

extraordinário quadro dessa cidade-enclavilhada, os norte-americanos e os húngaros, os ingleses e os soviéticos, os franceses e os chineses, todos mantêm escritórios destinados a drenar técnicos, não apenas da Alemanha mas também de outros países.

Vimos norte-americanos na antecâmara da Missão Comercial chinesa, checos oferecendo seus serviços aos escritórios de recrutamento ingleses, alemães pondo-se sob a proteção de autoridades francesas, e desejando unir-se a seus compatriotas que já trabalhavam nas instituições de estudos aeronáuticos.

Bastava tomar o metrô em Berlim para ultrapassar a pretenso "cortina de ferro" e não era difícil chegar a Berlim. A circulação urbana também era intensa nos dois sentidos. Cruzamos, na rua, com cientistas que havíamos encontrado no "Congresso do Palácio da Descoberta" em 1936, ou em Chicago em 1939.

Em seu rosto observávamos essa expressão peculiar àquelas para os quais é perigoso ser reconhecido mesmo pelo seu melhor amigo e que tantos dentre nós apresentávamos, na França, durante a clandestinidade.

Mais tarde, aconteceu-nos receber cartas de escusas, enviadas de Varsóvia ou de Toronto, por alguns dentre eles.

A França não aproveitou, talvez, tanto quanto poderia ter feito, as possibilidades que lhe foram oferecidas durante longo tempo, de recrutar excelentes técnicos. No entanto, o escritório de Baden-Baden do Alto-Comissariado francês na Alemanha, fez um excelente trabalho. Técnicos de grande valor, como por exemplo o dr. Eugen Sanger, o eminente especialista alemão em astronáutica, e sua esposa, a matemática Irene Bredt, trabalham agora para nosso Ministério do Ar.

Vale a pena lembrar as circunstâncias em que eles foram atraídos para a órbita francesa. Acreditar-se-ia em um cenário de filme; além disso, o caso é típico.

A história rocambolesca do "Relatório Sanger"

O dr. Eugen Sänger é um dos especialistas mundiais da propulsão a jato. Austríaco, ele fizera experiência com motores de propulsão a jato, nos quadros da Universidade de Viena quando entrou para os serviços de pesquisa da Luftwaffe.

Antes da guerra ele estudara projetos de foguetes estratosféricos. Durante a guerra construiu estatorreatores. Mas, acima de tudo, é o realizador do famoso Messerschmidt-163, ou "Komet", o primeiro avião-foguete de tão sensacional desem-

penho que se considera que, se tivesse sido construído alguns meses antes, teria podido conter as incursões aéreas maciças dos aliados sobre a Alemanha, e mudar o rumo dos acontecimentos.

Durante a guerra o dr. Sänger e a dra. Bredt, que depois se tornou sua esposa, conceberam um avião ainda mais sensacional: o bombardeiro "antipodal", isto é, capaz de atingir os antípodas.

Eles redigiram um relatório bastante preciso, de 400 páginas, para desenvolver seu projeto e o enviaram, confidencialmente, a diversas personalidades alemãs a fini de impressionar os "fósseis" do Ministério da Aeronáutica e pressionar o governo alemão.

Esse bombardeiro de propulsão a jato deveria atingir uma altura de 250 km e depois descer até 40 km sem gastar combustível e lá, em uma camada superior da atmosfera, ricochetear como uma pedra chata que salta sobre a água.

O bombardeiro tornaria a subir, sem necessidade de combustível, até 125 km, desceria outra vez, para ricochetear de novo e assim por diante, e através de uma série de formidáveis saltos, avançaria para o alvo.

Que trajeto teria ele assim percorrido?... Não menos de 23.500 km. Poderia, portanto, bombardear Nova York partindo da Alemanha e vir depois aterrissar na região sob controle japonês, nos antípodas...

O relatório causou sensação, mas não ao ponto de abalar a rotina dos funcionários ministeriais cuja capacidade de imaginar fora saturada pela V-2.

Depois veio a derrota alemã. Os dois cientistas se esconderam, durante longos meses, em Berlim, em diversos depósitos.

Durante esse tempo, um exemplar do famoso relatório caiu nas mãos dos soviéticos e acabou por parar na escrivaninha de Stálin. Este, imediatamente interessado, convocou uma reunião especial. Estava-se em abril de 1947.

Um dos oficiais presentes à reunião, o coronel Gregory Anatole Tokayieff, passou-se depois para a Inglaterra onde fez em Londres, a um grande jornal (1), o relato dessa conferência.

Em torno de Stálin se reuniam Malenkov, Molotov, Beria, Voznesensky, Vorochilov e o coronel Vassili Stalin, filho do ditador.

(1) *Daily Express*, 25 de janeiro de 1949.

Foi dada ordem para que encontrasse a qualquer preço o dr. Sänger e a dra. Irene Bredt e os levassem *volentes nolentes* à União Soviética.

Mas os dois cientistas tinham pedido proteção às autoridades policiais francesas que os haviam conduzido a Paris.

A expedição soviética, dirigida por Vassili Stalin, os procurou em vão, durante meses, através da Alemanha.

Seu informante alemão os havia levado a diversas pistas falsas e, em particular, lhes havia contado que a dra. Bredt, da qual os soviéticos não conheciam o primeiro nome, era um cidadão de grandes barbas.

Intercâmbio de bons técnicos

Um dos mais surpreendentes resultados dessas transferências humanas é que os laboratórios norte-americanos estão cheios de soviéticos e os laboratórios soviéticos cheios de norte-americanos.

Pode-se citar entre os principais técnicos norte-americanos de origem soviética: o major Serevsky, o grande construtor de helicópteros; o general Sarnoff, o mestre da *Radio Corporation of America*; o professor George Kistiakowsky, de Harvard, inventor do explosivo RDX e um dos construtores da bomba atômica (apostara dez dólares com Robert Oppenheimer em que a bomba explodiria); o professor Ipatieff, o mestre do petróleo; o professor Komarewsky, especialista da catálise; os dois irmãos Boris e Alexandre Pregel, que isolaram o actínio metal...

A enumeração poderia se estender por páginas e páginas...

Do lado soviético pode-se dizer que o alemão Infeld já não trabalha com Einstein, em Princeton, mas em Varsóvia; que Pontecorvo renunciou aos cinco mil dólares que lhe vinham da Comissão de Energia Atômica, e passou para o outro lado; que... Mas não devemos interferir exageradamente em assuntos ainda estudados pelas autoridades policiais...

O grande perito norte-americano em foguetes atômicos é chinês: Hsue-Shen Tsien, mas o grande perito soviético seria um norte-americano, aluno do famoso H. Goddard.

Se, um dia, a situação política melhorar, esses homens colaborarão sem dúvida alguma em um trabalho pacífico comum. Os meteorologistas dos dois mundos já não o fazem?

Uma outra encruzilhada pacífica existe na República da Índia. Nas acerias de Jamtchedpur, nas fábricas de fertilizantes

de Sindri, na barragem do Orissa, nas minas de carvão de Bihar, técnicos de todos os países trabalham juntos para a industrialização do país.

É frequente ver, no mesmo "projeto", soviéticos, checos, alemães, norte-americanos, franceses...

Ao lado deles, trabalham cientistas hindus, cujas pesquisas lançam, desse modo, uma ponte entre os dois mundos.

Está aí, talvez, a salvação dos homens.

IV

A ERA H

O começo do mês de março de 1954 será, sem dúvida, relembrado pelos historiadores, como os "dias do medo atômico".

Nessa semana, uma ilha de coral foi volatilizada no Pacífico por uma bomba de tipo novo. Uma chuva de cal viva e, o que é pior, radiativa, caiu sobre barcos de pesca japoneses.

O mundo ficava sabendo, desse modo, que as novas "reações termonucleares" tinham um rendimento superior ao previsto teoricamente. E a opinião pública descobria que bombas de potência ilimitada podiam ser construídas.

Essa explosão teria podido ser levada a efeito cerca de vinte anos mais cedo. Mas, sua verdadeira história não foi contada pela imprensa que "buscava causar sensação", enquanto, na realidade, os povos da Terra deveriam ter sentido, não medo, mas esperança.

Quatro homens muito diferentes, o hindu Mej Nad Saha, o francês Louis de Broglie, os ingleses Cockcroft e Walton tinham, já em 1932, lançado as bases dessa famosa explosão.

Mej Nad Saha: "O calor dissocia os átomos"

O professor Saha é um astrofísico, especialista na estrutura física das estrelas. Já em 1925 se interessara pela ação das temperaturas elevadas sobre os átomos. A invenção das lâmpadas de T. S. F. havia demonstrado que o calor, ainda que moderado, bastava para levar certos átomos a perder elétrons.

Nas lâmpadas de aquecimento indireto e cátodo de óxidos, que mal começavam a aparecer e agora são as únicas utilizadas, átomos de cálcio e de bário libertam torrentes de eletricidade a apenas 600 graus C.

Mej Nad Saha estudou o mesmo fenômeno nas estrelas... e descobriu que, a temperaturas de várias dezenas de milhares

de graus, os átomos perdiam todos os elétrons, em linguagem de físicos *ionizavam-se inteiramente*.

Até então acreditava-se que não se poderia obter a ionização senão por dois meios: pela dissolução de um solvente (como o sal de cozinha, na água) ou com descargas elétricas através de substância em estado gasoso (tal como o ar atravessado pelo raio).

Ora, o físico hindu demonstrou que temperaturas elevadas podiam dar a mesma dissociação em núcleos e elétrons.

Assim, chegava-se à pergunta: não poderiam esses núcleos, desembaraçados de seu envoltório de elétrons, ao se entrechocar, reagir entre eles, isto é, dar outros elementos? Desse modo, era possível pensar que as estrelas seriam teatro de transmutações em grande escala.

Desde o começo do século, suspeitava-se de que certas transmutações de elementos poderiam libertar enormes quantidades de energia. Restava saber se o homem poderia reproduzir esse fenômeno.

Em geral, os cientistas não o admitiam, a não ser Jean Perrin, que pressentira que as estrelas auriam sua energia nessa fonte.

Aqueles que acreditavam na libertação de energia pela transmutação eram quer amadores esclarecidos como Le Bon, quer romancistas como Júlio Verne em *La Chasse au Météore* e Wells em *The World set free*.

Os raros cientistas que admitiam uma possibilidade bastante incerta de reação nuclear libertando energia sobre a Terra, prediziam as piores catástrofes aos novos Prometeus.

Pensamos, em particular, em F. W. Aston, o físico que descobriu os isótopos. Ele escrevia, em 1919, que, no caso dessa experiência ser bem sucedida, o universo inteiro o saberia pelo nascimento de uma nova estrela: não apenas nosso planeta, mas todo o sistema solar desapareceria na formidável chama instantânea de uma dessas "supernovae" que, por vezes registraram, no infinito dos céus, uma inconcebível catástrofe.

Para compreender o que significa uma temperatura de 20.000 ou 30.000 graus C., é preciso lembrar que em nossos fornos ou no arco elétrico, a indústria humana não consegue ultrapassar 4.000 graus C. Mas, que seria isso comparado ao núcleo ardente das estrelas?

Com efeito, percebe-se na luz das estrelas e das nebulosas certas radiações que, durante muito tempo, nenhuma teoria pôde explicar e que nenhuma experiência conseguia reprodu-

zir. Estava-se reduzido a imaginar dois elementos hipotéticos: o "corônio" e o "nebúlio".

Ora, a teoria de Saha permitia solucionar o enigma: essas radiações eram emitidas pela matéria sob forma não existente na Terra, por elementos banais como o azoto e o oxigênio, mas em estado fortemente ionizado.

Ninguém duvidava de que a teoria de Saha abrisse uma das portas que conduziam ao mundo fantástico das energias termonucleares, isto é, das temperaturas capazes de desencadear uma reação nuclear.

Seria uma segunda porta, uma vez que a primeira já fora aberta, como veremos a seguir.

Louis de Broglie: "Os projéteis também são ondas"

O genial Louis de Broglie vinha estudando desde 1923 o anigma da matéria.

Em 1930, quando surgiu a teoria de Saha, o prêmio Nobel acabava de ser concedido a Louis de Broglie pela sua teoria sobre a "mecânica ondulatória"... Em sua tese de doutorado (1924) que permanecerá como um marco do pensamento humano, ele demonstrou que um objeto microscópico, qualquer grão de matéria ou grão de luz, deve ser considerado como da mesma natureza que uma onda.

Por conseguinte, existe uma dualidade profunda no domínio das partículas atómicas que se comportam *simultaneamente* como projéteis semelhantes a uma bala de fuzil e como ondas análogas às vagas do mar. Isso acarreta diversas e prodigiosas consequências, das quais a menor não é ultrapassar um "muro" atravessando-o e não pulando-o como o exige o bom senso de nossa vida quotidiana.

Um vidro é transparente à luz que o atinge porque essa luz é feita de ondas que se introduzem — se é que se pode dizer assim — através dos átomos do vidro.

Da mesma forma, um elétron ou uma partícula nuclear poderá se insinuar através de barreiras de potencial intransponíveis em relação à energia que possui essa partícula. E isso em virtude da natureza ondulatória que se acrescenta à natureza corpuscular.

Vejamos aonde isso nos leva...

Qualquer onda que atinja uma tela, por mais opaca ou capaz de refletir, penetra sempre mais ou menos, mesmo que em uma fração insignificante, no interior da tela.

Assim, foi provado que nenhum espelho reflete inteiramente toda a luz projetada sobre ele: uma pequena parte dessa luz aí fica. (O que, aliás, permitiu ao grande matemático Eric Temple Bell imaginar, em um de seus ensaios, que os espelhos poderiam "se lembrar" e devolver, sob o efeito de um tratamento eletrônico apropriado, as imagens do passado...)

Tudo isso impunha uma espantosa conclusão: uma vez que toda onda passa, até certo ponto, através de qualquer tela e toda matéria é uma onda, então toda matéria "atravessa uma muralha" como diria hoje Marcel Aymé.

Nenhum objeto pode, portanto, ser encerrado em nenhuma prisão pois as paredes desta são materiais ou não constituem mais do que uma "barreira potencial". Em suma, o físico se alia, aqui, ao prestidigitador: uma bolinha tem sempre a possibilidade de passar através das mãos do prestidigitador.

Leon Brillouin, o grande matemático que vive hoje nos Estados Unidos, em uma conferência sobre as idéias revolucionárias de Louis de Broglie, expôs a noção clássica de elétron — pequeno projétil carregado de eletricidade — passou depois à idéia de um elétron considerado como um uma série de ondas, e finalmente concluiu:

— O elétron, meus senhores, se desvaneceu como uma leve bruma da manhã...

Em 1928, o jovem físico soviético George Gamow — também nos Estados Unidos, como para confirmar nosso capítulo anterior — tinha utilizado a mecânica ondulatória para explicar a radioatividade. Conhecemos de modo experimental a relação entre as energias das partículas alfa emitidas por elementos radioativos e, de outro lado, o período desse elemento. Ora, através do cálculo, Gamow tornou a encontrar essas leis até então empíricas, demonstrando imediatamente, que elas correspondiam a uma estrutura profunda da matéria.

Isso provava que toda a construção de De Broglie se mantinha de pé: um objeto fechado em uma barreira de potencial tinha a probabilidade, pequena, é certo, mas não nula, e bem definida, de se escapar. Melhor ainda: essa probabilidade podia ser calculada.

Finalmente, chega-se a essa surpreendente verdade: partículas fechadas em um núcleo atômico têm sempre uma certa probabilidade de escapar espontaneamente. Ora, é exatamente uma evasão desse gênero que se chama radioatividade.

Qualquer corpo é, portanto, "radioativo" mesmo que um contador Geiger precise esperar bilhões de anos para detectar

uma partícula alfa escapando-se, por exemplo, de uma massa de platina natural.

Um "efeito" — o da radioatividade — que Becquerel, depois os Curie e depois Debierne haviam comprovado, era *explicado* por De Broglie e Gamow. É assim que progride a ciência.

Mas outras surpreendentes possibilidades se revelavam à mente humana: se De Broglie tinha razão, dois núcleos atômicos lançados um contra o outro tinham certa probabilidade de se interpenetrar. E isso, a despeito das inimagináveis forças de repulsão (as forças elétricas de Coulomb) que se exercem entre núcleos.

Valia a pena fazer a experiência. E ela foi feita.

Cockcroft e Walton: "Nós o provamos!"

Sir John Cockcroft, aluno de Rutherford, é o atomista número um da Grã-Bretanha. Nascido em 1897, ele está hoje no píncaro da glória: recebeu um título de nobreza, tem a categoria de ministro e participa de certos Conselhos de Gabinete como diretor da A.D.A. (*Atomic Development Authority*).

Foi ele que, em 1944, dirigiu os famosos laboratórios de Chalk River, no Canadá.

Juntamente com outro aluno de Rutherford, E.D.S. Walton — que, assustado com as perspectivas das armas atômicas, trabalha hoje na Irlanda, país neutro — Cockcroft teve a glória de conseguir, em 1932, fazer um núcleo de hidrogênio penetrar em um núcleo de lítio.

Essa experiência de laboratório teve como resultado hélio e energia — da mesma forma que na explosão em que um atol serviu de laboratório em escala bem diversa.

O rendimento energético fora, sem dúvida, muito mau. Mas, como poderia ter sido de outro modo quando os físicos britânicos tinham sido obrigados a construir, com as próprias mãos, durante quatro anos, o pesado e delicado aparelhamento de que necessitavam?

A realidade do efeito de Broglie também foi comprovada.

Se ele não tivesse existido, a reação de Cockcroft e Walton não teria, evidentemente, podido se verificar...

O campo de forças que cerca qualquer núcleo atômico teria formado um intransponível escudo contra o qual se teriam chocado inutilmente todos os projéteis utilizados.

Mas, se o projétil é uma onda, sem dúvida ele vencerá essa barreira.

Pode-se perguntar por que Cockcroft e Walton escolheram o lítio.

O próprio Sir John Cockcroft nos responde: "O lítio é o mais leve dos metais conhecidos e esperamos que seja mais fácil desintegrá-lo".

Em suma, é o sólido cujo núcleo está encerrado em envoltório menos espesso, e que uma onda tem maiores possibilidades de forçar.

Vários cientistas, sobretudo André Helbronner na França, calcularam então que elevando à determinada temperatura o hidreto de lítio que contém lítio e hidrogênio, eles seriam, pelo efeito de Saha, inteiramente ionizados. Depois, provocar-se-ia uma reação *que pudesse se manter*.

Pode-se dizer que, a partir desse momento, a bomba H tinha virtualmente nascido.

Somos todos cegos?

Então por que esses vinte anos de atraso?

Antes de mais nada e sobre tudo, porque os maiores cientistas da época, em particular Sir Ernest Rutherford, que fez, em 1919, as primeiras transmutações, se recusavam a acreditar na energia nuclear.

Um fato demonstra bem essa incompreensão (ou melhor, essa falta de imaginação): é que Cockcroft e Walton receberam, conjuntamente, o prêmio Nobel por essa magistral experiência de 1932, apenas... em 1951.

Quando se sabe que hoje o prêmio Nobel consagra, quase sempre, uma experiência recente, comprehende-se a que ponto a descoberta passara despercebida. O Júri de Estocolmo desejou corrigir o seu erro.

Por outro lado, é evidente que os meios de provocar a reação através de temperaturas elevadas, ainda não eram disponíveis.

A bomba "A", que pode proporcionar essas temperaturas pela fissão do urânio ou do plutônio, estava ainda no limbo dos romances de ficção científica.

Quanto à detonação de uma "carga oca" de explosivo, e à descarga de um condensador das quais se poderia esperar temperaturas capazes de permitir a reação, mal começavam a ser suspeitadas.

Assim, foi necessário esperar vinte anos e uma guerra, para que se tomasse consciência das imensas e fáceis possibilidades da energia atômica "leve".

Mas, de que vale criticar o passado? Encaremos o apaixonante futuro através de um presente que não é, certamente, muito animador.

A bomba H de hoje

Tome uma bolinha de antracite e tente acendê-la. Você gastará toda uma caixa de fósforos.

Para fazer fogo em um fogão cheio de carvão, é preciso misturar a este pedaços de papel e cavacos de lenha.

A bomba H é construída da mesma forma.

Imagine que substituimos o papel por uma carga de plutônio, a lenha por dois isótopos de hidrogênio — o deutério e o trício — e os pedaços de carvão por hidreto de lítio.

Uma breve chama, primeiro. O papel se apaga mas já incendiou a madeira.

Uma primeira e breve chama: o plutônio se apaga mas já acendeu os isótopos de hidrogênio.

Uma segunda chama: a madeira arde e inflama os carvões.

Uma segunda chama: os isótopos de hidrogênio ateiam fogo ao hidreto de lítio.

Não nos pergunte as proporções: este é um terrível segredo militar.

Supondo, entretanto, que você insiste, podemos lhe dar — ao ouvido — uma informação confidencial: basta que você consulte não importa que tratado de Física superior, posterior a 1930. Recomendamos em particular, as *Tabelas Numéricas de Física Nuclear*, que Charles Noel Marin, assistente de pesquisas no *Centre National de la Recherche Scientifique* publicou, em maio de 1954, pela editora Gauthier-Villars e que encerra todos esses segredos por trás de cerca de trinta e dois mil números.

Mas, para que pretender penetrar nos segredos de uma bomba H construída segundo esse princípio? Esse tipo de bomba já está superada, ultrapassada. É aquilo a que os técnicos chamam "IVY 1952", do nome de código dado à experiência. E é a mesma cujo filme foi exibido com autorização da Comissão de Energia Atômica, filme do qual vimos, na França, pequenos fragmentos, no quadro ainda muito estreito das "atualidades", em fins de abril de 1954.

Essa bomba era um complexo pesado, complicado, incômodo. Observemos que ela não foi lançada de um avião mas explodiu no solo, em uma estrutura cúbica de oito metros de aresta.

Mas, aquilo com que sonham os construtores de bombas atômicas, é uma bomba que possa ser transportada em um avião, até mesmo em uma maleta.

Eles pretendem também suprimir a bomba A que dá a primeira chama e os isótopos de hidrogênio que dão a segunda. Mas, de que modo obter então o milhão de graus necessários? Aí está o problema: obter uma temperatura muito alta, suficientemente alta para provocar a fusão lítio-hidrogênio.

Como obter um milhão de graus?

Pode-se conceber dois meios para obter uma temperatura elevada a ponto de permitir que se dispense o urânio ou o plutônio, o deutério ou o trício: objetivo para desencadear uma reação termonuclear ou "cargas ocas" ou descargas elétricas. Expliquemos.

Conhecemos o princípio das "cargas ocas" que, nascido na França, foi utilizado em grande escala na última guerra para dar aos projéteis um grande poder de penetração, em particular em todos os projéteis antitanques.

Se um explosivo, ao invés de ser simplesmente ajustado ao fundo de um obus, forma uma concavidade bastante pronunciada, as "ondas de choque" que nascem da combustão podem, em determinadas formas de carga, concentrar-se em um certo ponto.

Desse modo, uma grande energia explosiva seria "focalizada" em espaço bastante reduzido. Daí o grande poder de penetração desses projéteis.

Mas, depois da guerra, no Instituto de Física Atômica de Lyon, o professor Jean Thibaud e D. Perrier, tiveram a idéia de fazer convergir os efeitos de duas cargas ocas.

Então, no ponto de contato de duas ondas de choque, observaram temperaturas tão elevadas que o ar se iluminava e lançava raios através dos orifícios do tubo de experimentação.

Os dois cientistas consideraram que a temperatura atingiu então dezenas de milhares de graus, ultrapassando todas as possibilidades dos fornos elétricos ou solares, ultrapassando mesmo, amplamente, a temperatura externa do Sol que não vai além de 6.000 graus C.

Dispondo-se não de duas mas de diversas cargas ocas e, sobretudo, aumentando-se as dimensões dos dispositivos experimentais (os quais não ultrapassavam, então, as dimensões de um copo) os cientistas de Lyon esperavam poder provocar o desencadeamento de reações de fusão nuclear.

Quanto às descargas elétricas, elas são naturalmente produzidas por condensadores. Mas, evidentemente, de um modelo muito particular.

Foram as pesquisas do soviético Wul (nome apropriado ao habitante ou animal de um outro mundo, em um romance de ficção científica) que revelaram, pela primeira vez, em 1936, a possibilidade de construir supercondensadores.

É preciso, antes de mais nada, saber o que são os corpos "ferroelétricos", cujo poder dielétrico — isto é, cuja capacidade de absorver eletricidade como uma esponja absorve água — é consideravelmente maior que o da mica ou do vidro dos condensadores comuns.

Se tomarmos como unidade dielétrica o coeficiente do ar — ou do vácuo o que é quase a mesma coisa — é preciso dar um coeficiente de aproximadamente quatro ao vidro, e de cinco à mica. Pois bem, um bom corpo "ferroelétrico" tem um coeficiente de cerca de dez mil.

Nomes! Já que os leitores exigem, citemos o titanato de bário ou o vulgar "sal de Seignette", tartarato duplo de sódio e de potássio.

Se vocês perguntarem por que a palavra "ferroelétrico" quando esses corpos não contêm ferro, nós a explicaremos pela analogia com os corpos "ferromagnéticos", que são fortemente magnéticos sem conter ferro.

Por exemplo, as novas ligas magnéticas das aciarias de Imphy, perto de Nevers, feitas de silício, níquel, alumínio e mais magnéticas que o ferro.

A palavra "ferromagnética" foi criada para designar essas substâncias; depois, devido a uma analogia inteiramente exterior, a palavra "ferroelétrica" foi criada para designar uma substância de alto poder dielétrico.

Fazendo uma liga desses corpos com silicones, Wul e seus alunos conseguiram condensadores que podem libertar até 25 kwh em um milésimo de segundo.

Uma descarga desse gênero desenvolve, portanto, a potência de vinte e cinco milhões de quilowatts em volume talvez não maior do que uma cabeça de alfinete.

E as temperaturas desenvolvidas atingem cerca de cinco milhões de graus ou, melhor, para falar em termos de energia

média das partículas, vários milhares de elétron-volts, o que é suficiente para desencadear a reação H.

Segundo recentes refugiados da URSS, um detonador desse tipo — condensador, circuito oscilante e ignitor de argônio — pesaria, ao todo, cento e vinte quilos. Com esses refugiados que chegaram aos Estados Unidos, este país passaria a conhecer também o princípio desse detonador.

De qualquer modo, parece provável que os soviéticos tenham chegado por esse método à bomba de hidrogênio.

O reinado do urânio terminou

Desde os primeiros dias após a explosão das bombas sobre o Japão, a opinião pública, os artigos mais sérios, e os livros que pretendiam analisar a fundo o problema dos fenômenos "atômicos" não empregavam senão a palavra "urânio".

Os próprios governos, teriam podido manter maior sangue-frio, concentraram toda a sua política nuclear nesse metal.

"Uma nação que, no futuro, não tiver urânio, será uma nação secundária" — era então a idéia corrente.

Os autores deste livro, que não se conheciam ainda, tinham tido de imediato, a seguinte reação: o átomo de urânio foi o primeiro átomo desintegrado em grande escala, isso é um fato; mas o homem não tardará em dominar outros átomos, agora que o primeiro passo foi dado. O urânio, cujo núcleo é o mais pesado entre os elementos naturais, oferecia a estrutura que, à primeira vista, parecia a mais fácil de desintegrar. Eis tudo.

Assim, era preciso não nos deixar absorver exclusivamente pelo questão do urânio.

Os Estados Unidos, sem dúvida, se haviam lançado nesse caminho com meios tão formidáveis que lhes seria difícil tomar outra direção. Os norte-americanos preferiam explorar a fundo esse domínio da fissão dos átomos pesados.

Contudo, alguns afirmam hoje que se os norte-americanos se tivessem lançado, em 1941 e 1942, no caminho do lítio e do hidrogênio, teriam podido construir uma bomba "atômica" em menor tempo, pois as formidáveis instalações industriais destinadas à purificação do urânio e à separação de seu diversos isotópos, não teriam sido necessárias.

Entrevistado durante a fase de medo atômico de 1954, o professor Yves Rocard, da Escola Normal Superior, pretendia dizer a mesma coisa, ao afirmar:

"Teria sido suficiente não pensar em outra coisa para realizar a bomba de hidreto de lítio em 1946".

Em nossos dias, uma coisa é certa: o reinado do urânio terminou. E por "reinado" pretendemos entender, naturalmente, reinado absoluto, ditadura, pois as "pilhas" já clássicas deverão ser durante muito tempo ainda insubstituíveis na produção dos isótopos radioativos utilizados na indústria, na Biologia, na Medicina e na pesquisa.

Por outro lado, o progresso registrado pela técnica da produção de energia à base de urânio faz com que se deva utilizar, ainda durante anos, centrais nucleares que utilizam esse "combustível".

Mas o urânio já não deve ser, para nós, um tabu.

Em abril de 1954, o influente *Intelligence Digest* de Kenneth de Courcy, o famoso boletim confidencial que revelou a existência da bomba soviética antes que ela fosse oficialmente anunciada, não aconselhava a venda das ações das empresas de produção ou de tratamento do urânio?

Uma era nova se anunciava: a da energia nuclear manejável, prática, industrial.

A formidável energia pode ser libertada a partir da água da torneira e de corpos pouco dispendiosos como o lítio ou o boro.

Qualquer nação, qualquer importante usina química, poderá construir as novas bombas.

Esse fato não chegou ainda ao domínio da opinião pública, sempre em atraso no que concerne a uma, senão de várias revoluções científicas. Mas, isso terminará por acontecer.

Os litinados que servem para a produção de água gasosa e que estiveram tão na moda entre as duas grandes guerras, podem fornecer a matéria-prima. Um quilo de litinado, comprado em qualquer drogaria, poderá ser suficiente para destruir uma cidade durante a guerra ou, em tempos de paz e para a paz, libertar torrentes de energia utilizável.

Por que o globo terrestre não é de prata?

Mas nada pode ser comparado, nem mesmo adivinhado, das reações nucleares hidrogênio-lítio, se não se apreender, perfeitamente, a distinção absolutamente fundamental entre a fissão (utilizada na bomba de urânio) e a fusão (que constitui a base da bomba H).

Os núcleos atômicos são estruturas que se vão tornando cada vez mais complicadas à medida que passamos dos mais

leves aos mais pesados: o hidrogênio, o mais leve, é formado de um só próton, partícula de matéria carregada positivamente. O urânio, outro extremo, forma um conjunto complexo de noventa e dois prótons. A esses prótons vêm se acrescentar nêutrons, partículas similares mas eletricamente neutras, variáveis em número, e dando, por isso mesmo, isótopos diferentes de um elemento.

Pois bem! A fissão de um núcleo pesado corresponde à demolição de sua estrutura complexa (portanto, intuitivamente, mais fácil de desintegrar): a fissão dá dois ou vários núcleos mais leves.

Assim, no caso do urânio, obtém-se, o mais freqüentemente, bário, que tem cinqüenta e seis prótons e criptônio que conservou os trinta e seis outros prótons dos noventa e dois prótons primitivos.

Na fissão, além disso, liberta-se energia.

De onde vem essa energia? Da volatilização de um dos grãos de matéria? Não, pois a contagem dos prótons e dos nêutros é a mesma, "depois" e "antes".

Não chegamos ainda a volatilizar os prótons e os nêutrons! O que se transformou em calor foi — empregando-se uma imagem simplista — o cimento que ligava as pedras do edifício.

Poderemos ser mais exatos se dissermos que a "energia de ligação" foi libertada.

E mais precisos ainda e, ao mesmo tempo, mais evocadores, se escrevêssemos "energia de ligação". Para manter juntos os prótons e nêutrons, para cimentar os corpúsculos de um núcleo pesado, é preciso energia. Ora, dois átomos médios exigem menos energia que um átomo muito pesado. Aí está — em poucas palavras — a explicação...

Mas, isso não se aplica a não ser aos átomos mais pesados que o da prata, que possui quarenta e sete prótons. Abaixo disso, a desintegração de um átomo não libera, mas ao contrário, "absorve energia".

Assim, o quadro dos noventa e dois elementos naturais está dividido em duas metades iguais: abaixo da prata, a formação dos quarenta e cinco elementos leves (o hidrogênio é deixado de lado uma vez que seu núcleo não é uma estrutura, mas um simples próton) libera energia. Acima da prata, a formação dos quarenta e cinco elementos pesados absorve energia.

Quanto ao núcleo da prata, sua "energia de formação" é nula. Trata-se do núcleo, teoricamente, o mais fácil de constituir.

Assim, pode-se perguntar por que o planeta inteiro não se transforma em um globo de prata. Quando mais não seja, porque ele não se formou por esse processo no momento de sua gênese.

Examinemos bem essas quatro pequenas frases:

Quando um núcleo leve se forma, há libertação de energia.

Quando um núcleo pesado se forma, há absorção de energia.

Quando um núcleo leve se desintegra, há absorção de energia.

Quando um núcleo pesado se desintegra, há libertação de energia.

Se queremos libertar energia, é preciso, portanto, utilizar o primeiro ou o quarto princípio: formar um átomo leve, ou desintegrar um átomo pesado.

No primeiro caso teremos a fusão de um átomo de hidrogênio (um próton) e de um átomo de lítio (três prótons) que dão dois átomos de hélio (dois prótons).

No segundo caso, é a fissão: por exemplo a do urânio.

Qual desses dois tipos de reação deve merecer nossa preferência?

Se for para escolher que bomba nos cairá sobre a cabeça, não devemos preferir nenhum.

Pensando como construtores que buscam o mínimo de prejuízos, é preciso nos decidir pela bomba H, que pode ser de tamanho ilimitado, enquanto a bomba A é condicionada à massa crítica do urânio.

Do ponto de vista dos governantes que desejam um máximo de armamentos com um mínimo de despesas, ainda devemos nos inclinar para a fusão hidrogênio-lítio.

E, finalmente, pensando na paz — e é preciso centralizar todos os nossos pensamentos na paz — então a fusão é verdadeiramente triunfante.

Com efeito, a fusão hidrogênio-lítio pode ser orientada de modo a não deixar nenhuma radioatividade; as duas substâncias se combinam para dar o hélio que não é radioativo, e calor.

Esse calor pode ser utilizado para fazer ferver o mercúrio que, por sua vez, servirá para acionar uma turbina. Mas veremos no capítulo seguinte que processos menos simplistas podem ser imaginados.

Infelizmente, no momento, trata-se principalmente de utilizar essas reações de fusão para destruições em massa...

O "Equalizer"

Insistíamos neste fato capital: entramos hoje em um mundo no qual, amanhã, todos os países serão poderosamente armados. Talvez esse "amanhã" corresponda ao tempo em que este livro será lido. Talvez "hoje" dure ainda alguns anos.

Mas, de qualquer forma, começou a era H.

Detonadores cada vez mais engenhosos serão inventados.

Outras reações que não lítio-hidrogênio, em particular a desagregação do deutério por si mesmo, assim como a desintegração do boro pelo hidrogênio com formação do hélio, serão provavelmente dominadas.

Que o boro e o lítio sejam elementos muito correntes, que o deutério, extraído da água, não seja de preço de custo muito elevado, isso não nos deve assustar. A humanidade se adaptará: não há nenhum exemplo histórico de civilização destruída por sua própria técnica.

Devemos nos habituar a viver com a espada da Dâmcocles das bombas H suspensa sobre nossas cabeças, acomodar-nos à idéia de que toda matéria, em torno de nós, pode libertar uma energia destruidora.

É uma revolução, sem dúvida, pensar que a substância de que são feitas todas as coisas, à parte este dedal e estes talheres de prata, pode desencadear catástrofes. Mas essa é uma verdade profunda.

Não se pode queimar todos os tratados de Física, fechar todas as usinas, proibir todas as experiências de laboratório.

Não se pode proibir a venda dos sais de lítio nem a utilização da água. É impossível voltar aos séculos que não conheciam a eletricidade.

Georges Gamow compara a situação do homem moderno que descobre as forças da matéria à de um esquimó que viveu sempre à temperatura abaixo de 0 grau C, que não outro sólido senão o gelo, outro líquido senão a água. Se lhe falássemos de uma lâmpada a álcool ele ficaria aterrorizado; a idéia de que esse líquido possa se tornar uma fonte de calor e de luz ao invés do Sol o faria crer no fim do mundo.

O lítio nos parece tão estável quanto o álcool aos esquimós, o hidrogênio tão estável quanto o oxigênio com o qual o álcool queima.

Mas, na realidade, estamos ofuscados pelas aparências, tanto quanto estaria o primitivo de nosso apólogo.

Tomemos cuidado, entretanto, para que nossos netos não considerem ingênuo nosso modo de pensar. E compreendamos

que nenhum "pensador" pode, daqui por diante, raciocinar profundamente se não se apóia em um sólido raciocínio científico.

Ora, os pensadores de profissão não continuarão a ser, em nossa civilização muito rotineira, mentes de formação literária?

Mas, dir-se-á, não se justifica que fiquemos a filosofar, agora que acabamos de mostrar como será fácil, no futuro, a fabricação de bombas H. O leitor manterá, talvez, essa preocupação, como um verme a lhe roer o cérebro. Procuremos, assim, tranqüilizá-lo.

— Não existe defesa contra a bomba A — afirmava-se, certo dia, diante do escritor norte-americano Theodore Sturgeon.

— Os japoneses encontraram uma em dois dias! — replicou ele.

Existe, com efeito, uma defesa perfeita contra as bombas A e H: a paz. Pode-se esperar que a humanidade chegue a isso.

Enquanto se aguarda, é preciso manter no espírito certo pensamento tranqüilizador: o fato de que todo mundo vai possuir bombas H já é por si mesmo uma defesa.

Sim, os fracos já não terão de temer os fortes. Um verdadeiro nivelamento se estabelecerá entre as nações.

Nos tempos épicos do Far-West tinha-se o hábito de chamar um revólver de um "equalizer". Com efeito, um revólver equiparava um homem pequeno a um homem grande, um forte e um fraco.

Não se deve ver nisso uma brincadeira: a bomba H desempenhará, sem dúvida, o papel de um "equalizer" (1).

(1) *Equalizer*, palavra inglesa = o igualador, o compensador.

V

UMA ESTRELA EM NOSSAS MÃOS

Enquanto os estados-maiores se empenham em proteger "segredos atômicos" em geral sem interesse, os verdadeiros segredos do átomo são expostos aos olhos de todos: no céu.

Mais do que nas cidades atômicas e nos laboratórios de pesquisa, o futuro está sendo forjado, talvez, em nossos dias, nos observatórios e nos institutos de astrofísica.

É que em cada estrela pode-se encontrar a solução do problema da libertação da energia nuclear. E em cada uma a seu modo. Centenas de soluções estão, assim, incritas nas luzes que à noite se acendem no céu. Nenhuma censura, nenhuma cortina de ferro podem impedir quem quer que seja de as estudar.

Esse estudo é uma espécie de imensa investigação policial levada a efeito demorada e tenazmente pelos astrônomos que devem desempenhar o papel de detetives para interpretar os indícios que lhes são dados pela luz.

Para compreender de que modo deciframos assim, pouco a pouco, os segredos das estrelas das quais poderemos tirar, em seguida, ensinamentos essenciais ao mundo futuro, precisamos fazer um breve retorno ao passado.

Onde as estrelas se tornam anexos de nossos laboratórios

Newton, que estabeleceu as leis da gravitação, teria podido também desvendar o segredo da luz.

Ele havia descoberto a dispersão da luz por um prisma. Fora dado um imenso passo à frente. Mas, se ele tivesse pensado em fazer passar a luz por uma estreita fresta, da espessura de um fio de cabelo, teria visto, no arco-íris artificial assim criado, raias mais ou menos intensas. E se interposto, entre a fonte

luminosa e o prisma, um corpo transparente, teria observado outras raias, desta vez negras.

Então, um espírito como o seu teria percebido bem depressa que essas raias correspondiam a diversas substâncias. A Química teria nascido antes de Lavoisier. Os elementos das estrelas e da Terra teriam sido logo identificados.

Assim, a espessura de um fio de cabelo — literalmente falando — separou Newton da grande descoberta que seria feita só dois séculos mais tarde.

No mesmo ano em que Auguste Comte dava como exemplo dos fatos que a ciência jamais poderia conhecer a composição química das estrelas, Bunsen pensava em fazer a luz passar por uma fenda antes de lançá-la sobre um prisma: nascera o espectroscópio.

A posição das raias luminosas e obscuras no “espectro” das estrelas foi então comparada à das raias produzidas por flamas experimentais ou por arcos elétricos. Verificou-se então uma prodigiosa sucessão de descobertas que está muito longe de chegar ao fim.

Soube-se, em primeiro lugar, que substâncias existem nas estrelas; descobriu-se mesmo uma que era desconhecida na Terra e a que se chamou “hélio” mesmo antes de a conhecer. Cerca de trinta anos mais tarde, Ramsay descobria o hélio em emissões gasosas de um minério de urânio.

Mas hoje, a interpretação dessas mensagens cifradas inscritas no comprimento de onda das raias luminosas ou obscuras, foi levada muito longe com a ajuda de instrumentos matemáticos os mais aperfeiçoados e de teorias da Física-Matemática, as teorias dos quanta e da mecânica ondulatória em particular (1).

Não apenas se sabe, nos espectros, identificar as substâncias, como também determinar seu estado de ionização. Melhor ainda, a teoria da formação das raias espectrais, em ligação com as teorias sobre as camadas de elétrons em torno dos núcleos atômicos, é tão avançada, que sabemos compreender em que estado de ionização se encontram, no espaço, substâncias como o azoto, o oxigênio e mesmo o ferro, estados

(1) Para demonstrar que grau de abstração exigem esses cálculos, digamos que eles empregam as “álgebras não comutativas” nas quais, se dois vezes três pode ser igual a seis, três vezes dois pode não dar o mesmo resultado. Trata-se de uma das operações mágicas do espírito humano.

que é impossível conseguir na Terra: muitas vezes os átomos são aí quase isentos de elétrons periféricos.

Assim, as estrelas se tornam, por uma das mais prodigiosas extrações do espírito humano, anexos de nossos laboratórios de meios tão limitados.

"É muito belo" — dir-se-á. Mas ninguém irá verificar no cadiño das estrelas se nossos cientistas estão enganados ou não.

Esse raciocínio é encontrado, muitas vezes, em diversos domínios. É indigno de um homem de nossos dias, pois, hoje sabemos que, cedo ou tarde, a teoria mais abstrata levará, através do cálculo, a consequências tais que estas poderão ser comprovadas nos fatos, demonstrando, ao mesmo tempo, o acerto da teoria.

Assim, o fato de que, a 16 de julho de 1945, numa fria manhã no deserto do Novo México, a primeira explosão atômica se tenha produzido como se previra, sem destruir ou fazer explodir o planeta, apenas isso bastava para provar, de imediato, em um cenário apocalíptico, que todas as nossas teorias atómicas não estavam erradas e que a famosa relação matéria-energia, descoberta exclusivamente pela poência do cérebro de Einstein, era sem dúvida o maior segredo do universo.

A maravilhosa história da raia "H 21"

Ora, justamente nossas idéias sobre a formação das raias espectrais e, ao mesmo tempo, sobre a estrutura dos átomos, acabam de ser confirmadas, nos últimos anos, da forma a mais surpreendente.

Sabe-se que uma astronomia inteiramente nova está nascendo: a radioastronomia que, ao invés de ondas visíveis emitidas pelas estrelas, se prende às ondas hertzianas das quais algumas estrelas e nebulosas são poderosas fontes.

Na verdade, trata-se ainda e sempre será assim de captar as ondas eletromagnéticas irradiadas por elas. Contudo, damos designações diferentes a essas ondas, conforme seu comprimento: raios gama "duros", depois "moles", raios-X duros e moles, raios ultravioleta, luz, raios infravermelhos, ondas centimétricas, ondas hertzianas curtas, médias e longas, correntes alternadas. Mas, para estudar umas e outras, é preciso, evidentemente, dispor de aparelhos especiais.

A radioastronomia capta, portanto, as fabulosas mensagens-rádio emitidas pelas estrelas, pelas nebulosas gasosas

ou pelas galáxias, e descobre que algumas não são "iguais às outras". (Isto é quase tudo o que se pode dizer no momento!)

Mas, em 1944, o físico holandês Van der Hulst publicou uma pequena nota ainda quase desconhecida hoje e que, no entanto, ficará famosa na história das ciências: ele afirmava, por motivos puramente teóricos (1), que o átomo de hidrogênio devia, em determinadas condições que não podem ser conseguidas na Terra, emitir uma raia de vinte e um centímetros de comprimento de onda. Essa raia espectral seria, em resumo, correspondente, nas ondas hertzianas, às raias brilhantes do espectro luminoso.

Nesse momento, insistimos, a radioastronomia ainda não tinha nascido e Van den Hulst não podia imaginar uma verificação experimental de suas idéias.

Contudo, alguns anos mais tarde, quando os radiotelescópios se tornaram bastante potentes e, sobretudo, bastante precisos, procurou-se verificar se a "raia 21" do hidrogênio não existia em qualquer "fonte de radiação" do céu.

Ora, Evin e Purcell, em Harvard descobriram-na, e Mueller na Holanda e Christensen e Kerr na Austrália a estudaram.

Assim, nossos pontos de vista sobre a estrutura íntima do átomo e sobre o processo das emissões eletromagnéticas não são absurdos.

Não se pode dizer que sejam exatos; mas pode-se assegurar que se dão conta, de maneira já bastante satisfatória, dos mais profundos segredos da matéria.

Não seria uma das mais belas vitórias do espírito humano o poder ler nas estrelas a confirmação concreta das mais audaciosas hipóteses elaboradas pelas células nervosas de alguns dos miseráveis seres humanos sobre o infinitamente pequeno, inacessível, na Terra, aos nossos sentidos?

Uma nuvem não maior do que a mão

Já se passou aproximadamente um quarto de século desde que os astrônomos decifraram os primeiros mistérios da alquimia íntima das estrelas. Mas, nem por isso eles acreditavam que a

(1) Para uso de nossos leitores que conhecem as mais recentes teorias atômicas, digamos que, para Van der Hulst, essa raia é devida à passagem dos "spins" do núcleo e do elétron do estado antiparalelo ao estado paralelo.

humanidade pudesse se utilizar logo, na prática, dessas conquistas.

Em 1934, um dos maiores dentre eles, Arthur Eddington, escrevia a propósito da energia nuclear que, para nossa civilização baseada no desemprego e na guerra, ele via "uma pesada nuvem negra surgindo na distância". Mas, no momento, essa nuvem não era "maior do que o punho de um homem".

Trinta anos mais tarde, essa nuvem formava um cogumelo gigante sobre o atol de Elugelab. Era-se a primeira de março de 1954.

Ela paira ainda sobre nós, essa nuvem: mas se dissipará. Já não divisamos o Sol por detrás dela?

Vivemos da energia nuclear que o Sol nos fornece a cada instante, e também daquela que se acumulou no decorrer dos tempos sob a forma de carvão e de petróleo.

Em outro capítulo mostraremos que teríamos talvez mais interesse em utilizar melhor essa central de energia que tem o mérito de existir por si só, do que em tentar reproduzir, na Terra, o seu mecanismo.

No entanto, o estudo da energia nuclear é mais avançado agora do que o estudo da energia solar. O mundo de amanhã estará mais próximo talvez da energia atômica do que da energia solar.

O Sol e as estrelas são, em escala muito grande, centrais energéticas admiravelmente organizadas.

Elas não explodem. E se algumas o fazem, o fenômeno — que se apresenta a nós como uma "nova" ou uma "supernova" — é, de um lado, excessivamente raro e de outro parece devido a causas externas: absorção, pela estrela, de gás cósmico que catalisa muito violentamente, a reação que a faz viver, ou então a colisão entre duas estrelas.

Uma "central" como o Sol emite constantemente ondas herzianas, calor e luz (com um máximo no verde-amarelado) sem nenhuma radiatividade perigosa. Ela consome, provavelmente, o hidrogênio comum, tal como é encontrado na água.

A bomba H não é um Sol em miniatura, contrariamente ao que possa ter sido escrito a seu respeito.

Para passar o hidrogênio ao hélio, ela utiliza reações mais rápidas: deutério-lítio, hidrogênio-lítio, deutério-deutério. Mas uma das esperanças do amanhã reside na construção de sóis em miniatura, em nossa ínfima escala. Vejamos como se pode pensar em chegar a isso.

O carbono alimenta as estrelas?

Acreditou-se até há poucos meses, que o funcionamento de uma estrela exigia carbono, da mesma forma que nossa vida. E alguns tinham acreditado poder construir, no espaço, toda uma filosofia do universo. Era o "ciclo de Bethe".

A realidade desse processo é hoje fortemente posta em dúvida. É preciso, no entanto, saber alguma coisa dele para compreender de que modo pode funcionar essa extraordinária máquina a que chamamos "Sol".

Da mesma forma que a bomba H, o Sol transmuta o hidrogênio em hélio. Mas, em vez de gastar toda a sua energia em um milionésimo de segundo, ele conserva sua potência, com a mesma intensidade, há pelo menos dois bilhões de anos. Provavelmente ele irá mesmo desenvolvê-la.

De conformidade com as últimas teorias da astrofísica, a Terra, com efeito, corre o risco (em futuro extremamente distante) de ser destruída pelo calor, e não pelo frio, como se acreditava antes.

A hipótese geralmente admitida para explicar essa incessante torrente de energia é devida à convergência de três séries de pesquisas feitas independente umas das outras por Atkinson e Houtermans, de um lado e por von Weizsäcker e Bethe, de outro.

Foi Edmund G. Teller, chefe das pesquisas em Los Alamos, quem teve a idéia de aplicar esses trabalhos teóricos à produção de armas nucleares e quem esteve na origem da bomba H de primeiro de março de 1954.

São precisos quatro átomos de hidrogênio de massa 1,008 para fazer um átomo de hélio de massa 4,004. A diferença de massa entre $1,008 \times 4 = 4,032$ e 4,004 se transforma, na operação, em energia. Por outro lado, como estamos diante de elementos leves e que nós fabricamos, sabemos que uma fusão deverá ser exo-energética.

Mas, seria concebível que o acaso fizesse entrar em colisão quatro átomos de hidrogênio no mesmo ponto do espaço e no mesmo instante do tempo — ou, mais exatamente, no mesmo "espaço-tempo"?

"Altamente improvável"

A probabilidade dessa exata coincidência é quase a mesma de ver se reunir em certo ponto de uma certa cidade ou de uma certa aldeia quatro homens determinados. Dois talvez

se encontrem. Um terceiro talvez apareça, mas provavelmente não no mesmo instante em que os outros dois estavam reunidos. Quanto a imaginar que o quarto homem venha também a se encontrar no mesmo lugar e ao mesmo tempo, do outro lado da França ou mesmo da Terra, é coisa "altamente improvável", para empregar uma expressão familiar aos físicos que, cada vez mais, afastam de sua linguagem a palavra "impossível".

Se queremos ter a idéia do que é um acontecimento altamente improvável, será cômodo utilizar a velha imagem de Emile Borel, a do macaco datilógrafo. Um macaco está escrevendo à máquina. Ele tem uma possibilidade contra vinte e seis de bater o *a* como a primeira letra; uma probabilidade sobre vinte e seis de bater depois o *u*; da mesma forma, em seguida, pode vir um *c*, depois um *o* e depois um *m*. Talvez o acaso leve nosso chimpanzé a escrever a primeira frase da Bíblia: *No princípio, Deus criou os céus e a terra.*

Também existe uma probabilidade sobre vinte e seis de que, a seguir, venha um *l* e, igualmente, de que venha um *a*. A cada vez, a batida de uma determinada letra é um acontecimento bem provável. No entanto, consideramos praticamente impossível que nosso macaco escreva, depois da primeira, a segunda frase da Bíblia: *A terra estava informe e vazia.*

E que ele escreva assim, sem que uma só letra esteja fora do lugar, a Bíblia inteira, até o fim, equivale a uma verdadeira improbabilidade prática. Desse modo, chega-se à idéia de um acontecimento teoricamente possível mas praticamente impossível.

Voltemos, no entanto, aos quatro átomos que queremos reunir. Toda a questão está em imaginar um mecanismo que, como no Sol, possa produzir hélio a partir do hidrogênio.

A central do Sol

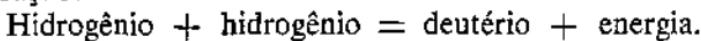
O mecanismo admitido há um quarto de século supõe uma série de reações entre o hidrogênio e o carbono, dando finalmente hélio e energia e devolvendo o carbono intacto. É o famoso "ciclo de Bethe".

O carbono seria um catalisador: sua presença seria necessária, mas ele não seria consumido. Assim, foi possível dizer que, de qualquer modo, ele desempenharia o papel de uma "vitamina" na alimentação solar... Da mesma forma o óleo, em um motor, torna o seu funcionamento possível, sem por isso lhe fornecer energia...

Mas, há bem pouco tempo, fatos novos, muito complexos para serem expostos aqui, despertaram dúvidas quanto ao "ciclo de Bethe".

No começo do século XIX, Herschell acreditava que o Sol era a sede de combustões clássicas; no fim do século, Flammarion demonstrou que essas reações estavam longe de levar em conta as formidáveis emissões de energia; quando Bethe propôs sua teoria, percebeu-se que ela permitia explicar melhor essa produção energética. No entanto, a potência real ultrapassava amplamente a potência calculada.

Uma nova reação foi proposta por Critchfield e Gamow. Ela quase permitia explicar o excesso de energia. Tratar-se-ia da reação:



Escrevendo a um dos autores deste livro em fins de 1953, o grande astrônomo do Monte Palomar, R. S. Richardson dizia, ao anunciar as novas reações consideradas:

"Receamos perder o ciclo de Bethe. Seria um verdadeiro luto na família".

Quer o Sol utilize este ou aquele mecanismo interno, é indubitável que essa central energética desenvolve uma potência para nós inconcebível.

A cada segundo, ela destrói quatro milhões de toneladas de matéria que dissipam em energia. Mas, dessas formidáveis torrentes de calor, nosso planeta não recebe mais do que uma ínfima parte de tudo que se perde no espaço.

No entanto, essa ínfima parte representa para a Terra o equivalente a uma prodigiosa quantidade de carvão: uma centena de bilhões de toneladas por ano. Que permitiria dispensar mesmo o urânio e o lítio se pudéssemos captá-la!...

O segredo dos gigantes vermelhos

Se qualquer Comissão de Investigação fosse informada — por miserável denúncia — de que o segredo da energia nuclear está em poder dos Gigantes Vermelhos, surgiriam provavelmente alguns dramas e qualquer político mal informado poderia solicitar que se persiga esse misterioso povo de gigantes.

Mas, Gigantes Vermelhos, em linguagem astronômica quer dizer "estrelas". Podemos citar entre elas Bételgeuse, a estrela vermelha da constelação de Orion, tão grande que colocada no lugar do Sol, ultrapassaria a órbita de Marte. Mas é a estrela VV de Cefeu que detém o recorde dessa "classe M": ela atingiria a órbita de Júpiter.

A temperatura, ao contrário, é muito baixa: algumas não parecem ultrapassar 1.500 graus C, naturalmente na superfície. Temperatura inferior à das chamas dos bicos de gás de nossos fogões!

A central energética do seu núcleo, muito mais quente, não deve funcionar como a do Sol. Sem dúvida aproxima-se dos futuros geradores de energia nuclear que serão as armas da paz.

Procuremos imaginar o que poderia ser uma central do futuro, talvez mesmo desse futuro que desejamos escrutar neste livro: aquele que a maior parte dentre nós espera ver um dia.

Microestrela

O ideal a atingir seria uma minúscula bola de matéria de 1,41 de densidade, levada a uma temperatura da ordem de um milhão de graus:

Por que 1,41? Porque essa é a densidade do Sol em seu centro. Os gases incandescentes estão aí de tal forma comprimidos que sua densidade ultrapassa a da água líquida sobre a Terra.

Se essa densidade não pudesse ser atingida, talvez nossa esfera não emitisse raios luminosos, mas somente projéteis, raios alfa artificiais de oito milhões de elétron-volts como os de Cockroft e Walton, em 1932.

Ora, não se trata de fabricar uma estrela anã, de modelo reduzido!... Pode-se chamar "modelo reduzido" a uma esfera de alguns milímetros? Pois a isso se limitaria nossa ambição...

Não se trata também de reproduzir, nas condições terrestres, as inconcebíveis pressões que reinam no coração de uma estrela. O que se pode imaginar é que forças elétricas e magnéticas substituem essas pressões.

Mas, se essa estrela artificial não deve ter nenhuma medida em comum com as das estrelas do céu, a usina energética que ela representaria não teria, por sua vez, nenhuma medida em comum, com nossas centrais hidráulicas ou térmicas de hoje: embora não sendo de nenhum modo uma usina gigante, ela teria condições de fornecer toda a energia necessária a um país.

Se ela transformasse em energia apenas duas gramas de matéria por minuto, uma só "unidade" daria cerca de cinqüen-

ta milhões de quilowatts-hora por minuto, isto é, uma potência de três bilhões de quilowatts.

Para conceber a enormidade dessa cifra, digamos que a potência máxima consumida pela França nas horas de maior consumo de um dia crucial, nas tardes sombrias dos meados de dezembro, não chega a oito milhões de quilowatts.

De que tratávamos no parágrafo anterior? Dizíamos que nossa esfera estelar poderia alimentar todo um país... Não! Poderíamos pensar em todo o mundo!

O leitor poderá crer, entretanto, que este livro mudou de horizonte: olhar não mais para trás das colinas, de onde o Sol vai surgir, mas, muito além, para um remoto futuro. Em suma, os autores deste livro passariam, aqui, a previsões excessivamente audaciosas.

No entanto, um homem assegura já ter realizado esse prodígio de uma microestrela. O alemão Ronald Richter, que vive hoje emigrado na Argentina. Pelo menos, somos levados por ele a esses anos nos quais nos encerra o presente.

A notícia dessa realização não veio de qualquer comentário de laboratório, de qualquer artigo de um jornalista ávido de sensacionalismo. Saiu dos lábios muito oficiais de um chefe de Estado.

Quem não se recorda de que, em 1951, o presidente Peron anunciou... Na verdade, ninguém mais se lembra exatamente do que se traçava. Sabe-se apenas que o chefe de Estado da República Argentina anunciava importante realização atômica de um cientista alemão.

Mas, de que se tratava exatamente?... Pois bem, tratava-se, muito simplesmente, de nossa microestrela...

Vitória ou mistificação?

A revista norte-americana *United Nations World* publicou um artigo do professor austríaco Hans Thiring, que, sob o título: "A bomba de Peron seria uma trapaça?" manifestava-se fortemente contra Richter e suas pretensas invenções. Mas Richter replicou na mesma publicação (1).

Busquemos no arquivo desse grande caso os elementos do seu próprio texto.

A princípio Richter negou ter fabricado uma "bomba". E nisso sem dúvida ele estava com a razão: jamais o presidente Peron anunciara tal coisa.

(1) *United Nations World*, julho de 1951.

Mas, para a opinião mundial, mais exatamente para a imprensa, a energia atômica não se concebe senão sob a forma de bombas. Os jornais receberam a informação sobre uma sensacional experiência atômica e a publicaram sob o título "Explosão Atômica na Argentina".

Esse fato vem confirmar um dos temas deste livro: se a era nova parece prometer pesadelos, é porque nos obstinamos em não ver somente suas possibilidades de destruição, e nunca seus poderes construtivos.

Mas, ouçamos Richter evocar as origens do caso.

"Na Europa, eu havia trabalhado como físico, com altas temperaturas. Parecia-me possível libertar a energia atômica pela fusão de elementos mais leves, e isso em laboratório".

Essa afirmação não se enquadra exatamente neste capítulo?

Quando, no outono de 1948, Richter veio à Argentina, já chegara a "descobertas concernentes ao controle de temperaturas extremamente elevadas" (1).

Não informou se trabalhara na direção de cargas ocas ou dos condensadores de alto poder dielétrico, ou se fora por outro caminho.

"O mundo inteiro — escreveu ele — parecia interessado unicamente nos processos de fissão nuclear, nas pilhas e bombas atômicas. Mas o presidente Peron permitiu-me desenvolver meus trabalhos concernentes às reações termonucleares. Essa direção parecia ser a única em que a Argentina poderia participar da corrida atômica.

No ano seguinte começamos uma instalação-piloto de energia atômica na Ilha Huemul onde foi feita a primeira instalação de reação termonuclear. Desse modo, fomos levados a estudar profundamente os problemas levantados pela bomba H".

Finalmente, depois de ter estudado a fusão do lítio e do trício (hidrogênio muito pesado) Richter considerou que embora não estando interessado nos segredos da bomba H, ele dispunha provavelmente, graças à sua instalação-piloto, de "mais conhecimentos sobre as reações termonucleares do que os Estados Unidos e a Grã-Bretanha".

(1) Na verdade, Richter escreveu: "Controle das zonas de plasma extremamente quentes". Explicitamos: chama-se "plasma" de um arco-elétrico uma zona relativamente pouco luminosa, muito quente, no entanto, e rica em elétrons livres.

"No dia decisivo de 16 de fevereiro de 1951, não fizemos explodir uma bomba H sobre a Ilha Huemul, mas fizemos uma experiência bem sucedida — a primeira em escala técnica — com nosso reator termonuclear.

Estávamos construindo então um reator termonuclear em grande escala."

Esse documento é notável pelas suas expressões vagas. "Experiência bem sucedida", "reator em grande escala" essas expressões pouco definidas tanto podem ocultar um segredo importante quanto mascarar a insuficiência das realizações.

Um fato pode ser lembrado contra Ronald Richter: desde 1951, ele teria tido tempo de demonstrar, perante o mundo, a realidade de suas descobertas.

Contudo, mais do que o bom êxito ou o malogro de Richter, uma coisa é certa: um pouco por toda parte, numerosos físicos estudavam o problema.

O que eles procuravam realizar — voltamos a insistir — nada tem de comum com uma pilha. Nada de "massa crítica", nenhuma explosão a recear. "Aquilo" brilha como a chama de uma lâmpada de álcool. "Aquilo" devora pouco a pouco combustíveis (empregamos essa palavra, aqui sem significado, na falta de outra) levados por "alguma coisa semelhante" ao pavio de nossa lâmpada". "Aquilo" deveria poder se apagar como uma lâmpada.

Mas, podemos deixar de lado o modo condicional para falar do consumo: é certo, na verdade, que o consumo será praticamente nulo, uma grama de matéria equivalendo a vinte e cinco milhões de quilowatts-hora.

Da energia nuclear diretamente à corrente do setor

Mas, se desejamos passar, nem que seja apenas mentalmente, à fase de uma utilização prática, comprehende-se bem que um problema assustador surgiria: o da "evacuação" desse calor.

Nossa microestrela é equivalente à caldeira de uma máquina a vapor. Com o fogo pode-se produzir vapor em uma caldeira; com esse vapor se produz eletricidade, graças a um alternador; com essa eletricidade, não importa onde, faz-se o que se quer.

Pode-se imaginar caldeiras que utilizam o calor de uma fusão, ou condutores de água ou de metal fundido que o levam para as caldeiras? De que formidáveis instalações não se teria necessidade? E seriam elas realizáveis?

O ideal seria suprimir todos esses intermediários. Não se poderia passar, sem transição, da energia nuclear à energia elétrica?... Com efeito, a única forma sob a qual a energia produzida poderia ser instantaneamente evacuada seria sob a forma de energia elétrica.

Mas, não apenas para o sonho industrial em que pensamos seria de importância capital transformar diretamente as forças nucleares em eletricidade, mas também para outras aplicações das quais a nova era traz a promessa.

Ora, entre os numerosos aparelhos-milagrosos da eletrônica existe um cujas possibilidades mal começam a ser compreendidas: o multiplicador de elétrons.

Um multiplicador de elétrons toma um elétron rápido e dá vários elétrons mais lentos. Recomeça o mesmo processo com os elétrons nascidos do primeiro e o repete tantas vezes quantas for necessário para que a progénie do elétron original chegue a alguns bilhões de descendentes.

Esse aparelho já é utilizado na televisão e para o comando de máquinas-ferramentas a partir de impulsos extremamente fracos, pois dá coeficientes de amplificação maiores que os aumentos ordinários.

Entretanto, vejamos isso mais de perto.

O milagre da multiplicação dos elétrons

Imaginemos, para fixar as idéias, uma superfície metálica, de bronze ou de berílio. Essa superfície é atingida por um corpúsculo eletrizado qualquer: partícula alfa, próton, elétron. No ponto de impacto do projétil, verifica-se uma elevação de temperatura. Uma minúscula parcela da superfície é levada, assim, à incandescência, e se verifica a emissão de elétrons.

Segundo o princípio da conservação da energia, se dez partículas nascem do choque de um elétron, cada um desses dez elétrons será portador de uma energia dez vezes menor que a partícula primária.

Teremos, portanto, um feixe de elétrons refletido pela superfície metálica. Mas, se recolhemos esse feixe sobre outra superfície, situada em oposição à primeira, se fazemos esse feixe se deslocar, cada vez mais intenso e cada vez mais rápido, através de toda uma série de superfícies análogas, teremos, finalmente, substituído nossa partícula primitiva, de alto potencial, por um feixe de elétrons de menor voltagem mas de maior intensidade.

Assim, admitamos que enviamos para a primeira placa de um multiplicador, uma partícula alfa de oito milhões de elétron-volts, como as obtidas por Cockcroft e Walton. Se damos ao nosso aparelho dezesseis placas, se admitirmos que o fator de multiplicação é, para cada uma delas, de dois apenas (1), pode-se basear os cálculos à saída, sobre cerca de sessenta mil elétrons com uma energia de cento e trinta elétrons cada um.

Obtemos assim energias que sabemos manejar muito bem.

Infelizmente, se a teoria é simples, sua aplicação prática industrial levantaria grande quantidade de problemas delicados dos quais nenhum parece prestes a ser resolvido.

Em particular, serão emitidos pelas placas raios-X secundários que comprometerão o funcionamento do aparelho.

Mas, antes do tempo em que uma microestrela poderá chegar a nossas mãos, estaremos em condições de utilizar os multiplicadores de elétrons como conversores de energia.

Nesse dia, as torrentes de partículas alfa emitidas pela reação de Cockcroft e Walton atingirão séries de placas que as transformarão em corrente elétrica comum, mas potente: centenas de milhares de ampères a voltagens domésticas que poderão ser imediatamente distribuídos.

A partir desse dia, tudo poderia se transformar muito rapidamente na superfície da terra.

(1) Já foram feitos aparelhos cujo fator de multiplicação atinge dezesseis e até mais.

VI

O ÁTOMO JÁ ESTAVA EM AÇÃO

Depois da guerra tornou-se assunto obrigatório, a grande atração da imprensa: o átomo em ação, as perspectivas pacíficas dessas descobertas das quais o primeiro emprego custou cerca de 200.000 vidas humanas.

O tema é tanto mais fácil quanto se pode apresentar ao público não importa que sensacional manchete, mesmo uma falsa notícia: o leitor não verá nela, podemos afirmar, senão motivo para entusiasmo.

Mas não se deve crer que a energia nuclear surgiu inesperadamente no cenário do mundo, no dia em que o primeiro Sol artificial brilhou nos céus de Alamagordo.

Já decorreu meio século após sua descoberta. No entanto, ela não se manifestava a princípio senão através de fenômenos muito lentos, quase imperceptíveis. Os fenômenos da radiatividade natural.

O apólogo da caverna

Imaginemos que em uma caverna, percebemos pontos de umidade no teto de rocha: algumas gotas de água aparecem e caem. É isso a radiatividade natural: algumas partículas da matéria que resumam, que acabam por chamar nossa atenção.

Estamos em 1896: Henri Becquerel, depois os Curie, estudando a fluorescência de certos minérios, descobriram que potências misteriosas se manifestam no exterior dessas rochas.

Logo compreendemos que lá, por trás das paredes do túnel, há um grande lençol d'água invisível que, sob pressão, força as rochas.

Estamos agora por volta de 1908: Gustave Le Bon e Frédéric Soddy começam a pensar que a matéria pode conter uma imensa reserva de energia.

Desejamos nos aproximar do grande segredo, auscultamos a rocha, nós a sondamos, a perfuramos. E, um dia, é a irrupção de uma imensa, fantástica massa de água: abriu-se o poço. Todos os homens que se encontravam à sua passagem foram mortos. Quem não compreendeu que estamos em 1945, no dia de Hiroshima?

A experiência foi cruel. Mas, pelo menos, sabemos que existe um imenso reservatório de energia na rocha da matéria.

Agora, falta-nos empreender a verdadeira conquista: atingir o fabuloso reservatório de potência, mas não nos deixar varrer por ele, controlá-lo, domá-lo, subjugá-lo. É para isso que os atomistas trabalham hoje.

Como os fogos-fátuos que, durante milênios, erravam sobre incalculáveis lençóis de petróleo ainda desconhecidos em Baku, a fluorescência havia denunciado aos homens uma fonte de energia ainda mais formidável...

Acredita-se, muito facilmente, que tudo começou com a bomba... Não! As gotas que tombavam naturalmente do teto já eram utilizadas pelo homem. Até mesmo no plano industrial. É que, mesmo minúsculas, elas caíam do alto e encerravam, portanto, uma grande energia.

Alguns exemplos poderão demonstrar que há muito tempo o átomo já estava em ação.

O obus, o clarão e a fumaça

Mas é preciso, antes de mais nada, reconhecer que o fluido que resumava do teto do túnel não era uniforme: três tipos de gotas foram logo distinguidos.

Com efeito, a desintegração espontânea de um núcleo emite três tipos de radiação. Pode-se compará-las aos obus, ao clarão e à fumaça que se escapam de um canhão.

Nesse paralelo, a partícula alfa, a mais pesada, seria o obus; a partícula beta o clarão, e a partícula gama, a fumaça.

A comparação é exata porque a partícula alfa, como o obus, preexiste no núcleo, enquanto a partícula beta e a partícula gama são criadas no momento da explosão.

A comparação é falsa porque os raios gama têm propriedades ondulatórias que não existem na fumaça. Por outro lado, o obus dá mais efeito que o clarão e a fumaça, enquanto os raios gama são mais penetrantes e nocivos que os raios alfa e beta.

Mas, sob essas três formas, é sempre a energia nuclear que se manifesta.

Sem máquinas pesadas, complicadas e dispendiosas, o homem está em condições de utilizar três formas que foram batizadas, sem no entanto as abranger, com os nomes das três primeiras letras do alfabeto grego: alfa, beta e gama.

Essas forças, é preciso aprender a conhecê-las:

— os raios *alfa*, grãos de *matéria* projetados com grande velocidade, idênticos ao núcleo do hélio, fazem brilhar as substâncias luminescentes, produzem reações químicas, tornam o ar condutor de eletricidade;

— os raios *beta*, grãos de *eletricidade*, emitidos com velocidade quase igual à da luz, produzem os mesmos efeitos;

— os raios *gama*, grãos de *luz*, extremamente penetrantes, destroem as células, permitem radiografar os objetos opacos aos próprios raios-X, produzem efeitos químicos.

Desde o começo do século, que corresponde ao começo da era atômica, foram tentadas algumas aplicações desses efeitos: os relógios luminosos, o tratamento do câncer, o exame de peças metálicas pelos raios-gama.

Infelizmente, o preço muito elevado do rádio (hoje de aproximadamente vinte milhões de francos a grama) desencorajava quem quer que sonhasse com uma exploração mais ampla da poderosa e nova energia.

Ora, em nossos dias, as pilhas atômicas produzem raios-elementos artificiais cujo preço não é de nenhum modo comparável ao dos metais naturalmente radiativos, extraídos, com fabulosa despesa, de minérios complexos:

Basta colocar uma substância qualquer na pilha atômica para, depois de certo tempo, torná-la radiativa.

O curie, unidade de radiatividade equivalente à potência radiativa de uma grama de rádio, é vendida atualmente por cerca de cinqüenta mil francos.

Mas, espera-se que no futuro, esse preço possa cair substancialmente...

Um tesouro enterrado

Em qualquer pilha atômica, sirva ela à fabricação de bombas ou à produção de energia, acumulam-se resíduos, produtos da fissão do núcleo de urânio.

Se deixarmos esses resíduos durante tempo excessivo na pilha, eles a "envenenarão", isto é, a farão parar. Eles acabarão, com efeito, por absorver os nêutrons cujo fluxo mantém a reação em cadeia.

É preciso, portanto, nos desembaraçarmos desses resíduos. Mas, como fazê-lo?

Primeiro, transportamos o lingote de urânio "contaminado" para uma usina de tratamento onde um processo químico relativamente simples permite que o desembaracemos dos resíduos.

Na prática, as manipulações necessárias são tão perigosas que as devemos reservar a mecanismos telecomandados, o que não pode ser feito, entretanto, sem complicar as coisas.

O urânio purificado é então devolvido às pilhas e o verdadeiro problema surge de novo: que fazer dos resíduos?

Eles são constituídos por um complexo contendo uma centena de elementos radiativos artificiais que emitem raios-alfa, beta e gama misturados.

Que fazer das ferramentas, roupas, restos de aparelhos e móveis de laboratório que são "quentes"? — como dizem os atomistas?

Atualmente, coloca-se tudo em recipientes metálicos encerrados em grandes blocos de cimento que, por sua vez, são enterrados em uma zona bem delimitada.

Mas o acúmulo de bilhões e milhões de curies ameaça ter graves consequências, sobretudo se o futuro, cumprindo suas promessas, apresentar um grande desenvolvimento das indústrias atômicas.

Surge aí um sério problema para a humanidade: que fazer dos resíduos radiativos?

A opinião pública norte-americana já foi atingida. A imprensa se mostrou aterrorizada. Chegou-se a brincar, a pilhar com esse "presente envenenado" que ninguém quer aceitar.

Em 1951, um diálogo administrativo foi estabelecido entre a Comissão de Energia Atômica e a Direção dos Foguetes em White-Sands, diálogo que pode ser traduzido da seguinte maneira, em linguagem familiar:

— Vocês estariam em condições de lançar no espaço, fora do campo da gravitação terrestre, algumas toneladas de resíduos radiativos?

— Ainda não. A situação é assim tão grave?

— Sim. É bastante grave. Atualmente enterramos esses resíduos. Mas, considerando-se a existência de raios atômicos, os melhores recipientes são rapidamente corroídos pela umidade do solo.

— Por que não os atiram ao mar?

— Já pensamos nisso. Mas, alguns peixes, arenques, bacalhau em particular, têm a faculdade de concentrar a radiati-

vidade. Se eles forem pescados e ingeridos, vocês podem imaginar o que...

— Mas se julgando lançar esses resíduos ao espaço cósmico nós os fizéssemos recair sobre território de um Estado sensível, vocês também poderiam imaginar o que... Acreditem-nos. É preciso esperar ainda alguns anos para que possamos ter foguetes assim poderosos.

Foi então que a Universidade de Stanford, cujos físicos consideravam que desse modo era enterrado sistematicamente um tesouro incalculável, pôs em ação o famoso "projeto 361": o estudo das aplicações industriais dos resíduos radiativos.

Esse relatório, publicado em 1951, é fundamental para quem quer que se interesse pelas aplicações pacíficas da energia nuclear. Ele foi redigido a pedido de M. J. H. Hamden, da *Atomic Energy Commission*. Os nomes de Paul J. Lovewell, Paul M. Cook e William E. Hosken, devem ser citados a propósito dessa redação. Inúmeras sociedades qualificadas deram sua colaboração a esse conjunto único de promessas.

O "projeto 361" já exerceu grande influência. Estão prestes a nascer indústrias que figurarão, amanhã, entre as mais importantes. Observemos algumas delas em seu berço...

O mercado das quatro estações

A carne embrulhada em celofane está na moda, atualmente, na França.

Mas, amanhã, sob o mesmo aspecto, sob uma embalagem semelhante, a carne que vamos comprar será bem diferente: ela não será fria, e poderá ser conservada durante meses fora da geladeira.

E esse peixe em saquinhos, esse leite em garrafas, esses legumes crus em caixas, se conservarão também com a aparência de produtos frescos e com o gosto completamente inalterados.

Retire o celofane, abra a garrafa ou a caixa, e não poderá de nenhum modo determinar se esses alimentos são de outra estação, se vêm ou não de outro país.

Trata-se de um milagre dos raios cósmicos, dos raios gama.

Outrora, para obter uma perfeita esterilização era preciso levar a temperatura dos produtos a cem graus abaixo de zero.

Assim, eram mortos todos os organismos vivos. Mas essa temperatura decomponha numerosas substâncias essenciais para nossa saúde, tais como vitaminas e ácidos aminados.

Mais tarde, foi possível utilizar o frio. Os micróbios, nessa técnica, não são mortos, ficam apenas paralisados. Mas as reações químicas produzidas na matéria orgânica por suas toxinas são consideravelmente reduzidas.

Infelizmente, assim que o alimento congelado volta à temperatura ambiente, a decomposição é ainda mais rápida.

Os raios-gama, entretanto, matam os micróbios, mesmo quando cercados por um envoltório ceroso no qual alguns "se enquistam". Agindo à temperatura normal, não exercem qualquer ação sobre as substâncias essenciais da matéria viva.

Em princípio, o processo é preferível a qualquer outro. No entanto, era até o presente muito dispendioso, embora isso não se justifique, pois é de simplicidade extrema.

Os alimentos que devem ser conservados, crus ou cozidos, são postos em caixas ou em saquinhos. Sem dúvida, no futuro, serão envolvidos em matérias plásticas flexíveis, como o polieteno, que serve hoje para a embalagem de certos "shampoos".

Depois disso são colocados em uma fita rolante que os leva a um compartimento de paredes de cimento, onde passam por um anel de rádio-cobalto, elemento dotado de forte radiatividade que custa quarenta e cinco mil francos o curie e pode ser utilizado durante anos. Uma exposição de meio minuto a suas radiações e os alimentos se tornam estéreis mesmo quando em caixas de ferro.

Por que essa esterilização que não exige nenhuma despesa de mão-de-obra, que pode ser feita automaticamente tanto de dia como de noite, que não exige nenhum gasto de energia elétrica, não baixaria os seus preços de custo, tornado-os inferiores aos dos processos clássicos?

O desenvolvimento agrícola do mundo se verifica sob nossos olhos: cada região de um país e cada país da Terra tende a se especializar nas culturas mais favoráveis.

Apesar das reticências de uma nação como a França onde se faz freqüentemente mais jardinagem do que propriamente agricultura, essa lei da especialização é também tão inexorável quanto a da industrialização. Mas ela utiliza a conservação dos produtos, tanto para permitir o seu transporte como para assegurar à agricultura uma defesa contra as passageiras quedas de preço, regularizando o mercado.

Essa conservação será feita pelos raios-gama e a dona de casa não trará do mercado mais do que saquinhos e caixas onde as quatro estações, assim como várias províncias, para

não dizer vários países, estarão representados com os seus preços.

O que mais impressiona uma mulher européia em um mercado dos Estados Unidos ou do Canadá, é ver legumes vendidos, inteiramente preparados, em saquinhos de plástico. Um passo mais e eles poderão ser conservados, esterilizados, através do tempo e do espaço. Já se encontram à venda caixas de ervilhas em conserva, cruas e secas.

A serviço da farmácia

Nas fábricas de produtos farmacêuticos, o enchimento de ampolas estéreis nunca é fácil; em alguns casos, quando se fabrica, por exemplo, a penicilina, esse trabalho é extremamente delicado.

É preciso encher ampolas imediatamente depois de as ter submetida à fervura, em atmosfera filtrada e condicionada de um recinto fechado, trabalhando com luvas, com uma cortina de raios ultravioleta à entrada da sala.

Nos Estados Unidos, onde a esterilização pelos raios-gama já é utilizada, as ampolas são fechadas e cheias em condições de limpeza normal; elas passam durante cerca de trinta segundos por um "banho" de raios-gama, no interior de uma caixa feita de chumbo. Já não são necessárias as antigas e aborrecidas precauções!

Felizmente, o vidro comum torna-se escuro sob os raios-gama ao mesmo tempo que a penicilina é esterilizada. Assim, simultaneamente, podemos nos assegurar contra o efeito da radiação. (É por isso que certas penicilinas norte-americanas são apresentadas em ampolas de vidro ligeiramente enfumado.)

Mas, na mente do profano surge uma pergunta: os produtos não se tornariam assim também radiativos e, portanto, perigosos?

O primeiro físico que se encontrar, dará de ombros e responderá:

— Os raios-gama não provocam radiação artificial. Pelo menos aqueles que utilizamos não possuem energia suficiente para arrancar nêutrons ao núcleo atômico. Eles não podem fazer mais do que arrebatar elétrons que, por sua vez, decomponem certas moléculas...

Quanto aos perigos que a radiação gama pode representar para o pessoal que trabalha com esses raios não é inexisten-

te, é verdade. Mas por que a manipuladora introduziria a mão na caixa de chumbo, quando jamais o faria em um autoclave a cem graus?

Com este processo a economia na indústria farmacêutica será mais voltosa que na indústria das conservas, pois as precauções exigidas pela esterilização clássica são muito dispendiosas.

Segundo o relatório Stanford, pode-se esperar dos novos processos de esterilização uma economia anual de cerca de cem milhões de dólares no conjunto da indústria farmacêutica nor-e-americana.

“Sob a luz fria”

Para Pierre Mac Orlan, que nos fornece esse subtítulo, a “luz fria” é a dos revérberos, dos sinais na noite fria.

Para a civilização será uma nova forma de iluminação.

Para o físico já é um meio de conhecer um estado surpreendente da matéria, o estado cristalino.

Travamos conhecimento com a luz fria atômica em um laboratório parisiense especializado há trinta anos em produtos radiativos. Sobre a mesa, letras luminosas de matéria plástica formavam uma palavra.

“Nada nas mãos, nada nos bolsos” — disse o engenheiro que nos recebeu. “Nenhum fio, vocês podem verificar”.

Era verdade, o sinal estava simplesmente colocado sobre a mesa.

— Nenhum parasita para os postos de T.S.F. próximos. Nenhuma radiatividade perigosa. E, sobretudo, nenhum calor: vocês podem tocá-lo.

Então nós o tocamos. Curiosa impressão! Essas letras de matéria plástica, embora irradiando intensa luminosidade, eram frias sob nossos dedos.

— Quando poderemos dispor — perguntamos — de um filete luminoso que, em nossos apartamentos, iluminará ininterruptamente os corredores?

— Não cogitamos imediatamente de suas aplicações domésticas. Os primeiros anúncios mal começam a aparecer nos Estados Unidos. Na França, no momento, podemos apenas melhorar consideravelmente o funcionamento dos tubos fluorescentes ordinários. E isso, introduzindo no tubo certos radioisótopos, com o que baixamos a voltagem inicial e eliminamos qualquer piscar.

— Durante quanto tempo poder-se-á manter essa magia?

— O brilho não declinará antes de um ano. Mas, isso é apenas o começo; sem dúvida conseguiremos "vidas" mais longas, como, por outro lado, cores diversas.

"Os preços de custo, pode-se prever desde já, deverão ser muito interessantes. Serão inferiores aos de um consumo continuado de energia elétrica por um luminoso igual, durante um ano.

E poderão ser ainda mais reduzidos. Pode-se afirmar que a nova iluminação permitirá economia ponderável em relação às outras.

"Talvez o custo da iluminação baixe a tal ponto que se possa iluminar permanentemente os subsolos, os túneis, inscrever em letras luminosas o número de nossas casas, os nomes de nossas ruas, as chapas de nossos carros.

— Mas, qual é o princípio dessa luminescência? Seu mecanismo físico é, sem dúvida, o mesmo do mostrador de um relógio?

— Antes de mais nada — replicou o engenheiro — diga-me o que você sabe dessa luminescência hoje clássica.

— Sei que não se sabe muita coisa a respeito; simplesmente que o sulfureto de zinco cristalino muda de estrutura e se torna luminoso quando atingido pela radiação proveniente de sais de rádio que lhe são misturados.

— Esclareçamos que essa radiação é composta de raios-alfa e vocês poderão ter uma idéia do fenômeno que ocorre nessas letras mágicas: aqui também se observa a excitação de certos cristais por uma radiação, mas trata-se de radiação beta.

— Por outro lado, não se tem necessidade de um cristal e de um elemento radiativo. O que interessa, nesse processo, é tornar radiativo o próprio cristal.

Não posso dizer qual a natureza desse cristal. Mas, suponham, para ter uma idéia mais clara, que se tratasse, como no seu relógio, de sulfureto de zinco. Imaginem agora que esse sulfureto é fabricado com isótopos radiativos de zinco, procedentes de uma pilha atômica, e compreenderão que os próprios cristais devem brilhar, recebendo de seus próprios átomos a excitação necessária para isso.

Os mistérios do cristal

Desejaríamos penetrar um pouco mais nesse mecanismo. Infelizmente, isso seria para nós chegar ao abismo de um grande desconhecido.

O professor Maurice Curie, grande especialista em luminescência, o admite (1).

No que concerne ao mecanismo da produção das cintilações, ainda estamos limitados a hipóteses.

Sem nenhuma dúvida, esse desconhecido esconde um dos segredos mais essenciais da matéria; sem dúvida, essa manifestação, no momento incompreensível, é que poderá permitir, um dia, a compreensão desse mecanismo.

Existe um *estado cristalino* da matéria, independente dos estados sólido, líquido e gasoso, que é caracterizado por uma disposição regular dos átomos em estados particulares.

Certos sólidos não são cristalinos; a parafina, por exemplo. Alguns líquidos, como a água, o mercúrio, o são.

Os trabalhos do francês René Coustal abriram caminho ao conhecimento das transformações energéticas das quais os cristais podem ser a sede.

Nos Estados Unidos, é o nome de Frederic Seitz que se deve ligar aos maiores progressos. Mas o grande especialista foi o soviético Vavilov, que escreveu numerosas e volumosas obras sobre a "excitação dos cristais". Mas ele não pode dar ainda uma explicação teórica completa dos numerosos fenômenos que ele observou.

O mais interessante, entretanto, é que esse mesmo segredo íntimo da estrutura cristalina se encontra também em outras manifestações físicas.

Alguns cristais detectam as ondas hertzianas. É o que acontece com a galena que permitiu o nascimento do rádio, assim como o germânio que, com o famoso e recente "transistor" que substituirá daqui por diante as "válvulas" deverá permitir um prodigioso desenvolvimento da eletrônica.

Ora, que é a capacidade detectora, senão a faculdade de transformar as ondas hertzianas em corrente elétrica? Aqui também, o cristal é a sede de uma misteriosa transformação energética.

Desde 1927, sabe-se, graças ao grande físico P. A. M. Dirac, que o universo físico que nos é sensível "flutua" na superfície de um oceano de energia, o "oceano de Dirac" como se costuma dizer.

Ora, R. W. Shockley, em seus trabalhos em torno do transistor, estudando a matéria cristalizada demonstrou que "furos" de energia se movimentam perpetuamente em certos cristais.

(1) Maurice Curie: *Luminescence des corps solides*, p. 130. Presses Universitaires.

O cristal se torna assim uma porta aberta para o mistério do universo da energia. E a luz que ele proporciona poderá amanhã nos "iluminar" quanto a esses mistérios, quanto a fenômenos até então inexplicados da matéria e da energia.

Podemos esperar, nesse campo, as mais extraordinárias revelações.

Um físico atômico, R. P. Feynman, não afirmava que esses "furos" remontam no tempo em sentido inverso?

Tem-se a impressão de que os físicos se encontram diante de um segredo semelhante ao do núcleo atômico quando os Becquerel, os Curie, os Perrin giravam em torno dele antes que Rutherford o tivesse finalmente penetrado.

Mas a estrutura cristalina parece mais importante do que a estrutura do núcleo. Ela é encontrada na própria origem da vida.

Segundo os trabalhos do norte-americano Wendell M. Stanley, prêmio Nobel 1946, o ultravírus do mosaico do fumo, um dos ultravírus mais conhecidos (ou talvez o menos desconhecido) pode assumir a forma cristalina que não parece, de nenhum modo, viva.

Ora, na presença da vida, no interior de uma folha, por exemplo, esses cristais se tornam vivos. Se é que o homem pode se aproximar, em suas pesquisas físicas, do limiar da vida, ele o fará possivelmente neste terreno.

Melhor ainda, o grande biólogo norte-americano H. J. Muller, prêmio Nobel 1928, demonstrou que os genes, esses corpúsculos que, nas células sexuais, condicionam a estrutura do novo ser, são constituídos por um mosaico de cristais.

Um outro prêmio Nobel, o grande físico Erwin Schrödinger, vai ainda mais longe. Ele encara os genes como cristais de natureza bastante particular: cristais de disposições atômicas não regulares das quais ele estabeleceu a teoria matemática: a teoria dos "cristais aperiódicos".

Ora, as mutações de espécies que se pôde conseguir, isto é, as modificações dos genes do indivíduo, foram produzidas pelos raios-X e raios-gama.

Ainda aqui, parece que uma transformação energética profunda é produzida por cristais.

Quando, em fevereiro de 1954, sentiu que a morte se aproximava, René Barthelemy, eletrônico francês, especialista em televisão, redigiu uma mensagem a seus colegas da Academia de Ciências. Nessa mensagem, que foi lida por Louis de Broglie na qualidade de secretário perpétuo da Academia, o

cientista que pressentia a morte, escreveu esta extraordinária frase:

Dentro de alguns instantes, talvez de algumas horas, terei vencido o espaço que separa a célula viva do cristal.

Como estamos longe da pesquisa de uma forma econômica de iluminação que nos serviu de ponto de partida!

Um toque da varinha de condão

Um dos autores deste livro que pouco conhece da Química, almoçava muitas vezes com o outro autor, químico de profissão.

O primeiro procurava assimilar alguns conhecimentos sobre matérias plásticas em cuja floresta ele se sentia um tanto perdido, enquanto o segundo via nelas o seu domínio.

— Então esse saleiro transparente é de polietileno?

— Mas não! Vejamos. De polistireno! Com os polietilenos fabricamos os frascos flexíveis que, de repente, se impuseram tanto no comércio de luxo como nos bazares.

Não confunda as coisas! Preciso levá-lo a ver a fabricação do polistireno.

— Existem fábricas de polistireno na França?

— Sim, mas não é preciso ir às fábricas. No laboratório de um amigo, em Paris, há alguns meses, eu mesmo fabriquei polistireno. Com a polimerização catalítica isso é hoje muito fácil.

O estireno é um líquido incolor que tem a aparência e o cheiro do fluido para isqueiros; é fabricado a partir do alcatrão de hulha. Em seguida é preciso polimerizá-lo, isto é, aglomerar suas moléculas para fabricar outras moléculas, desta vez gigantes, que serão de polistireno.

Hoje, basta um toque da varinha de condão. Sim, uma verdadeira varinha de condão. Um tubo de alumínio contendo um emissor beta.

Uma cuba do tamanho desta mesa estava cheia de estireno. Tomei meu tubo de alumínio e com ele agitei o líquido. Retirei rapidamente o tubo. Então vi o líquido se transformar bruscamente em massa da mesma forma que a água se torna gelo.

— Não podemos deixar de falar dessa radioquímica em nosso capítulo sobre as aplicações industriais do átomo!

Pois bem! Então falemos...

Voltemos a 1905. Não se dispunha, então, de elementos com radiatividade suficientemente poderosa para que emitis-

sem verdadeiros fluxos eletrônicos. No entanto, desejava-se estudar essas radiações beta tão pouco conhecidas.

A solução é criá-las por meio de uma corrente elétrica, passando por um tubo de vácuo entre dois eletrodos metálicos: do eletrodo negativo, isto é, o cátodo, partem raios catódicos, ou seja, raios beta, isto é, um fluxo de elétrons.

Mas o vidro da ampola lhes é opaco. Assim é preciso abrir para eles uma janela, uma janela que não dê passagem ao ar e mantenha assim o vácuo. Uma fina folha de metal substituirá o vidro no trajeto dos elétrons e os deixará passar.

Com um "tubo de Coolidge" Coolidge fez experiências clássicas com raios beta: iluminou um diamante e fez cair os pelos de um coelho; polimerizou o acetileno.

Fez um feixe de elétrons penetrar em um recipiente cheio de acetileno, e, imediatamente, viu se formar uma substância negra, que parecia carvão de madeira.

Uma vez que o acetileno não estava na presença de nenhuma outra substância, foi porque suas moléculas se combinaram com suas próprias moléculas que ele se polimerizou.

A experiência era de importância capital. Se o polímero de acetileno revelou-se depois de nenhuma utilidade, pelo menos, nesse dia, acabava de nascer a radioquímica na qual certas radiações são agentes reativos.

Os trabalhos do alemão Staudinger sobre a polimerização datam de muito antes da guerra. Mas não foram coroados com o prêmio Nobel senão em 1953. Eles demonstraram que a polimerização é a chave que permite ao homem fazer a síntese das grandes moléculas. Possibilitaram, assim, a fabricação da borracha sintética — dos polistirenos, plásticos, transparentes ou não, de preço de custo muito baixo, que reinam no mercado — e os polietilenos tão resistentes aos agentes químicos, tão leves que com eles são fabricados utensílios de laboratório assim como frascos vaporizadores para perfumes, tão bons isolantes que se impõem nas técnicas de ondas ultracurtas e que, sem eles, o radar não seria, talvez, o que é — e o poliéster com o qual já fabricamos carrocerias de automóveis e nos dará, amanhã, células de avião, invisíveis aos radares inimigos, uma vez que essa substância é o único material que não devolve o eco das microondas — e o plexiglas que todo mundo conhece.

Percebe-se a importância das polimerizações para hoje e, sobretudo, para amanhã. Infelizmente, essa técnica de estruturação molecular é bastante difícil. Exige altas pressões (até

duas mil atmosferas) temperaturas bastante elevadas e a presença de custosos agentes catalisadores. Ela é, pois, o resultado de poderosas usinas trabalhando com enormes reatores de aço inoxidável. O perigo de explosão está sempre presente e o produto pode, inesperadamente, se transformar em massa, o que exige então que se desmonte, senão as tubulações, até os próprios reatores.

Mas os químicos esperavam que um dia, graças aos raios beta, essa técnica tão difícil pudesse ser abandonada. Era preciso, antes de mais nada, fontes abundantes e cômodas de raios atômicos. Nós já dispomos dessas fontes no rádio-cobalto ou no rádio-estrônico.

As grandes usinas de borracha sintética de construções muito altas e muito complexas de aço, já estariam assim condenadas? A borracha a um quarto do seu preço já nos será dada amanhã de manhã?

Certo é que já são possíveis algumas polimerizações eletrônicas.

Já vimos de que modo o polistireno pode ser obtido com um simples toque da varinha de condão. Nos Estados Unidos, as usinas cogitam da industrialização do processo. Mas, vejamos outros exemplos.

Sob o efeito dos raios-beta, a molécula se reajusta e se torna mais sólida. Os frascos flexíveis tão leves, resistentes, cômodos que nos parecem perfeitos, apresentam, na realidade, um considerável defeito: derretem se os enchermos com água fervendo.

Ora, depois de um tratamento eletrônico eles podem suportar 121 graus C. Como o polietileno, insensível a tantos agentes químicos, pode ser utilizado para diversos utensílios de Medicina ou de cirurgia, percebe-se o interesse do novo aperfeiçoamento: esses instrumentos podem ser, daqui por diante, esterilizados.

Nas usinas atômicas de Hanford, a General Electric fez experiências muito interessantes: colocou diversas matérias plásticas no poço em que se deixam barras de urânia a fim de que percam sua radiatividade antes de podermos manipulá-las.

Ao fim de seis meses, foram observados complexos fenômenos de polimerização. No conjunto, as substâncias se tornam mais elásticas e menos plásticas.

Entre o "efeito" descoberto por Coolidge e suas primeiras aplicações, transcorreram cerca de quarenta anos.

Mas, entre os novos "efeitos" de modificação molecular nos plásticos e sua industrialização, a espera será certamente

menos longa. É que não se trata mais dos trabalhos de um cientista isolado em seu laboratório. Desta vez, é a potência industrial da General Electric que está em jogo, e também da Dupont de Nemours e da Goodrich.

O mistério dos “15 tostões”

Eram sobretudo os “15 tostões” que pareciam vítimas do encantamento: as meias do *nylon* saíam da máquina para flutuar no espaço como se fossem sustentadas por mãos invisíveis. Mesmo quando não manifestavam um espírito de tanta independência, elas se escrespavam, se enrugavam, não tinham o brilho perfeito das meias “cristal”.

Também se perdia o tempo que se deveria ganhar com essa nova máquina e mais tempo ainda. Foi preciso recorrer a uma operária que não tinha outra tarefa senão a de colocar de novo no bom caminho as meias recalcitrantes. Mas essa não era uma solução.

A solução foi encontrada em simples barras de metal que um engenheiro colocou em certos pontos da máquina, judiciosamente escolhidos. Barras antimágicas, se é que se pode dizer assim, pois, imediatamente, sob o efeito do polônio que elas continham, a magia cessou, e a produção de meias pôde chegar ao pleno rendimento prometido pelo construtor.

Mas, tratemos de esclarecer mistério e contramistério.

Você já percebeu, minha senhora, ao se pentear, que saem faíscas do seu pente?... Quando era criança, meu senhor, lembra-se de ter “imantado”, esfregando-a com um pedaço de lã, uma caneta de ebonite, para que ela atraísse pedacinhos de papel?

A eletricidade nasceu do atrito tanto no caso do pente como no da caneta. Esses maus condutores não podem libertá-la. Ela fica imobilizada neles, “estática” mas pronta a se escoar violentamente.

Foi sob essa forma que se conheceu primeiro essa eletricidade que deveria se afirmar como a força essencial da natureza e que foi, por outro lado, batizada com o seu nome, porque os antigos já tinham verificado o fenômeno da eletrização do âmbar pelo atrito e porque âmbar, em grego é *elétron*.

O raio nos ameaça por toda parte

Enquanto estava sendo redigido este livro, registraram-se dois fatos diversos entre tantos outros: na Clínica Mayo, em

Rochester (Minnesota) uma bombona de éter explodiu deixando um saldo de quatro mortos, dois médicos e duas enfermeiras; por outro lado, em uma grande cidade da França um viajante correu atrás de um ônibus, segurou o balaústre, recebeu uma descarga elétrica e caiu na calçada.

Vejamos, inicialmente, o que se passou nos Estados Unidos. Uma enfermeira levou a uma sala de operações uma bombona de éter, em um carrinho de rodas de borracha. Em seguida, tirou a tampa da bombona para encher os reservatórios dos aparelhos de anestesia. Nesse momento, uma faísca surgiu entre o gargalo da bombona e o solo. Explosão.

A eletricidade devida ao atrito das rodas de borracha no linóleo subiu e se acumulou no gargalo da bombona. Quando esta foi destampada, vapores de éter que se expandiram tornaram o ar melhor condutor. Então, uma descarga explosiva passou da bombona para o chão. Exatamente como um raio.

Quanto ao fato ocorrido na França, não será preciso explicá-lo longamente quando soubermos que o ônibus tinha pneus de borracha sintética, substância particularmente dielétrica e que a calçada era asfaltada e estava seca... Mas acontece que o passageiro acidentado sempre apresenta queixa à justiça exigindo indenização pelos danos sofridos.

Generalizações: que, em consequência do atrito, uma máquina se carrega, a eletricidade se acumulará em pontos maus condutores e se libertará através do primeiro bom condutor que surgir.

Nesta máquina rotativa de impressão, a eletricidade do atrito cola o papel aos cilindros, por vezes o rasga e impede a empilhagem dos jornais. Por vezes se produzem faíscas. (Em uma tipografia parisiense que imprimia capas de papel laqué, vimos uma faísca que chegou a vinte centímetros.) Nesse caso, é preciso diminuir a velocidade de rotação para limitar esses perigos.

Mas então, de que servem as máquinas modernas capazes de girar tão depressa? Se a velocidade fosse mantida, surgiriam faíscas que poderiam provocar uma catástrofe no caso, aliás freqüente, em que os solventes de tintas são inflamáveis.

A embalagem automática com celofane também é vítima da eletricidade estática. O mesmo acontece com a indústria da tecelagem em que certos tecidos se refraem e depois se esticam, em que certas máquinas podem dar abalos elétricos às operárias que as tocam. Nas fiações, fios de seda se torcem. Nas usinas de matérias plásticas, chapas empilhadas umas sobre as outras se recusam a separar-se.

Em uma fábrica parisiense especializada na fabricação de fitas plásticas, uma escova acumulava cargas e logo descarregava eletricidade em uma faísca que danificava a película celulósica.

Pára-raios miniatura

Evitar a formação de eletricidade é impossível. O que é preciso é permitir que ela se descarregue. Mas, de que modo? através do ar.

Coloquemos fontes radiativas em pontos nos quais se acumula a eletricidade; os raios-alfa, beta ou gama, arrebatando elétrons aos átomos de oxigênio e de azoto "ionizarão" o ar tornando-o assim bom condutor. As cargas elétricas estáticas poderão assim ser descarregadas continuamente na atmosfera circundante.

Os raios-alfa têm o maior poder ionizante. Infelizmente, eles não podem penetrar mais do que cerca de cinco centímetros no ar.

Como fonte de raios-alfa utiliza-se quer o rádio quer o polônio. O primeiro tem "vida" bem mais longa que o segundo que, em menos de cinco meses, terá sua atividade reduzida à metade. O polônio também não será empregado se o rádio, cujo poder praticamente não se reduz, não apresentasse uma séria deficiência, a de emitir igualmente raios-beta e raios-gama, estes últimos penetrantes e perigosos.

Nas máquinas das quais os operários não precisam aproximar-se muito, escolher-se-á portanto, "eliminadores estáticos" de rádio; nas outras dar-se-á preferência ao polônio.

Assim, essa velha eletricidade estática de nossos avós é combatida pelos mais modernos métodos.

Um outro remédio, bastante novo, começa a ser utilizado: a "borracha condutora" — última criação da química sintética.

Se, na Clínica Mayo, onde explodiu a bombona de éter, as rodas do carrinho fossem feitas dessa borracha, a catástrofe não se teria verificado.

Se a máquina de fabricar meias de seda tivesse sido instalada em solo revestido de um tapete de borracha condutora, a eletricidade se teria libertado à medida que se fosse produzindo.

O mais dissimulado dos perigos

Mesmo pondo de lado aqui as promessas de produção de energia a baixo preço, o horizonte, decididamente, não está sangrando apenas pela desintegração nuclear. O "projeto 361" promete muitos progressos à nossa vida quotidiana.

Contudo, ele não é destituído de perigos. Quando se tem consciência das terríveis ameaças que representam para um ser vivo a proximidade, ou o que é pior, a absorção de uma substância radiativa, quando se pensa nas extraordinárias medidas de segurança tomadas, nos Estados Unidos, pela Comissão de Energia Atómica para a retirada das "matérias quentes", não se pode fazer outra coisa senão recear ver essas matérias "contaminadas" ao alcance do primeiro que se aproximar.

Mesmo que leis rígidas obriguem qualquer usuário dessas matérias a tomar precauções draconianas, poderemos estar certos de que essas determinações serão seguidas à risca?

Para compreender a gravidade do problema, é preciso lembrar dessa história várias vezes publicada, na qual se vê o vigilante noturno de uma usina atómica envolvido em inacreditáveis aventuras por ter roubado uma chave-inglesa que ele não sabia estar "envenenada".

As equipes do serviço de "saúde industrial" (industrial health) detectaram as radiações provenientes de uma casa residencial, encontraram com a maior facilidade a chave cuja localização fora "indicada" desse modo. Toda a casa foi queimada e o vigia posto de quarentena.

Um outro fato demonstrará como é difícil nos defender sempre e por toda parte da insidiosa radiatividade.

Em 1953, foi descoberto, quase que por acaso, no estuário do rio Savannah, todo um campo de algas "contaminadas" pelas águas do rio que, acima daquele ponto, havia resfriado uma pilha atómica.

Esses vegetais haviam concentrado iodo radiativo, corpo particularmente virulento. Se essas algas tivessem sido utilizadas para fabricar geléias para sorvetes, por exemplo, como seria possível detectar no corpo de suas eventuais vítimas, o misterioso mal que as levava à morte?

Que aconteceria se, um dia, fosse deixado em mãos imprudentes esse terrível brinquedo que é um átomo em desintegração?

Mesmo admitindo-se que a saúde pública será sempre zelosamente protegida, é preciso não esquecer que a radiatividade trará ao homem inconvenientes mais ou menos sérios.

Assim, foi possível avaliar que, dentro de cerca de vinte anos, qualquer fotografia se tornará impossível nas zonas industriais, senão em todos os países civilizados, pois as radiações atômicas que emanam um pouco por toda parte impressionam as películas e as chapas.

Isso pode parecer simples imaginação. Mas, contemos uma história que está longe de ser uma previsão do futuro.

Toda uma produção de chapas, na Kodak, passou por uma aventura incompreensível: as chapas estavam veladas. Uma pesquisa intensiva revelou um acontecimento rocambolesco: o papelão das caixas era radiativo: isso porque a palha que servira para fabricá-lo era radiativa; e isso porque o trigo que havia dado essa palha era radiativo porque...

Não! É impossível remontar, com certeza, mais longe ainda, até a origem. Seria necessário incriminar as infiltrações subterrâneas, não apenas invisíveis mas ainda distantes, procedentes dos resíduos de uma usina atômica.

Na própria França, onde a indústria atômica se encontra em fase experimental, e em escala muito reduzida, já se começa a observar, na região parisiense, películas de alta sensibilidade que se apresentam ligeiramente veladas.

E a detecção, em outubro de 1953, de uma radiatividade anormal na atmosfera da capital francesa, levou à decisão de instalar contadores Geiger automáticos para determinar a radiação em torno da grande cidade.

Sem dúvida, serão tomadas precauções cada vez maiores contra o flagelo quase sempre imperceptível mas sorrateiramente insinuante.

Sem dúvida, novos métodos são e serão inventados para proteger o homem: assim, sabe-se há algum tempo como diluir resíduos radiativos em enormes massas de cimento que podem, em seguida, ser quebradas e espalhadas não importa onde, sem nenhum perigo. Desse modo, graças a uma recente descoberta, é possível expulsar o terrível plutônio de um organismo injetando-lhe sais de zircônio, pois este último toma, automaticamente, o lugar do primeiro, nos tecidos vivos.

Aprendiz de feiticeiro?

Mas haverá sempre aqueles que criticarão a humanidade, bastante louca para brincar de aprendiz de feiticeiro, capaz de desencadear, ela própria, o flagelo que a destruirá.

Essa advertência já tem sido feita relativamente a casos bem menos graves: o homem não deve procurar desvendar os

segredos da matéria; deve permanecer submisso à natureza, sob pena de ser exterminado por ela...

Responderemos recordando uma velha história humana... Num dia muito remoto, um grupo humano conseguiu aprisionar o fogo e tentou dominá-lo. Mas logo, o fogo se vingou: devorou toda a floresta, toda a região, todos os homens que ali moravam. Então os anciãos da tribo ergueram a voz para lamentar a imprudência da conquista:

"Sacrilégio! Sacrilégio!" lamentaram-se os velhos. "Estamos sendo punidos por pretender nos apoderar dessas forças arrancando-as à natureza todo-poderosa!"

Por outro lado, a história de Prometeu, que roubou o fogo divino, em nada difere da que acabamos de narrar.

E a dos anjos maus em revolta? Não refletirá o mesmo tema do sacrilégio?

O perigo que o fogo representava para os homens do paleolítico era certamente maior do que para nós o perigo da energia nuclear.

Não se pode, portanto, deixar de apresentar o dilema: não devemos, hoje, dominar as forças nucleares e não se devia, no passado, tentar domesticar o fogo: se o átomo deve ser considerado um tabu, o fogo também o deveria ter sido.

Contra o risco de forças capazes de explodir uma vez desencadeadas, é preciso estar prevenidos. O que nos coloca diante do seguinte problema: essas complexas precauções minuciosas, dispendiosas, não reduziriam a nada as vantagens que se poderia esperar da energia nuclear?

Com efeito, surge a questão de saber se, excluindo-se os casos excepcionais em que, por necessidades muitas vezes bélicas, ela parece insubstituível (como o submarino atômico, livre de qualquer necessidade de abastecimento) não se deve perguntar se a energia atômica dominará o futuro?...

Mais exatamente, a energia atômica tal como a concebemos hoje?

Isso porque existem outras desintegrações possíveis além das do urânio e do plutônio.

Aí está verdadeiramente o futuro: o átomo do lítio — e de outros elementos, talvez — seria um dócil servidor, que não nos bombardearia com terríveis e sorrateiros projéteis.

VII

OS CONQUISTADORES DO SOL

É bem banal dizer: tudo, sobre a Terra, provém do Sol.

O Sol nos aquece, nos ilumina, nos dá, através da miraculosa clorofila, a substância orgânica, que dá por sua vez sua substância aos animais herbívoros que servem de alimento aos animais carnívoros.

O homem, além disso, utiliza ainda a energia do Sol através das quedas d'água ou do vento e ainda do carvão e do petróleo que não são mais do que matérias vivas fossilizadas (1).

Hoje, a utilização da energia nuclear vai nos libertar dessa servidão.

Mas, ao invés de "tudo provém do Sol", poder-se-á dizer: "Tudo provém do núcleo atômico".

O Sol não é, ele próprio, uma central nuclear?

Uma pergunta deverá ser feita nos próximos anos: será necessário suscitar, na Terra, reações nucleares, ou será mais econômico e mais cômodo aproveitar as reações do Sol captando sua energia por métodos melhores que os tradicionais da corrente d'água ou do vento, do carvão ou do petróleo?

A libertação controlada das energias nucleares parece prometer muito mais do que sua captação por intermédio dos raios solares. Mas não se poderia explicar isso pelo fato de utilizarmos, em relação ao Sol, processos ancestrais enquanto utilizarmos, ao contrário, no que concerne às energias nucleares, as técnicas as mais avançadas?... A luta seria então desigual!

Mas se a ciência moderna, com todos os seus prodígiosos recursos, se prende ao antigo problema de utilizar os raios sola-

(1) Somente a energia das marés, quando for utilizada, não nos virá do Sol. Nasce da energia rotacional da Terra.

res, não seria ela capaz de colocar nosso bom e velho Sol em situação vantajosa?

Tudo dependerá do custo das instalações. Com efeito nos dois casos, a energia será absolutamente gratuita, pois não se pode fazer figurar em um balanço financeiro, as poucas gramas de matéria que poderão ser consumidas em uma central nuclear.

Mas, que usinas exigirão equipamentos mais importantes e mais delicados?... Não se pode dar resposta a essa pergunta...

Arquimedes conosco

Embora proveniente de um centro cujas camadas externas estão a 6.000 graus C, o calor solar nos chega apenas em uma fraca concentração. Também as enormes quantidades de energia que ela representa não nos são diretamente sensíveis. É preciso recorrer aos números para perceber sua formidável importância.

Para representar o número de calorias que, em um ano, a Terra recebe do Sol, é preciso um oito seguido de vinte e três zeros, isto é, 800.000 bilhões de bilhões. O suficiente para levar à ebulação 800 milhões de bilhões de metros cúbicos de água a 0 graus.

O equivalente de 100.000 milhões de toneladas de carvão, enquanto a produção mundial é de cerca de 1.600 milhões de toneladas apenas!

Portanto, o Sol nos dá em um ano tanta energia — para o trabalho de quantos homens! — quanta podemos obter do carvão em sessenta e dois anos. O que quer dizer o número 12 seguido de dezessete zeros kw/h.

Quando se fala de potência e não de energia, é preciso avaliar que, à latitude em que se encontra a França, cada hectare recebe 10.000 kw/h de insolação plena.

Captar e concentrar, por meio de espelhos, o calor do Sol, eis um processo que não é novo.

Talvez o próprio Arquimedes o tenha inventado. De qualquer modo, Arquimedes o utilizou durante o cerco de Siracusa para queimar os navios dos romanos. E, como Descartes se permitira duvidar desse acontecimento, Buffon, para reabilitar Arquimedes, fez uma experiência comprobatória.

Há aproximadamente quarenta anos, uma instalação solar de 70 CV funcionou perto do Cairo, em Meadi. Ela bombeava água do Nilo para irrigar plantações de algodão.

Mas, foi em Tachkent que, pela primeira vez, o processo foi aplicado industrialmente.

Mas, se o fato, em si mesmo, é muito importante, a técnica aplicada não apresenta nenhum interesse particular: espelhos montados sobre simples suportes de madeira concentram o calor sobre uma caldeira. Nessa caldeira forma-se o vapor, diretamente utilizado para fazer funcionar as bombas que elevam a água destinada a satisfazer as necessidades da cidade.

Observemos bem essa forma de utilização. Ela é perfeitamente adaptada a um fornecimento intermitente de energia.

Quando o céu está claro, as bombas fazem a água refluir para um reservatório. Quando o tempo está nublado, o reservatório desempenha um papel de "volante" para o fornecimento da água. Mas, sem dúvida, um motor elétrico de reserva pode então entrar em funcionamento.

Dante disso, percebe-se a debilidade profunda dessa energia solar: ela está sempre submetida a flutuações e, salvo em regiões muito particulares, pode faltar durante longos dias.

Uma instalação semelhante fornece vapor a uma fábrica de conservas. O desaparecimento do Sol a cada noite corresponde ao repouso dos operários e tudo vai bem.

Mas a dificuldade dos dias nublados é sempre a mesma: ou prever um dispositivo de emergência ou fechar a fábrica quando o tempo não está bom.

Não, aí não está o futuro...

Todo o problema se transforma quando se pensa em pequenas instalações domésticas.

Em 1953, o UNESCO, nos marcos de seu programa de ajuda técnica às nações pouco desenvolvidas, elaborou um modelo de fogão solar doméstico que, construído em série, deveria permitir a famílias indígenas cozinhar seus alimentos diante de suas casas.

Bem mais complexas são as instalações de calefação (das quais os Estados Unidos já dispõem de quinhentas).

O mecanismo dessas instalações é o seguinte: captar, nos telhados, com a ajuda de telas negras, o calor solar; elevar a água a 30 ou 40 graus C; por meio de "bombas de calor" tomar calorias dessa água quente e aquecer, assim, a água a 60 ou 80 graus C que, em seguida, é enviada a radiadores. Esse é o processo.

Nos Estados Unidos foi previsto um programa para que, em 1975, existam 10 milhões de instalações desse tipo. Nesse dia, dez por cento do consumo de energia nos Estados Unidos seriam economizados!

O forno solar de Mont-Louis

Inteiramente diversa é a posição francesa. Não pedir ao Sol uma energia que nos poderia ser fornecida muito mais comodamente e com maior regularidade por outras fontes, mas obter dele uma energia "de qualidade" que, apenas ele, pode nos dar com facilidade.

Essa energia, de alto valor mas gratuita, é a energia à temperatura muito elevada.

Foi essa, com efeito, a idéia orientadora de Felix Trombe, ao criar o já famoso Laboratório de Energia Solar, construído em Mont-Louis, em Cerdagne, pelo Centro Nacional de Pesquisa Científica.

O arco elétrico, o maçarico oxiacetilênico ou, melhor ainda, o maçarico de hidrogênio atômico, permitem obter temperaturas de 3.200 a 3.800 graus C.

Que sejam atingidas temperaturas de 3.400 graus C, pela concentração da luz caindo sobre quinhentos espelhos reunidos em um imenso painel de cento e trinta e cinco metros quadrados, isso não parece um progresso — a não ser quanto à economia assim conseguida.

Contudo, são numerosos os progressos, pois nada impedirá de conseguir essas temperaturas em um volume de cerca de alguns decímetros cúbicos, enquanto os arcos e os maçaricos não dão altas temperaturas senão em alguns centímetros cúbicos.

Praticamente, todo um conjunto de técnicas industriais está prestes a nascer em Mont-Louis.

O acontecimento terá a mesma importância que teria o brusco advento de uma técnica como a da eletrólise ou do forno elétrico.

Diversos métodos foram tentados, aperfeiçoados, elaborados. Processos industriais são estudados. Assim, foram tornadas possíveis novas indústrias das quais algumas poderão levar uma certa atividade industrial a regiões prejudicadas por uma longa insolação de intensidade excessiva.

No entanto, não se deve encarar as usinas solares de amanhã como centrais energéticas, mas como usinas de tratamento ou de síntese, utilizando os raios do Sol.

Uma indústria de metais refratários puros, como o titânio ou o zircônio, torna-se particularmente possível, assim como uma indústria de síntese do ácido nítrico a partir do azoto e do oxigênio do ar, passando sobre cerâmicas levadas à alta temperatura.

Quando se visita Mont-Louis, como fizemos, fica-se impressionado com o contraste entre a velha cidadela de Vauban e o aspecto "futurista" dessa instalação.

Uma visão permanece em nossos olhos. A das gotas de metal em fusão a mais de 3.000 graus C que se solidificam ali, muito perto de nós, formando uma espécie de cogumelo.

No entanto, é preciso não ver em Mont-Louis, senão uma instalação piloto. Verdadeiras usinas já estão sendo previstas nos confins do Saara que, com superfícies muito mais extensas, poderão criar verdadeiras indústrias.

A célula miraculosa

Os norte-americanos, por sua vez, lançaram-se ao problema da energia solar obtida em grande quantidade sob forma industrialmente utilizável.

O esforço desenvolvido nesse setor está muito longe de ter a envergadura do esforço atômico. Contudo, já levou a resultados nitidamente mais encorajadores que os obtidos, há vinte anos, no domínio atômico.

No Instituto Tecnológico de Massachusetts, um milagre se verificou: energia solar conseguida gratuitamente a partir da água.

Parte-se de um sal do cério (esse mesmo metal que, em liga com o ferro, dá o ferro-cério de nossos isqueiros): o perclorato de cério que é muito barato.

Dissolvido na água ele sofre, quando atingido pela luz, uma série complexa de reações cujo resultado final é muito simples: a água é decomposta em hidrogênio e oxigênio e o sal volta a ficar intacto. Basta, portanto, acrescentar água e continuar a fazer incidir a luz solar sobre a solução para obter, gratuitamente, hidrogênio e oxigênio.

Infelizmente, esses gases não saem do aparelho em dois pontos separados como acontece em uma pilha elétrica ou em um acumulador. Sem isso, bastaria recombiná-los para obter diretamente corrente elétrica.

O que se faz é inflamar a mistura obtida: o hidrogênio arde no oxigênio dando vapor d'água superaquecido. E esse vapor vai acionar uma turbina. Depois ele se condensa e volta aos recipientes de decomposição.

Trata-se portanto de energia inteiramente gratuita, em sua origem, que exige menos despesas de instalação que a energia hidrelétrica e não é perigosa como a energia atômica.

Nada se opõe a que esse processo seja aplicado a uma

multiplicidade de grandes células ligadas por tubos a uma turbina semelhante às de nossas centrais elétricas a vapor.

Uma fonte de energia dessa natureza tem possibilidades de concorrer com o carvão e com o petróleo. Além disso, apresenta vantagem de ser inesgotável. Por outro lado, é disponível em regiões como a África do Norte francesa onde o carvão e o petróleo são raros e a água ainda mais.

Com efeito, a mesma quantidade de água restrita, pode ser indefinidamente utilizada quando se condensa o vapor à saída das turbinas.

Apenas o futuro mostrará se essa forma de utilização da energia solar é superior à da energia chamada hidrelétrica, a qual, por outro lado, é também uma forma de utilização da energia solar, uma vez que foi o Sol que evaporou a água que recai, a seguir, sob a forma de chuva, sobre as montanhas.

A pilha da Companhia Bell

Outra realização norte-americana muito recente é ainda mais extraordinária.

Foi revelada a 25 de abril de 1954 pela Companhia de Telefones Bell, que fez nessa data uma primeira demonstração.

Algumas plaquetas, vagamente semelhantes a um xilofone produzem, quando iluminadas, uma corrente elétrica. A potência assim obtida é da ordem de sessenta watts por metro quadrado.

Isso quer dizer que, no futuro, qualquer barco de salvamento, qualquer avião, poderão, desde que haja sol, pôr em funcionamento um emissor de T.S.F. sem nenhuma outra fonte de corrente elétrica.

A Companhia Bell já construiu tais emissores de emergência. Chegou a apresentar um conjunto fonógrafo-toca-discos-posto de T.S.F. que obtinha energia exclusivamente da luz solar que atinge a superfície superior do aparelho.

Contudo, isso é apenas o começo: sem dúvida o sistema se aperfeiçoará e poderá utilizar quase a totalidade da energia solar que cai sobre a superfície (isto é, novecentos watts por metro quadrado, em nossa latitude).

Mas, mesmo sem chegar a esse grau de perfeição, o dispositivo será superior ao carvão, ao petróleo, à energia hidrelétrica, à energia atômica.

Ao invés de deixar se perder a maior parte da energia solar que recebemos, poderemos utilizá-la sob a forma de eletricidade.

Descrição de um milagre

É fácil descrever o aparelho da Bell; no entanto, é muito mais difícil explicá-lo.

Um elemento se apresenta como uma placa de silício. No interior, paralelamente à superfície e bastante perto dela, estão dispostas duas camadas de impurezas: uma camada de boro, outra de arsênico. A corrente se produz entre a camada de boro quando ela está iluminada, e a face escura da placa.

Essa descrição, como se vê, é extremamente simples. Mas, para explicar esse primeiro modelo de máquina de um novo gênero, na qual as engrenagens, as bobinas, os fios, cederam lugar aos átomos, às moléculas e aos campos de força no próprio interior da matéria, seria preciso apelar para a Física a mais abstrata.

Recordemos os misteriosos fenômenos que se passam no interior dos cristais e os famosos “furos” de Dirac. Pode-se comparar esses furos — que não são mais do que uma ausência de elétrons — a bolhas de ar no meio do Oceano. Essas bolhas indicam uma falta d’água. E desaparecem quando são furadas e a água ocupa o seu lugar.

Sem dúvida, essas imagens são grosseiras e nós o sabemos. Mas é impossível expor, apenas com palavras, a teoria dos “furos” de Dirac que não pode ser explicada senão pelas mais altas matemáticas.

É preciso admitir a existência desses “furos”, eis tudo, e será preciso também habituarmo-nos a eles.

O grande físico Paul Langevin, em uma aula inaugural no Colégio de França, observava: enquanto o físico não sabe muito bem o que é o potencial elétrico, o eletricista está habituado a essa noção e diz simplesmente: “Há suco”.

Da mesma forma, o prático se habituará aos furos e inventará uma expressão de gíria para os evocar antes que os teóricos tenham acabado de discutir sua verdadeira natureza.

Se aceitarmos a existência dos furos, então, pode-se descrever mais exatamente o funcionamento do “foto-transistor” — esse é o seu verdadeiro nome.

Sob o efeito da luz, o boro liberta elétrons que passam para o interior do silício da placa, enquanto o arsênico perde “furos” que tendem a subir para a superfície iluminada.

Sendo uma ausência de eletricidade, um “furo” se comporta como um corpúsculo positivamente carregado.

Esse movimento de cargas de sentido contrário se traduz então por uma corrente elétrica. Esta pode ser recolhida no

interior da placa e utilizada. É, com efeito, uma corrente de fraca voltagem, semelhante à de uma lâmpada de bolso ou de um acumulador. Assim, a energia da luz foi transformada, por um misterioso mecanismo baseado em uma teoria extremamente abstrata, em corrente elétrica contínua.

A voltagem é da ordem de dois volts. Quanto à amperagem, depende, evidentemente, das dimensões da placa: chega aproximadamente a trinta ampères por metro quadrado.

Quando se quer voltagens mais elevadas, bastará associar elementos em série. Quando se deseja intensidades maiores, basta aumentar a superfície. Exatamente como acontece — e todo mundo sabe disso — nos acumuladores dos automóveis.

Esse "dínamo" revolucionário será certamente menos dispendioso e terá a mesma potência de uma central hidrelétrica. Ela não exige, ao que parece, nenhuma forma de manutenção e sua duração parece infinita.

Se o rendimento puder ser melhorado, a conquista da energia solar será feita — e a da energia atômica perderá importância. Contudo, ela não tem merecido mais do que algumas linhas nos jornais. Nenhuma notícia, nem mesmo um artigo da imprensa norte-americana citaram o nome dos seus inventores.

Da mesma forma, há cinqüenta anos, dois construtores de bicicletas, norte-americanos, haviam construído uma máquina que permitia ao homem voar — e os jornais davam a notícia sem nem ao menos nomear os irmãos Wright.

A História se faz assim, na maioria das vezes, sem chamar a atenção.

As "Atualidades" apresentaram, nas telas francesas, o foto-transistor, no começo de maio de 1954: ele fazia girar uma roda de *meccano*. O foto-transistor foi evocado em tom superficial. E, como se estava na semana do Concurso Lépine, acrescentou-se:

— Também na França os inventores são engenhosos...

E exibiam uma bicicleta de movimento alternativo e asas humanas com as quais um doce sonhador pretendia poder alçar vôo quando tivesse desenvolvido músculos suficientemente poderosos.

VIII

EM DIREÇÃO AO AUTOMÓVEL E AO AVIÃO ELÉTRICOS

Todos sabem, por experiência própria, quais as vantagens do trem elétrico sobre o trem a vapor, dos ônibus elétricos sobre os ônibus a gasolina: flexibilidade, silêncio, fraco desprendimento de calor, ausência de cheiro, tudo fala em favor da tração elétrica.

No entanto, a eletricidade não movimenta nossos automóveis nem nossos aviões. Seria isso consequência de sua inadequação? De modo algum. Mas, falta-nos uma fonte leve de energia elétrica. Por vezes é possível suportar um peso e um volume excessivos. Certas locomotivas fabricam sua eletricidade com óleos diesel, o que suprime, por outro lado, uma boa parte das vantagens da tração elétrica.

Quanto ao acumulador leve de grande potência ele não é, no momento, mais do que um sonho.

Apenas certos caminhões de entregas urbanas consideram interessante utilizar nossos pesados acumuladores de chumbo cuja capacidade energética é tão fraca. Esses veículos não cobrem percursos muito extensos. Sendo obrigados a voltar muitas vezes à garagem para fazer um novo carregamento eles podem, ao mesmo tempo, mudar de acumuladores. Além disso, no caso de um veículo obrigado a freqüentes arranques, a eletricidade é sem dúvida superior ao motor a explosão que, a cada "partida", consome muita gasolina.

Finalmente, a eletricidade não é concebível hoje senão com um "fio preso aos pés", um condutor, simples fio fino ou um grosso cabo que liga o motor a uma usina mais ou menos distante.

Quanto ao sonho da energia elétrica sem fios, transmitida por ondas hertzianas — para a qual já se propôs, há muito

tempo, a designação de E.S.F. — é uma utopia totalmente irrealizável.

Nada de motor atômico de bolso

Quando apareceu a energia nuclear, muitos pensaram imediatamente em uma fonte portátil de eletricidade. Uma grama de determinada matéria daria corrente suficiente para fazer andar um automóvel ou mesmo um avião, durante meses e meses.

Ora! Assim que se tornaram conhecidos a complexidade, o preço e o peso das primeiras pilhas atômicas, as ardentes ilusões da opinião pública receberam uma ducha fria.

As "pilhas" exigem uma proteção muito pesada. No entanto, esse problema não pode ser insolúvel: busca-se escudos anti-raios relativamente leves entre os cimentos leves à base de barita.

Contudo, o maior peso e o maior tamanho são inerentes ao próprio princípio da máquina: o que parece, portanto, irreduzível.

As "pilhas" transportam, com efeito, o calor das reações nucleares sobre um fluido que se evapora; depois transformam a energia desse vapor em eletricidade mediante uma clássica instalação de motor a vapor e de alternadores elétricos. Pode-se imaginar usina desse tipo no interior de um automóvel ou de um avião? (1)

Quando se trata de uma locomotiva, o peso não tem importância. Ele é mesmo necessário à aderência aos trilhos. A locomotiva elétrica da S.N.C.F. que, a 21 de fevereiro de 1954, bateu o recorde mundial de velocidade com 243 km por hora, já não tinha a tendência a "desaparecer"?

Assim, comprehende-se que seja estudado, nos Estados Unidos, um projeto de locomotiva nuclear "a pilha".

Mas, existe um domínio em que o interesse dos atuais motores nucleares, qualquer que seja o seu volume, é considerável. É o domínio dos navios cujas máquinas clássicas já são bastante pesadas e nas quais o peso do combustível é sempre muito importante. Quando se economiza dezenas e dezenas de toneladas de carvão ou de mazute, pode-se muito bem transferir algumas toneladas para o aparelho motor. Ao mesmo

(1) Anunciou-se, nos Estados Unidos, que um avião nuclear estava sendo previsto pela Sociedade Fairchild; mas poucos são otimistas quanto ao resultado desses estudos.

tempo, ganha-se um aumento considerável do raio de ação.

A isso é preciso acrescentar uma vantagem de importância capital para uma exploração comercial: não mais prolongados estacionamentos nos portos para se reabastecer.

No entanto, pesquisas voltadas em outra direção, dão a esperança de que se possa construir o automóvel e o avião elétricos.

História de uma idéia

A idéia de uma fonte atômica de eletricidade que utilize os elementos radioemissores alfa e beta se deve, ao que parece, a J. J. Barré, engenheiro militar chefe dos serviços de fabricação de armamentos. Ele expôs sua idéia em um estudo intitulado: "O átomo, fonte inesgotável de energia"(1).

O princípio é simples. Já vimos que os radioemissores alfa e beta emitem torrentes de partículas carregadas. No entanto, as energias postas em jogo são muito fracas:

— uma grama de rádio-alumínio, por exemplo, emite vários milhares de quilowatts.

Infelizmente, a obtenção de quilos de isótopos a um preço razoável parece ser, no momento, uma utopia. Mas não o será, talvez, amanhã, ou depois de amanhã.

Se, portanto, um dia, esses corpos se tornarem abundantes, como resíduos de pilha ou por efeito da transmutação, estará aberto o caminho que levará ao automóvel ou ao avião elétricos...

Com a condição de poder converter essa torrente de partículas carregadas em corrente utilizável em um motor. E nisso reside toda a dificuldade. Aí estará toda a "malícia".

Em 1947, os norte-americanos Germant e Archer tinham proposto carregar um condensador de alto potencial, bombardeando-o com partículas alfa ou beta.

Mas uma série de descargas não é uma corrente contínua. Uma série de pequenas doses é difficilmente utilizável.

Assim, o engenheiro geral Fauveau melhorou esse dispositivo dispondo uma série de grades que permitiam compensar as desigualdades naturais da radiação. Mas, ao que saibamos, esses precursores não fizeram experiências verdadeiramente convincentes.

(1) *Bulletin d'information technique et scientifique de l'Armée*, abril de 1946.

O sucesso deveria vir de um meio inteiramente diverso do da nucleônica.

A Radio Corporation of America intervém

A R.C.A. é, certamente, o maior centro de pesquisas eletrônicas do mundo.

Seu presidente, David Sarnoff, general do exército norte-americano, é um dos grandes construtores do futuro. Ele encorajou seus pesquisadores a estudar a conversão direta da energia de radiações alfa e beta em eletricidade.

Em 1953, Linder e Rappoport (1) haviam conseguido um primeiro sucesso. Tinham feito um conversor de intensidade muito fraca baseado sobre um condensador, dando voltagens de até cinco mil volts, a partir do rádio-estrôncio.

Graças a uma engenhosa montagem, eles tinham conseguido nivelar as doses de potencial, obtendo assim uma corrente contínua.

No começo de 1954, David Sarnoff anunciava, em entrevista concedida à imprensa, uma vitória que ele próprio considerava comparável à descoberta da fissão nuclear.

Os jornais do mundo inteiro embandeiraram-se de manchetes. Mas, na verdade, o público não recebeu nenhuma explanação válida. Tentaremos ser mais explícitos.

E não era a foto do aparelho que poderia despertar as imaginações: uma plaqueta de dois centímetros de comprimento por um centímetro de largura.

A corrente produzida era cerca de cem milhões de vezes mais fraca que a corrente necessária para alimentar uma lâmpada de incandescência: apenas um milionésimo de watt.

No entanto, essa microcorrente foi saudada no mundo inteiro como uma das maiores descobertas do século. E isso porque:

Outro milagre de um cristal

Já falamos (2) dos estranhos milagres que se verificam nos cristais. Foi mais um milagre nesse domínio o que assistiram os convidados de David Sarnoff.

(1) *Physical Review*, 1.º de julho de 1953. *Radio-active charging through a dielectric medium*, por Linder e Rappoport.

(2) Capítulo VI. O átomo já estava em ação.

Um cristal de silício, recoberto de uma camada de estrônio 90, rádio-elemento artificial emissor de raios beta: esse era o aparelho que se apresentava.

Os raios-beta emitidos por esse elemento, atingem a rede cristalina do silício.

Como uma pedra caindo na água e que fez espirrar gotículas, cada projétil beta faz espirrar duzentos mil elétrons.

Se desejamos elevar a água de um rio para enviá-la a um canal de irrigação lançando pedras dentro e recolhendo em pilhas as gotas que podem espirrar, consideraríamos que esse seria um método bastante primitivo.

Mas, se essas pedras caem do céu, se não nos exigem o menor esforço, se são portanto absolutamente gratuitas, por que não as utilizar?

Os elétrons se reúnem em uma placa de liga de silício-antimônio e daí podem ser recolhidos sob a forma de corrente em um circuito exterior.

Um manipulador de morse, nesse circuito, permitiu enviar uma primeira mensagem: ATOMS FOR PEACE (ATOMOS PARA A PAZ).

Possa ele anunciar o real nascimento de um mundo novo!

Na R.C.A. ninguém tem ilusões. O caminho a percorrer ainda será longo antes de chegar às verdadeiras realizações. Mas ele não será, talvez, mais longo do que aquele que levou do isolamento do primeiro micrograma de plutônio às usinas gigantescas de Oak Ridge, Hanford e Savannah, e que exigiu só quatro anos.

A minúscula pilha da R.C.A. desperdiça ainda 99% da energia do rádio-estrônio. Mas ela se aperfeiçoa sem cessar e melhoram também os meios de produção de radioisótopos.

Acontece que, se não nos preocuparmos com o rendimento, poderemos construir, desde já, fontes de corrente eletro-nuclear.

Essa é uma grande vitória: conseguimos corrente elétrica a partir da energia nuclear. E podemos transportar no bolso, sem perigo, esse aparelho.

Uma sociedade norte-americana, a Radiation Research Corporation, de West Palm Beach, já vende uma bateria atômica, a ATBEE (de "Atomic Battery").

Igualmente à base de rádio-estrônio, a ATBEE, é utilizada — justa reviravolta das coisas — em detectores destinados a proteger cientistas e operários expostos às radiações nucleares. E que, nesse caso, a menor microcorrente pode ter

um papel a desempenhar. O interesse fundamental é que tais detectores poderão funcionar durante vinte anos sem necessidade de recarregamento.

Os cientistas são assim protegidos contra sua própria distração, o maior dos perigos que os ameaçam. Muitos são os cientista que, quando mergulhados de corpo e alma no trabalho, e fazendo "horas suplementares, negligenciam as precauções mais correntes. Em particular, esquecem-se de mudar a pilha do seu detector de proteção.

Com a bateria ATBEE, que dura vinte anos, esse risco já não existe.

O prospector de urânio, igualmente, sobretudo quando opera longe de qualquer centro de civilização, sentir-se-á feliz em possuir uma micropilha desse tipo.

Uma usina nos cristais

É no domínio das telecomunicações que o efeito daquilo a que já se chama "baterias atômicas" se fará sentir primeiro.

Os transistores, esses cristais miraculosos que substituem as lâmpadas eletrônicas, necessitam de energia muito fraca.

Ora, a pilha atualmente realizada pela R.C.A. basta para fazer funcionar um transistor.

Vê-se surgir, assim, emissores-receptores de rádio que não contêm nem pilhas, nem acumuladores, nem lâmpadas. Todos esses elementos são substituídos por cristais.

São cristais que emitem a corrente elétrica; são outros cristais, os do transistor, que os transformam em ondas e outros ainda, dentro de outro transistor, que detectam as ondas procedentes de outro posto emissor.

Assim, podemos afirmar que com sua estrutura interna e seus campos de força, o cristal — embora estejamos longe de os conhecer plenamente — poderá na era nova que se abre, substituir as máquinas eletrônicas que, no entanto, já nos pareciam miraculosas ao lado das grandes e grosseiras máquinas de outrora, de engrenagens de aço.

Não tínhamos, assim, razão de insistir nas maravilhas da estrutura cristalina?

Já se pode ter um posto de T.S.F. em um relógio de pulso. Com algumas pilhas em série, ou uma pilha mais potente, teremos o emissor de T.S.F. que nos permitirá a comunicação em morse com o mundo inteiro.

Não importa quem poderia, daqui por diante, possuir seu próprio comprimento de onda sobre as "ultracurtas" e ser chamado não importa de que ponto do mundo.

Um fraco choque elétrico sobre a pele assinalaria o chamado. Levando o receptor ao ouvido, a mensagem seria audível em ondas longas e curtas.

A arte da guerra, a indústria da espionagem, a medicina de campanha, o ofício de explorador estariam assim inteiramente abalados. E o ofício de trapaceiro também. Mas, tratando-se disto não é do futuro que se deve falar, mas do passado.

Lembremos o caso de trapaceiros, detidos em um cassino, utilizando para se comunicar, mensagens morse por meio de choques elétricos sobre a pele.

Quando o progresso e a técnica permitirem fabricar radioisótopes mais depressa e em maior quantidade, então o avião e o automóvel elétricos, e mesmo o fogueté interplanetário impelido por partículas eletrizadas, se tornarão realidades.

Mas não fixemos nenhuma data. Pensem, somente, que o progresso anda sempre mais depressa do que se imagina.

IX

SERÁ POSSÍVEL FABRICAR O OURO?

Apesar de todas as inversões de valores que caracterizam nossa época, o padrão-ouro é ainda uma das chaves da economia mundial.

Assim, a possibilidade de uma síntese do ouro a preço menos elevado que o ouro extraído da terra, preocupa justificadamente os financistas e políticos.

Digamos em poucas palavras: essa possibilidade parece no momento extremamente distante.

Contudo, mais de uma vez, não surgiram as realizações da ciência e da técnica antes dos prazos previstos?...

Vamos portanto, a fim de nos prevenir contra uma antecipação da hora das grandes transformações econômicas, tentar uma incursão no temível país das transmutações.

Sua fronteira não pertence ao futuro; ela já se situa agora, aquém do presente. Todos os dias, todas as horas, todos os segundos, observam-se transmutações em um ciclotron ou em uma pilha atômica.

Melhor ainda: não contente de transmutar um elemento em outro, o homem criou elementos que não existiam na natureza.

Na clássica tabela de Mendeleieff, o urânio ocupava a última casa, com 92 prótons. Agora, conhecemos corpos de 93, 94 e mesmo cem prótons.

Por uma curiosa analogia, o mundo solar se deteve, durante muito tempo, para nosso conhecimento, no planeta Urano.

Em 1846, descobriu-se Netuno, ainda mais distante e depois, em 1930 Plutão, ainda mais além. Esses planetas — e os que restam ainda a descobrir — são chamados transuranianos.

Da mesma forma, fala-se agora de elementos transurânicos. E os "inventores" dos dois primeiros desses corpos mais pesados que o urânio jogaram complacente e prazerosamente com esse paralelismo, dando ao elemento 93 o nome de "netúnio" e ao 94 o nome de "plutônio".

Por que, nessas condições, não se fabricaria o ouro?

De modo geral, quais são os obstáculos à transmutação de quantidades de um elemento qualquer em outro elemento?

A essa pergunta é preciso responder com uma confissão de ignorância.

O cimento misterioso

As partículas são agora mantidas em íntima coesão no núcleo do átomo por uma força desconhecida a que chamamos "energia de ligação" ou "energia de enfardamento", para esconder nossa incompreensão profunda.

Essa energia não é eletricidade, tal como o magnetismo da gravitação. Isso, pelo menos, é certo.

Ela está em relação com os mésons, essas estranhas partículas que se encontram na radiação cósmica. Isso, pelo menos, é bastante provável.

Mas, se não sabemos explicar essa energia de ligação, sabemos medi-la.

Quando se forma um núcleo, verifica-se um ganho ou uma perda de massa em relação ao conjunto dos núcleos que serviram de ponto de partida. Se fizermos a soma das massas elementares, verificaremos que nunca é absolutamente igual à massa final.

O estudo dessas perdas ou ganhos de massa leva a conclusões muito simples:

— Para fabricar um elemento mais leve do que a prata a partir de núcleos mais leves que ela, é preciso libertar energia. É o que se verifica na bomba chamada "de hidrogênio". Esse gênero de reação se chama *fusão*.

— Para fabricar um elemento mais pesado do que a prata, a partir de elementos mais leves do que ela, é preciso libertar energia. Por sua vez, essa energia pode ser libertada no momento de uma desintegração. É o que se chama uma fissão: a atômica é um exemplo disso.

Do primeiro meio de se fabricar ouro

Tomando dois elementos próximos, com um número comparável de partículas elementares em seu núcleo, pode-se portanto cogitar de transmutá-los sem grande gasto de energia, ou sem ter muita energia a libertar.

Vejamos dois exemplos.

Lembremos inicialmente os elementos mais próximos do ouro pela composição do núcleo:

Tungstênio	74	prótons
Rênio	75	"
Osmio	76	"
Irídio	77	"
Platina	78	"
<i>Ouro</i>	79	"
Mercúrio	80	"
Tálio	81	"
Chumbo	82	"

Lembremos que, segundo o número de nêutrons que contém, cada corpo é suscetível de apresentar inúmeras variáveis, vários isótopos.

Agora, observemos o que vai acontecer se tomamos mercúrio e com ele tentamos fazer ouro.

Partimos do isótopo 196 do mercúrio que tem oitenta prótons e cento e dezesseis nêutrons. Desejamos chegar ao ouro que é composto de setenta e nove prótons e cento e dezoito nêutrons.

Será preciso tirar um próton do mercúrio e lhe acrescentar dois nêutrons.

Podemos, sem dificuldade, acrescentar um nêutron ao núcleo de mercúrio: um novo isótopo do mercúrio será assim obtido. Mas ele será instável. Logo libertará uma carga positiva de um dos nêutrons. Então, como não teremos mais do que setenta e nove partículas carregadas positivamente, teremos ouro.

Mas... existem dois "mas". Primeiro, o mercúrio 196 não se encontra senão por um milésimo no mercúrio ordinário; a separação desse isótopo seria tão difícil como a do famoso isótopo 235 no urânio ordinário e seria muito mais dispendiosa do que a extração de ouro dos minérios postos à nossa disposição pela natureza.

Por outro lado, os nêutrons também não são gratuitos. Assim, os especuladores, ou os tímidos, que possuem ouro, nada têm a temer dessa reação. Ela não os poderá arruinar.

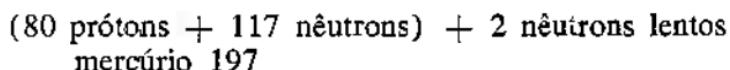
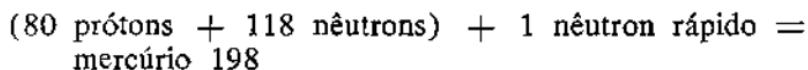
Do segundo meio de se fabricar ouro

Busquemos um processo melhor. Tomemos um isótopo do mercúrio mais abundante, o mercúrio 198 (oitenta prótons e cento e dezoito nêutrons).

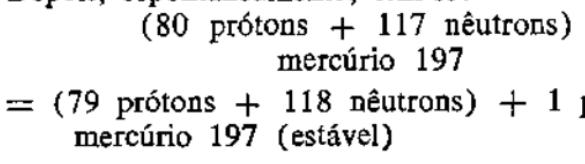
A Física Nuclear nos ensina que, bombardeando esse mercúrio com nêutrons rápidos, pode-se arrebatar-lhe dois nêutrons e fazer ouro (1).

São as seguintes as equações dessa Química Nuclear — dessa alquimia, dir-se-ia outrora:

Tem-se inicialmente:



Depois, espontaneamente; tem-se:



Aí ainda, o ouro de transmutação valeria vários milhões de vezes o preço do ouro em uma joalheria!

Mas, um dia essa multiplicação de nêutrons talvez faça parte das cadeias de reação de uma pilha. Nesse dia, o ouro será um dos... subprodutos.

Do terceiro meio de se fabricar ouro

Por que não fabricar ouro a partir de elementos mais leves do que ele?

Porque, à fusão dos núcleos se oporiam forças elétricas de repulsão prodigiosamente poderosas emitidas pelos prótons.

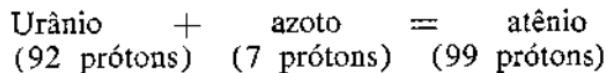
Mas essas forças podem ser vencidas.

Os mais poderosos díclotronas atuais podem dar a um núcleo tal energia que ele penetra no campo das forças elétri-

(1) Ver Werner Heisenberg, *Nuclear physics*, p. 86.

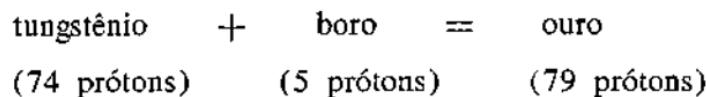
cas, a "barreira de potencial" de um núcleo mais pesado e vem a ele se aglomerar.

Foi desse modo que se criou, no começo de 1954, em Berkeley, o novo elemento 99, chamado ainda mais recentemente "atênio". Com efeito, bombardeou-se o urânio com um núcleo de azoto:



É fácil imaginar as reações desse gênero que levariam ao ouro.

Por exemplo:



Mas, aí ainda, o rendimento será muito insuficiente. Em todo bombardeio nuclear, raros são, com efeito, os golpes que atingem o alvo; e aqueles que atingem plenamente a cidadela do núcleo podem, além disso, não ultrapassar as suas defesas.

Assim, não haverá também nenhuma esperança desse lado?... Sem dúvida.

O túnel miraculoso

A barreira de potencial não é um fenômeno tão simples como poderia parecer à primeira vista. Ela pode ser comparada a montanhas escarpadas rodeando um vale.

Se um automóvel desejasse penetrar no vale e seu motor não fosse suficientemente poderoso para isso, ele jamais venceria os cumes.

Perdão! — diriam vocês. Pode-se imaginar que existe um túnel.

Ora, justamente, existem túneis na barreira de potencial. Túneis miraculosos, parcialmente explicados pela mecânica ondulatória de Louis de Broglie. Túneis providenciais.

Não tendo uma partícula a energia suficiente para vencer a barreira de potencial, mas dispondo de certas condições de velocidade, de carga, de rotação sobre si mesma (spin), pode, inesperadamente, descobrir um desses túneis.

Faltam, literalmente, as palavras para explicar esse milagre. A linguagem das matemáticas muito mais rica, consegue fazê-lo parcialmente.

Não nos ensinou Louis de Broglie que as partículas também são ondas e que uma onda tem sempre alguma possibilidade de passar através de um obstáculo?

Talvez um dia se possa encontrar um túnel desse gênero exatamente adaptado a uma partícula de boro que se deseje fazer penetrar em um núcleo de tungstênio para formar um núcleo de ouro.

Mas, será o ouro que nos enriquecerá?

Tudo leva a crer que o padrão-ouro ainda é sólido. Observemos, entretanto, que ninguém acreditava na bomba nuclear em 1939...

A transmutação dos elementos em ouro não é um objetivo particularmente buscado pelos cientistas da nucleônica.

Ele poderia, entretanto, ser atingido amanhã.

← Esta descoberta não seria, provavelmente, feita por um pesquisador isolado, mas por um governo. E este refletiria duas vezes antes de convulsionar a economia mundial. (Sobretudo se se tratasse do governo norte-americano que já sofre de superabundância de reservas-ouro.)

Mas, admitamos que as técnicas da transmutação maciça se tenham tornado comuns. Suponhamos que exista uma indústria de elementos sintéticos, assim como já dispomos de uma indústria de isótopos. Da mesma forma que qualquer empresa ela não trabalhará senão ante a perspectiva de conseguir lucros.

Nessas condições, seria pelo ouro que ela se interessaria?... Nada é menos certo apesar do prestígio sentimental associado aos velhos sonhos dos alquimistas.

Basta refletir sobre isso para compreender que se poderia tentar conseguir, através de transmutações, outros elementos bem diversos e certamente mais interessantes do ponto de vista financeiro. O que significará, por outro lado, que esses elementos serão também muito interessantes do ponto de vista técnico pois que não se vende bem senão o que tem utilidade.

Pensemos, por exemplo, no rádio. Sabe-se que ele emite partículas alfa. Mas ele é muito raro e muito caro.

Por outro lado, nenhum dos radioelementos artificiais que se sabe obter já alguns anos é emissor alfa — salvo o plutônio cuja venda está sujeita a restrições.

Da mesma forma o rênio, o elemento 75, hoje excessivamente raro, teria, se pudesse ser obtido a partir do tungstênio, elemento 74 e o hidrogênio, aplicações sem dúvida muito interessantes em virtude do seu ponto de fusão muito elevado.

E quem sabe quais poderiam ser as aplicações de corpos como o astato, elemento 85, e o frâncio, elemento 87?... O frâncio é o último dos metais alcalinos.

Ora, todos esses metais possuem um efeito fotoelétrico, tanto mais intenso quanto mais pesados são.

Não poderíamos assim esperar do frâncio foto-células ainda melhores que as células de potássio, de rubídio, de célio e, assim, fazer progredir a televisão?...

Mas, que não se pense em simples transmutações de laboratório, em corpos em tão pequeno número que só poderiam ser detectados por seus resíduos nas chapas fotográficas. Não! O plutônio e o trício são hoje fabricados aos quilos para as pilhas.

Quanto ao bário e ao xenônio de síntese, não se sabe o que fazer com eles...

X

DEPOIS DOS DESINTEGRADORES, OS CRIADORES DE ÁTOMOS

Este livro pretende, sobretudo, expor as aplicações prováveis da pesquisa científica.

Este capítulo é uma exceção. Ele evocará as pesquisas de Física pura das quais não se vislumbra ainda nenhuma aplicação prática e que, na verdade, mal começaram.

É que as experiências projetadas em Brookhaven, em Liverpool, em Gênova ou em qualquer outro lugar, são suficientemente sensacionais para que suas perspectivas possam apaixonar quem quer que seja.

O que se buscará é simplesmente: criar a matéria a partir da energia, lançar pontes entre o que já sabemos e os famosos raios cósmicos.

O mais profundo mistério

Os raios cósmicos não podem ser, de nenhum modo, explicados. Nenhum mistério é mais profundo. Observa-se que, por toda parte, a qualquer momento, mesmo nas minas, mesmo no fundo dos lagos, nossos contadores Geiger não cessam de crepituar. Observa-se, eis tudo. E são feitas medições, o que complica as coisas.

Com efeito, as energias postas em jogo são tão consideráveis que não podem ser explicadas.

Pode-se dizer que a diferença entre a Física dos raios cósmicos e a Física ordinária, é uma diferença de energia.

Os especialistas da energia solar, que já vimos trabalhar, operam com cerca de dois volts. Essa é também a faixa em que se situa a energia de uma pilha de bolso.

Uma bateria de acumuladores de automóvel fornece cerca de doze volts. A corrente doméstica se situa, por sua vez, em cento e dez volts. Mas, e os raios cósmicos?

Para responder a essa pergunta é preciso falar de "elétron-volts".

Chama-se elétron-volt a energia que assume um elétron submetido a uma diferença de potencial de um volt. É dessa unidade que vamos nos servir.

A divisão de um átomo de lítio em dois átomos de hélio, liberta dezesseis milhões de elétron-volts. A fissão de um átomo de urânio, liberta duzentos milhões de elétron-volts. Trata-se de energias muito mais elevadas que aquelas às quais estamos habituados.

Mas isso não é absolutamente nada ao lado da inconcebível energia dos raios cósmicos: eles atingem facilmente um milhão de vezes um milhão de volts, isto é, 10^{12} elétron-volts.

Nós não temos, atualmente, nenhuma idéia sobre o mecanismo fantástico que pode libertar energias dessa ordem.

A cada vez que se acreditou descobrir nos espaços siderais fenômenos capazes de explicar a produção dos famosos raios, os cálculos demonstraram que não se podia dar conta assim, dos milhares de milhões de elétron-volts.

Cronologicamente, o último desses fenômenos foi uma colisão de galáxias muito distantes, da qual irradia uma formidável potência hertziana mas que não se pode ainda tornar responsável pelos raios cósmicos.

Mesmo a desintegração da matéria e sua conversão em energia (queremos falar dos grãos da matéria, não do cimento que as une, como na fissão do urânio) não bastaria para explicar energias desse vulto.

Tudo que se pode imaginar é que existem em alguma parte, no imenso universo dos campos magnéticos, gigantes que chegam a excitar partículas ao ponto de as fazer produzir essas energias cósmicas.

Ora, o objetivo dos cosmotrons é produzir, na Terra, energias dessa ordem.

As fundas atômicas

Pensemos em uma funda: uma pedra gira na ponta de um barbante, gira cada vez mais depressa, depois parte, uma vez solto o barbante, em linha reta, seguindo uma tangente ao círculo que ele descrevia.

Substituamos a pedra por uma partícula nuclear, a força de nossa mão por um campo magnético giratório, e poderíamos imaginar que no entreferro de um imenso ímã onde se fez o vácuo, essa partícula seja acelerada, descrevendo uma espiral em sentido exterior.

Finalmente, ela encontra, no exterior do círculo onde girava, uma janela que lhe é permeável. E se evade por ali, em linha reta.

Esse é o esquema do ciclotron, engenho que deve datar de aproximadamente um quarto de século e que hoje nos parece modesto.

Os ciclotrons permitiram, entretanto, esclarecer numerosos problemas levantados pela estrutura da matéria.

Quando se pretendeu produzir energias mais consideráveis percebeu-se, mais uma vez, que Einstein tinha razão. O grande gênio do nosso tempo havia, desde o início dos seus trabalhos, afirmado que a massa de um corpo aumenta com sua velocidade, o que lhe valeu, aliás, o ser chamado de louco.

Se isso é verdade, que vai acontecer no ciclotron? Uma partícula que nele encontra com determinada massa vai se tornar mais pesada em certa proporção, à medida que assumir velocidade. E, com efeito, é exatamente isso que se verifica.

Esse fenômeno não é incômodo enquanto não se imprime à partícula velocidades que se aproximam da velocidade da luz. Mas quando se pretende um ciclotron mais potente, maior, dando velocidades ainda mais altas, então surge um sério inconveniente: a partícula não segue a trajetória prevista; ela tende a se evadir para o exterior mais do que deveria e, finalmente, vem se esmagar contra as paredes.

É preciso compensar, então, essa variação de massa.

Daí uma técnica nova, a do "sincro-ciclotron" que foi introduzida em Berkeley por Mac Millan.

Coisa surpreendente, quando nada parece mais distante das possibilidades do amadorismo, que esses engenhos complexos pesando centenas de toneladas e ocupando edifícios intereiros, que um amador tenha feito, nesse sentido, um projeto de importância capital, que permitia ultrapassar as realizações dos aparelhos anteriores.

Trata-se de um grego chamado N. Christophilos que, em seu país devastado pela guerra civil, não dispõe senão de um lápis, de papel e de sua inteligência, propôs, em relatório aos especialistas norte-americanos, um projeto de aceleração de partículas de um tipo novo, utilizando lentes magnéticas.

Contrariamente ao que acontece repetidas vezes, sua carta não foi jogada ao cesto de papéis. Ela foi, mesmo, examinada com atenção e boa vontade.

A antecipação de dois anos do genial amador foi reconhecida com inteira boa fé (1), e, o que é mais miraculoso ainda, os físicos norte-americanos se deram ao trabalho de comprovar suas idéias através de experiências.

É esse engenho que se encontra em funcionamento em Brookhaven desde 1952, sob o nome de cosmotron. Não poderá ele aproximar a energia dos raios cósmicos? Pelo menos, tentar nos fazer compreender o que pode ser essa radiação?

Os esforços da Europa

Para não ficar muito atrás dos Estados Unidos, os países da Europa se uniram para criar, em Genebra, sob a égide da UNESCO, o Centro de Estudos e Pesquisas Nucleares, comumente conhecido por C.E.R.N., cujos recursos poderão rivalizar com os das organizações norte-americanas. Um grande cosmotron teve sua realização imediatamente iniciada.

O sincro-ciclotron de três metros o cinquenta de diâmetro, começado em 1948 por Sir James Chadwick, em Liverpool, também trouxe grandes esperanças.

Nós o vimos, em fase de acabamento, em janeiro de 1954.

Mais do que pelo complexo aparelho, cujo estudo teria exigido várias horas de atenção, ficamos impressionados com o espírito de cooperação internacional que reina nesse laboratório de atomistas.

A Grã-Bretanha participa do C.E.R.N. Desse modo, propôs à entidade, enviar dois de seus engenheiros a Liverpool para que, com os especialistas britânicos, iniciassem, na prática, a montagem de um acelerador gigante.

Assim, dois jovens engenheiros, um italiano e um holandês, colaboraram em uma obra inglesa para tirar dela algumas lições antes de empreender uma obra européia.

Essa cooperação é o sinal mais tangível que vimos até agora do nascimento de um espírito europeu. Por outro lado, a personalidade de todos esses engenheiros nos demonstrou que a pesquisa atômica polariza, entre a juventude, os espíritos mais ricos de promessas.

(1) *Physical Review*, vol. 91, 1953, p. 202, reconhece a prioridade de Christophilos.

Quando este livro for editado, o sincro-ciclotron de Liverpool já terá, sem dúvida, empreendido seus primeiros ensaios. Ele deverá dar prótons atingindo quatrocentos e dez milhões de elétron-volts, o que o situa na categoria dos grandes aceleradores dos quais não existiam, até agora, mais do que quatro exemplares, todos nos Estados Unidos. A Europa não renunciava...

Contudo, quando se quer aumentar ainda mais a potência do acelerador, fica-se logo limitado pelo peso e pelo porte dos eletroímãs. Daí surgiu o sincrotron.

As partículas já não são aceleradas do interior para o exterior, entre dois "ferros" dispostos como dois pratos separados por alguns milímetros.

Elas são aceleradas em um ímã em forma de anel oco onde descrevem, não mais uma espiral, mas círculos, e onde é aplicado um campo magnético que cresce com a velocidade da partícula.

Também é possível aumentar as dimensões do engenho. O ímã anular de um sincrotron atualmente construído nos Estados Unidos, terá trinta e cinco metros de diâmetro. Esse acelerador dará partículas de mais de um bilhão de elétron-volts. Uma vez que elétron-volts se escreve *ev* e que um bilhão se escreve com a abreviatura *B*, nos Estados Unidos, esse sincrotron, capaz de dar Bev, foi chamado de "bevatron".

Criar, e não destruir a matéria

Qual o prêmio dos prolongados estudos que vão ser iniciados com esses aparelhos gigantes?

Muito simplesmente, tentar desvendar o mistério da matéria.

As desintegrações não nos revelam grande coisa sobre a estrutura profunda da matéria. Quando se quebra uma pedra em duas com um martelo, fica-se conhecendo mais sobre a sua composição?

O problema da estrutura do núcleo começa hoje a ser esclarecido, e mesmo dominado. Mas, outra coisa é saber o que são as partículas que constroem esse núcleo e qual é o cimento que as mantém unidas.

Até o presente, foram escritos volumes sobre o que essas forças de ligação *não são*. Assim, foi possível demonstrar que elas não são elétricas, que elas não são magnéticas, que

elas não são gravitacionais. Trata-se de forças prodigiosamente incompreensíveis e poderosas.

Em Liverpool, nos disseram... Mas, examinemos nossas anotações para transcrever fielmente a frase:

— Pretendemos estudar a interação dos prótons rápidos com a matéria. Uma dessas interações será a produção de mésons "pi".

Observemos bem essas palavras. Não se trata mais de estudar as transmutações, isto é, as modificações pelo aumento ou redução de partículas. Essa fase já foi ultrapassada. Os físicos atomistas não apenas conhecem a maior parte dessas reações, como também sabem prever o que acontecerá quando eles registrarem no papel certa experiência.

Já chegamos a uma fase bem diferente. É a matéria, *como matéria*, que vai ser sitiada. E antes de mais nada, antes das próprias partículas, o seu cimento.

Já se pode criar mésons, partículas transitórias que se relacionam com a energia de ligação.

O japonês Yukawa já as havia imaginado, em 1935, para explicar exatamente essas forças de coesão.

A seguir, elas foram descobertas, idênticas aos corpúsculos hipotéticos, na radiação cósmica.

Os mésons poderiam ser, segundo certas hipóteses, a energia de coesão tornada, momentaneamente, material.

Vê-se, portanto, ao mesmo tempo o interesse de sua produção experimental para a compreensão das forças nucleares assim como da radiação cósmica.

Talvez os mésons possam demonstrar experimentalmente a equivalência da energia e da matéria. Mas, além disso, existem ainda muitos outros problemas que os maiores cosmotróns ou outros que serão construídos mais tarde, poderão tentar resolver: os problemas que concernem à natureza dos corpúsculos materiais.

Einstein ao inverso

A bomba atômica tem sua primeira origem na genial equação das Einstein: $E = MC^2$, o que significa:

energia = massa \times quadrado da velocidade da luz.

Mas, se, na bomba, a matéria é desintegrada, não se pode pretender, ao contrário, criar a matéria a partir da energia?

Uma igualdade permanece verdadeira quando invertemos os seus termos.

Embora os cientistas não gostem de afirmações fantásticas, os atomistas têm sempre em mente o incomensurável sonho dos homens: criar a matéria.

Partículas aceleradas ao ponto de dar energias de bilhões de elétron-volts esmagando-se contra um alvo, não poderiam gastando sua energia dar nascimento a outras partículas?

Aí está a melhor pergunta que se pode fazer a um físico. Ora, são numerosos aqueles que a fazem, não sem grandes esperanças.

Poderia um cosmotron criar prótons, núcleos de hidrogênio e talvez mesmo déuterons, núcleos de hidrogênio pesado e partículas alfa, isto é, núcleos de hélio, e assim por diante? . . .

Não seria apenas a imaginação científica a se sentir realizada, mas também a imaginação poética.

Como se comportaria essa matéria nova? Qual seria o rendimento de nossa alquimia? Que radiações recolheríamos, que começariam talvez a compreender se tivéssemos assistido ao seu nascimento? Não nos seria possível tirar disso algum ensinamento sobre a natureza dos raios cósmicos?

Mas, que não se acredite em uma fabricação em massa! Não, para obter matéria será sempre mais fácil escavar nossa boa velha Terra, vassculhar nossos rios ou nossa atmosfera.

Então, o profano fará a inevitável pergunta: "De que servirá tudo isso?"

O grande cientista inglês Faraday, que descobriu as forças eletromagnéticas sobre as quais estão apoiadas tantas de nossas técnicas, deu magníficas respostas a essa pergunta de beócio.

A uma senhora que visitava seu laboratório e lhe perguntou para que serviriam suas pesquisas, respondeu:

— Senhora, para que serve um bebê recém-nascido?

E a um político, nas mesmas circunstâncias:

— O senhor poderá logo cobrar os impostos sobre elas.

É certo que as pesquisas do C.E.R.N. — para não falar senão delas, uma vez que contaram com a participação direta da França — servirão para "alguma coisa". Mas seria muito presunçoso prever para que.

O amanhã se constrói a partir do hoje e do ontem. Mas esse desenvolvimento não é automático. É preciso uma reserva de pesquisas científicas puras, de fatos sem aplicação aparente, para se poder progredir.

As diversas pesquisas que descrevemos neste livro foram ou serão coroadas de êxito porque, no decorrer de séculos, acumularam-se fatos novos, a princípio apenas teóricos. Se queremos que esse progresso se mantenha, é preciso descobrir fatos novos.

Mas não será nas explosões A ou H que os encontraremos. Por paradoxal que possa parecer, essas explosões não são suficientemente poderosas (felizmente!) para atingir a matéria de maneira verdadeiramente profunda. Elas não fazem mais do que deslocar os tijolos com os quais são construídos os átomos sem poder volatilizá-los e sem poder criar coisas novas.

Criar, a partir da energia, esses tijolos que são as partículas atômicas, esse é o objetivo dos pesquisadores.

Perspectivas francesas

A Europa, graças ao C.E.R.N. poderá não assistir impotente à nova epopéia científica.

Mas, poderá a França desempenhar completamente o papel que lhe deveria caber?... Pode-se recear que não, por falta de laboratórios suficientemente bem equipados para que nossos jovens físicos possam se familiarizar com as novas técnicas.

Em abril de 1954, na *Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale*, sob a presidência de Albert Caquot, presidente da Academia de Ciências, Frédéric Joliot-Curie pronunciou uma conferência sobre o futuro nuclear da França, e lançou um grito de alarme.

Não que a França careça de pesquisadores qualificados. Cerca de duzentos e cinquenta cientistas realizam pesquisas fundamentais, em Paris e no interior do país. Isso não é muito mas também não se pode dizer que seja nada. A gravidade da situação está em outra coisa.

Ela está, sobretudo, "em nossa extrema pobreza no que concerne a geradores potentes de projéteis transmutantes".

"Os geradores existentes são utilizados da melhor forma possível, e já prestam serviços, mas é indispensável construir novos geradores que permitam explorar domínios de energia muito elevada, de quinhentos milhões de elétron-volts, e de além de um bilhão.

São necessários diversos geradores para permitir o trabalho de grande número de pesquisadores.

Já há vários anos assistimos, como testemunhas ávidas, e impotentes, as realizações empreendidas no exterior. É uma enfermidade dificilmente suportável e que ameça desencorajar definitivamente nossos pesquisadores.

"De que modo nossos físicos poderiam trabalhar utilmente no cosmotron se não dispõem de nenhuma prática de pesquisas no domínio das superenergias? Enfim, quantos dos 250 cientistas que possuímos poderão trabalhar em Genebra? Fala-se apenas de quatro ou cinco.

"O C.E.R.N. não pode, de nenhum modo, atender às necessidades francesas, e os poderes públicos não devem fazer dele um pretexto para não satisfazer às exigências de nossos especialistas.

"Se tal situação devesse se prolongar, os responsáveis pela orientação das pesquisas nos laboratórios se veriam na obrigação moral de não mais contratar novos pesquisadores, e de não mais abastecer os laboratórios, sabendo que lhes seria impossível assegurar-lhes um futuro de produção original".

XI

O FIO DE GRAMA VENCE O CICLOTRON

Em geral, não se tem consciência da imensa atividade vegetal que se desenvolve em nosso planeta.

Ao lado dessa atividade, toda a nossa agitação surge como coisa sem importância. Os vegetais removem, por ano, cerca de duzentos bilhões de toneladas de matéria. Essa cifra é de tal modo fantástica que não se pode encontrar um ponto de comparação que permita torná-la sensível.

Digamos simplesmente que toda a atividade, de todas as indústrias da Terra, não chegam a um milésimo dessa cifra.

Quanto à energia absorvida, ela é mil vezes maior que qualquer soma de energia captada pelo homem nos rios e nas torrentes, cem vezes maior que toda a energia dada pelo carvão.

Mesmo que se incluísse em nossas atividades produtoras a explosão destruidora das bombas de hidrogênio, a desproporção continuaria gigantesca.

Busquemos examinar o segredo da matéria vegetal. Sabemos em que células as plantas elaboram o seu milagre: tudo vem de uma misteriosa substância verde, a clorofila. Um curto período de agitação publicitária levou essa palavra ao conhecimento do público. (Digamos, por outro lado, que os produtos que se afirmam elaborados à base de clorofila, não têm, absolutamente, as propriedades que lhes são atribuídas e que uma fábrica norte-americana que os produz está sendo processada, por exalar maus odores.)

A revolução da clorofila

Essa substância, e algumas outras, possuem a extraordinária propriedade de absorver a energia dos raios do Sol e dela se utilizar para transformar a água e o gás carbônico em açúcar, em amido, em celulose, em resumo, em tudo aquilo

que constitui um vegetal. E, ao fazer isso, ela liberta oxigênio, produz todo o oxigênio da atmosfera.

Todos nós somos parasitas dessa reação. Sem ela, com efeito, não haveria vida sobre a Terra. Sozinha, ela capta a energia do Sol que nos faz viver.

No planeta Vênus, nosso irmão, a vida não parece ter jamais florescido, pois o espectroscópio revela aí a existência de uma atmosfera de gás carbônico, sem oxigênio. Ora, o oxigênio que respiramos, é inteiramente produzido pela clorofila.

São diversos os caminhos que nos aproximam desse segredo. Um deles foi a descoberta da radiatividade, que permitiu marcar os átomos e acompanhá-los através de seus avatares. Vejamos o que disse, a esse respeito, recentemente, em uma conferência, o professor Joliot-Curie:

"O radiocarbono 14, produzido pelos reatores de urânia, é empregado muito eficazmente nessas pesquisas de extraordinária importância, pois podem permitir conhecer e utilizar, com bom rendimento, a energia das radiações solares que chegam à superfície da Terra. Por estranha circunstância, é talvez graças ao emprego dos radioelementos artificiais produzidos pelas fontes de energia nuclear, que se chegará a conseguir fontes novas de energia, inesgotáveis, tendo origem nas radiações solares".

Outra grande descoberta, a dos quanta, dos "grãos" de luz, feita por Einstein, permitiu medir a energia de um desses grãos e, assim, determinar o número de grãos necessários à decomposição, pelas plantas vivas, de uma molécula de gás carbônico.

Pesquisadores pacientes, entre os quais se deve citar sobretudo o alemão Warburg e o soviético Timiriazeff, estudaram o mecanismo extraordinariamente complexo, que permite captar a luz solar, utilizar sua energia para decompor a água, e combinar o hidrogênio, assim libertado, com o gás carbônico.

Outros, igualmente pacientes e engenhosos, entre os quais os norte-americanos Hill e Rabinovitch, em particular, utilizando outros produtos que não a clorofila, construíram mecanismos sintéticos para captar a energia do Sol.

"Nós avançamos, mas em uma floresta cada vez mais espessa"

Em que ponto estamos, exatamente? Que aprendemos de certo? Alguns pontos foram ganhos.

A reação clorofiliana pode se orientar, em uma mesma planta, conforme as condições e segundo os órgãos, para produtos tão diferentes como o açúcar ou a celulose. A videira não produz o suco das uvas maduras e a madeira de suas cepas?

Sabemos construir verdadeiras pilhas elétricas utilizando um corante chamado tionina, e ferro, para reproduzir parcialmente o fenômeno da fotossíntese.

Essas pilhas absorvem a energia do Sol e a devolvem sob forma de corrente elétrica na obscuridade, pois podem ser recarregadas.

Sabemos também que há, na síntese, duas fases sucessivas: uma que exige luz e outra que não a exige. A existência dessas duas fases pode ser determinada por experiências extremamente sutis. Iluminando uma planta durante um breve período de tempo, e medindo o trabalho de assimilação clorofílica que ela pode fazer.

Nós nos aproximamos, pouco a pouco, por diversos caminhos, da compreensão e mesmo do domínio do mecanismo clorofiliano. Um acontecimento facilita nosso avanço: o segredo é menos zelosamente guardado em torno desses trabalhos que no domínio atômico.

No começo de 1954, visitamos o *Royal College of Science* de Londres e os laboratórios do seu decano, o professor R. P. Linstead.

Não é de hoje que esse laboratório se especializa em corantes; uma placa lembra, com efeito, que ali, o grande Perkins descobriu, no século passado, as cores da anilina.

O professor Linstead nos explicou demoradamente dois aspectos de seus trabalhos. De um lado, ele estudou uma categoria inteiramente nova de corantes, as ftalocianinas.

Embora esses corantes, cujos matizes intensos vão do verde ao violeta, sejam de estabilidade e de solidez excepcionais (foram lançadas no mercado pela Imperial Chemical sob o nome de pigmentos Monastral), o interesse do assunto não é industrial. É... fisiológico.

Com efeito, verificou-se que a constituição dessas substâncias apresentava impressionante semelhança com a de pigmentos naturais que desempenham um grande papel entre os seres vivos: hemoglobina, pigmento vermelho do sangue; clorofila, pigmento verde das plantas; pigmento azul do sangue dos polvos.

Esses diversos pigmentos são todos baseados sobre um metal, o ferro na hemoglobina, o magnésio na clorofila.

Foram conseguidas recentemente algumas substâncias que, desempenhando papel muito semelhante ao dos pigmentos, podem tanto absorver como exalar oxigênio, conforme as circunstâncias. Esses processos reversíveis jamais tinham podido ser reproduzidos até o presente fora da célula viva.

Sem dúvida, as descobertas recentes "vão tornar (são as palavras do professor Linstead) mais fáceis" esses estudos.

Deve-se esperar disso, "uma luz inteiramente nova sobre uma das reações biológicas das mais importantes".

Outra direção em que se desenvolvem os trabalhos desse laboratório parece ser também puramente química: o estudo das reações que permitem a transferência de átomos de hidrogênio.

Aqui, por uma coincidência que não pode ser inteiramente casual, também chegamos muito perto de reações biológicas importantes, as dos enzimas naturais. E tornamos a voltar, principalmente, à clorofila e ao fenômeno essencial da "fotosíntese" que, captando a energia das ondas luminosas, constrói um corpo orgânico a partir de uma substância mineral.

— Então, perguntamos ao professor Linstead, tem a esperança de esclarecer esse fenômeno de importância capital do qual a clorofila é o agente?

Vamos reproduzir exatamente sua resposta.

"As pesquisas em curso têm como objetivo nos informar sobre o mecanismo fotossensibilizador do sistema fotossintético natural e, se possível, reproduzir sua ação em um domínio puramente sintético."

Percebe-se. Em nenhuma parte do mundo, melhor do que nesse bairro tranquilo de Kensington, em Londres, se está, sem dúvida, tão perto da estreita porta até agora proibida, da passagem obrigatória que mantém a clorofila entre a química mineral e a alquimia viva.

Uma outra frase do professor Linstead é importante. Mas como não a anotamos, não a citaremos entre aspas.

Os pesquisadores — disse ele — ainda não vislumbram o fim dos seus esforços. Mas, pelo menos, sabem que progredem. Infelizmente, cada progresso, na floresta inextricável dos fatos, permite apenas descobrir as árvores, outras árvores, sempre mais árvores. Ninguém ainda descobriu a luz que indica o fim da floresta sombria.

A chave de ouro

Uma vez feita a luz, estaríamos rapidamente em condições de fabricar superclorofilas sintéticas. Esses corpos contariam, provavelmente, com o inevitável carbono, oxigênio, hidrogênio, azoto, enxofre, fósforo e um metal. Eles teriam o poder de transformar uma mistura de anidrido carbônico e de vapor d'água, em açúcar, em gordura, em amido.

Nós dispomos de água em quantidade ilimitada quase por todo o globo terrestre.

Técnicas que permitem obter água potável a partir da água do mar, são agora utilizadas industrialmente.

Mesmo no Saara, os métodos modernos de prospecção geofísica permitem indicar os lugares onde se deve perfurar os poços.

O gás carbônico é igualmente abundante. As plantas que captam o gás carbônico da atmosfera poderiam manter-se sem ele? Para o obter em estado puro e em quantidade ilimitada, basta decompor o giz ou não importa que calcário, ou ainda utilizar a fumaça das fábricas.

A fotossíntese artificial nos daria, portanto, a chave de uma porta por trás da qual existem riquezas ilimitadas, riquezas das quais nenhuma divisão política do globo poderá nos privar.

A partir do momento em que, não importa que país possa produzir em abundância, com água e giz, alimentos para os animais e o homem, combustíveis, matérias plásticas, todos os outros problemas — insistimos, todos — poderão ser resolvidos.

Essas são possibilidades das quais se fala raramente porque vivemos em uma época de pessimismo. Ouve-se falar, mais espontaneamente, de profetas da infelicidade do que de cientistas conscientes das promessas da inteligência. O grande público, sobretudo, é vítima de uma propaganda que lhe apresenta senão os aspectos negativos da ciência.

No entanto, os últimos progressos são de tal amplitude que se pode, sem prever muita coisa, considerar próxima a solução.

Parece-nos muito pouco provável que um povo, seja ele qual for, disponha, em seu próprio território, de recursos ilimitados, se empenhe em uma guerra moderna, simplesmente por uma questão de ideologia.

Poder-se-ia, evidentemente, perguntar por que, nessas condições, não se consagra maiores esforços a um estudo intensivo do problema da fotossíntese.

É que se trata de pesquisas de nenhum modo espetaculares que, até o presente, pouco chamaram a atenção dos poderes públicos e dos industriais.

Além disso, o número de pesquisadores que podem se interessar foi, até o presente, bastante reduzido.

Em particular, até o aparecimento, em março de 1954, de um excelente livrinho de Roger Buvat (1), não havia, em francês, nenhum texto que permitisse assimilar os dados do problema. De que modo jovens pesquisadores teriam podido se orientar nesse caminho?

A pesquisa no domínio da assimilação clorofiliana e da fotossíntese exige acima de tudo inteligência. Para fazê-la não são precisos aparelhamento custoso nem produtos raros.

Verificamos isso no *Imperial College*, cujos laboratórios são simples e antiquadas as instalações.

Que desculpa teria então a França se não se lançasse nesse campo enquanto era tempo? Tanto mais quanto, infelizmente, essas pesquisas são suscetíveis de aplicações militares de grande importância.

Os anti-hormônios vegetais

Sendo a usina clorofiliana prodigiosamente poderosa, se ela entrar em pane, as consequências serão graves.

Que se compreenda seu funcionamento profundo e não estaremos longe de elaborar uma substância capaz de inibi-la ou, em linguagem de químico, um anticatalisador da fotosíntese.

Já existem produtos dos quais alguns quilos apenas, espalhados sob a forma de pó extremamente fino, despovoariam inteiramente um país. Esses produtos, na verdade, não nasceram diretamente dos trabalhos sobre a fotossíntese. Tiveram origem mais prosaica.

O problema da extinção das ervas daninhas nas quadras de tênis ou nos aeródromos já fora abordado em 1925. As primeiras substâncias sintetizadas não foram muito eficazes.

(1) *Photosynthèse et Chimiosynthèse*. Coleção *La Science Vivante*, Presses Universitaires de France, 1954.

Pouco a pouco, à medida que se aprofundavam os conhecimentos sobre a fisiologia dos vegetais, novas substâncias no mesmo gênero iam sendo elaboradas.

A primeira, que se chamou brevemente 2-4-D (sua fórmula química era bastante complicada), já neutralizava certos hormônios vegetais e matava as ervas daninhas.

Os químicos perceberam, então, que esse anti-hormônio era seletivo. Podia ser utilizado para destruir os cardos e outras plantas que parasitam os cereais, sem com isso prejudicar as colheitas.

As pesquisas prosseguiram, orientadas por sociedades poderosas como a Dupont de Nemours e, mais tarde, por estados-maiores militares.

Foram descobertas outras moléculas. Assim, no começo de 1952, a Dupont de Nemours anunciava o nascimento da C.M.U.

Por C.M.U. deve-se entender 3 p. clorodifenil II dimetilurado. Compreende-se, portanto, que lhe tenha sido dado um pequeno nome familiar! Trata-se do mais poderoso destruidor de vegetais que se conhecia na época — pelo menos entre aqueles que não constituíam segredo militar. Sua principal característica era não ser específico. Atuava, sem distinção, sobre todos os vegetais. E era muito persistente.

Como não pensar na arma que representava? Por outro lado, a notícia oficial de sua criação indicava, entre suas possíveis aplicações, a destruição das plantações do adversário.

Aonde iremos amanhã?... Já existem substâncias que permitem destruir, sistematicamente, o trigo, as árvores que produzem a borracha, ou qualquer outro vegetal escolhido antecipadamente.

Uma chuva fina desses pós seria uma arma sorrateira que, embora menos espetacular que a arma atômica, não seria menos “eficaz”.

Não parece que se tenha inventado substância semelhante, exercendo ação análoga sobre a vida animal. Mas nada prova que não se tenha pensado nisso.

No momento em que este livro estava sendo redigido, a peça de sucesso nos teatros de Moscou, *Os Chacais*, apresentava o que poderia ser a descoberta de um anticatalisador desse gênero para a vida animal, e o que poderia acontecer se caísse em poder de homens sem escrúpulos.

XII

E A ROCHA SE TRANSFORMOU EM AÇÚCAR

Desembarquemos no futuro.

Desta vez, resolutamente, sem olhar para trás, assumindo todos os riscos de nossas antecipações.

Uma pequena viagem desse gênero será para nós verdadeiro repouso... como um romance de ficção científica. Mas, não se trata de ficção científica. Trata-se, simplesmente, de imaginar as consequências lógicas que, do ponto de vista industrial, decorrem de uma descoberta que numerosos laboratórios já tentaram: a reprodução do milagre clorofiliano.

Para que as páginas a seguir possam se revelar inteiramente falsas no futuro, seria preciso admitir que os químicos, os físicos, os bioquímicos, os botânicos que, no mundo inteiro, procuram compreender de que modo a clorofila sintetiza a matéria orgânica, jamais poderão ser bem sucedidos.

Mas, poderemos admitir que tantos pesquisadores animados por tão grande decisão e já tão avançados em seus trabalhos, possam falhar completamente? Não! Certamente não!... Assim, cedo ou tarde, quando a fotossíntese artificial tiver sido conseguida, nossas pré-antecipações serão verdadeiras.

Tudo se limita, portanto, a uma questão de data.

Prudentemente, os autores deste livro não adiantam nenhuma data. Mas observam que, se Henri Poincaré tivesse visitado, trinta anos depois de sua morte, as usinas de Oak Ridge e de Hanford, não teria ficado mais surpreendido ao ler este capítulo, do que o mais realista dos homens, diante da usina que vamos observar.

O espetro dos milagres

Estamos em Champagne, à margem do Suipe, em uma região pontilhada de crateras brancas.

Um engenheiro nos conduz. Ele vive há anos entre esses milagres e nos fala deles sem nenhum lirismo.

No escritório do diretor ele tomou um ponteiro e nos mostrou, sobre a parede, o organograma da usina, no qual setas indicando retângulos de cores vivas representam os caminhos das matérias-primas e da energia, através da complexa indústria.

— Por aqui entra nosso material básico: a greda. Nem é preciso dizer que, em plena Champagne, não nos falta esse material! Quanto à energia, é fornecida por um posto de transformação que nos liga à rede E.D.F.

À saída são diversos os produtos. Mas todos convergem, em seguida, para nosso cais de embarque.

Este vermelho indica o açúcar, um de nossos principais produtos. Saibam que nossos preços de custo são nitidamente inferiores aos do açúcar de beterraba e que se cogita de instalar, em Ardèche, às margens do Rhône, uma usina maior do que a nossa, que libertaria totalmente o açúcar da agricultura. Nesse dia, as beterrabas só dariam álcool e, através dele, borracha sintética.

O retângulo verde representa os supercombustíveis que obtemos pela fermentação das gorduras. O violeta mostra os alimentos para animais, misturas de amidos e de açúcares, de baixo peso molecular. Finalmente, o azul, indica os produtos básicos para matérias plásticas, cetonas e álcoois.

Mas o vermelho, o verde, o violeta, o azul derivam, todos, dessa grande esfera cor de laranja (certamente, ao traçá-la, o desenhista pensou no Sol), do coração das nossas usinas. É o pavilhão da fotossíntese artificial no qual penetram estas três setas negras: o gás carbônico produzido pelo aquecimento da greda, a água bombeada do Suipe e a corrente elétrica que fornece a energia luminosa em tubos de ultravioleta.

Que essas três setas do gás carbônico, da água e da energia possam dar esta série diversificada de produtos, não é coisa de surpreender. Mas, evidentemente, diante desse organograma que não pode apresentar os pormenores, o observador corre o risco de achar a operação tão misteriosa quanto o mecanismo clorofílico o era ainda para nossos avós.

“Acompanhemos o guia”

O engenheiro nos pede que o sigamos.

— Vamos agora observar o veio do carbono. E, para isso, começemos pelos nossos fornos de cal.

O solo estava pontilhado de escavações. O brilho duro de seus ferimentos nos ofuscou.

— Vejam, os fornos de cal não evoluíram. São os mesmos de há um século. O princípio continua sendo muito simples: aquecer a greda nesses fornos por meio do carvão. Cogitou-se de substituir a boa velha lignita pela energia nuclear. Mas para que? Os métodos mais antigos apresentam muitas vantagens...

Observem, entretanto, que apresentam uma diferença em relação aos outros fornos de cal: os tubos que saem de sua parte superior e se destinam a recolher, de um lado o gás carbônico obtido pela decomposição do carbonato de cálcio que é a greda e, de outro, o que é produzido pela combustão do carvão na fornalha.

Nesse edifício, no qual penetra toda essa tubulação, comprimimos os gases e baixamos a temperatura até a obtenção da neve carbônica. Inútil entrar. Aqui também encontraremos uma instalação como as que existem na França, às centenas, desde 1920. O que importa é o resultado: só o gás carbônico é solidificado; assim ele se separa dos outros gases.

A neve carbônica é armazenada em tubos refratários ao calor que se encontram neste outro pavilhão. Aí eles se gaseificam, à temperatura ambiente, na medida de nossas necessidades".

Um automóvel nos levou rapidamente a um planalto sobre o qual se viam, alinhados, centenas de edifícios de vidro, todos iguais. Entrarmos em um deles, escolhidos ao acaso.

— Aqui se processam as principais reações de nossa indústria. Atenção! Ponham os óculos que receberam à entrada: eles detêm os raios ultravioleta e não deixam passar senão os raios visíveis.

Estes recipientes que estão vendo, contêm água com um corante — a chave de toda a operação — desenvolvido por um cientista francês há uma dezena de anos. É uma superclorofila, um tanto aparentada com as tetrazafarfínas que o professor Linstead estudou por volta de 1954.

Pelo fundo dos recipientes chega o gás carbônico em minúsculas bolhas, que se dissolvem imediatamente.

E sobre tudo isso caem intensas radiações ultravioleta emitidas por tubos de vidro negro que desempenham, para nosso corante, o papel do Sol em relação à clorofila. Não é necessária qualquer proteção para os olhos dos operários, pois aqui, em geral, não se vêem operários. Quando um deles pre-

cisa entrar põe os óculos e, quando precisa demorar-se mais de alguns minutos, protege o rosto com um creme.

À superfície das grandes cubas sobe um líquido oleoso que contém amido, gorduras e açúcares misturados, o "suco" como dizemos. Esse líquido é separado da água por uma espécie de desnaftamento. As reações de fotossíntese prosseguem na superfície.

Diariamente, milhares de toneladas desse "suco" sintético são assim produzidas a partir do gás carbônico e da água. Da energia também, é verdade, mas em quantidade tão pequena! Com efeito, não utilizamos mais do que uma potência de 25.000 kw.

É desnecessário visitar as outras usinas em que fermentam as gorduras que devem dar supercombustíveis. Essas instalações são clássicas desde os tempos de Pasteur.

Riquezas sem fim

Voltamos aos edifícios da direção, onde nos foi oferecido um excelente rum, inteiramente fabricado na usina, a partir da greda e da água e envelhecido pela ação dos raios-ultravioleta.

O diretor, que nos recebeu, tomou a palavra:

— Nosso óleo dá, pela fermentação, um supercombustível menos caro que a gasolina e com número melhor de octanas. Apresenta a vantagem de não exigir antetonantes e, assim, não poluir a atmosfera de nossas cidades com vapores de chumbo.

Esse processo foi inventado em 1935 pelo químico francês Blumenfeld que chamou ao combustível de combustível cetônico.

Nossos açúcares brancos são semelhantes ao açúcar-de-cana e de beterraba. A única diferença é que podemos vendê-lo a preço muito mais baixo. Nossas forragens são as mais ricas que já se conseguiu.

Resta-nos um resíduo considerável que a indústria de matérias plásticas absorve inteiramente. Somos ao mesmo tempo uma indústria alimentar, um poço de petróleo, uma plantação de canas-de-açúcar ou de beterraba e uma indústria química. E tudo isso a partir de matérias-primas inesgotáveis.

Existem bilhões de toneladas de greda na região de Champagne, e a água dos seus rios é inesgotável. O escassa energia que utilizamos poderia muito bem ser fornecida pelo

carvão, pelo vento ou, a rigor, pelos nossos próprios combustíveis.

Portanto, pela primeira vez na história do mundo, uma indústria se baseia em matérias-primas realmente ilimitadas.

Enquanto os automóveis necessitarem de combustível para rodar, enquanto utilizarmos objetos de matéria plástica, enquanto o açúcar fizer parte de nossa alimentação quotidiana, nossa usina irá bem.

A fotossíntese artificial é uma aquisição fundamental da humanidade, ao mesmo título que a agricultura, o fogo ou a domesticação dos animais. Ela é mais fundamental que a eletricidade, a aviação ou a energia nuclear. Entramos na era da clorofila e é provável que nela permaneçamos por muito tempo. O alimento em pílulas, mesmo que se tornasse inteiramente possível, não seria agradável. A solução, nós a encontramos. Podemos, daqui por diante, substituir a caça, a pesca, a agricultura, a domesticação de animais, por instalações deste gênero.

Todas estas atividades, é certo, não desaparecerão do dia para a noite, mas nós damos aos homens, pela primeira vez na História, uma base sólida, independente do clima, independente do empobrecimento do solo, independente das chamadas riquezas naturais.

“A descoberta do segredo da clorofila é a mais importante descoberta do homem depois do fogo.”

XIII

O NOVO MANÁ

Provavelmente os leitores não conhecem a clorela. Pelo menos, se tivessem passeado um pouco pelo jardim das raízes gregas, adivinhariam que ela é verde, uma vez que *khloros*, em grego...

Mas os leitores muito logo travariam conhecimento com ela, mesmo que não a apresentássemos aqui. E isso porque ela dará o que falar nos próximos anos.

A clorela é uma alga microscópica, um minúsculo e primitivo fragmento de matéria vegetal. Invisível a olho nu, ela não se fixa, mas flutua na água onde pode se acumular em massa esponjosa, verde.

Na verdade, dever-se-ia falar de clorelas, no plural, pois, sob esse nome genérico, os especialistas distinguem numerosas espécies: cerca de dez mil, das quais apenas vinte e seis foram estudadas.

Entretanto, o que nos importa aqui é saber se a *Chlorella ellipsoidea*, por exemplo, apresenta qualquer superioridade em relação às outras, do ponto de vista que nos interessa.

Esse ponto de vista é o da alimentação humana.

A síntese verde

Os franceses, diante dessa nossa afirmação, fariam um muchacho. Eles sabem muito bem que os japoneses comem algas. Leram que numerosos cientistas exaltam as virtudes nutritivas desse alimento. Talvez saibam também que um douto Congresso de Estudiosos das Algas se realizou em 1952, em Edimburgo, para examinar a questão. Talvez eles até possam encontrar um mergulhador que, adepto incondicional do mar, recolha algas, como o dr. Chénevée, presidente do Centro de Estudos Submarinos, ardoroso defensor desse alimento. Mas,

tendo nascido no país das grandes tradições culinárias, os franceses preferem, sem dúvida, alimentos mais tradicionais.

Assim, não seremos nós a exaltar os méritos de tal alimentação. Mesmo em nome da ciência, mesmo em nome da própria saúde, quem conseguiria modificar, na França, nossos hábitos alimentares?

O problema deve ser colocado em outros termos: para transformar os materiais minerais em matérias orgânicas, seria a erva de nossos prados o meio mais eficaz? Não poderá o milagre clerofílico ser utilizado com melhor rendimento que o da cultura clássica?

Em outras palavras: não nos oferece, a natureza, uma usina de substâncias alimentares mais econômica que nossos "jardins e pastagens" tão caros a Sully?

A questão não implica, de nenhum modo, a idéia de que as proteínas ou os amidos assim produzidos, serão saboreados por nós com molho branco ou torradas. Quando nós os tivermos obtido, saberemos transformá-los em alimentos dignos de nossa culinária. Poderemos, em particular, confiá-los a certas fábricas extraordinariamente bem equipadas que são capazes de dar produtos saborosos, a partir de ervas secas ou cascas. Essas usinas se chamam vacas e porcos.

É preciso pensar, sobretudo, que há na Terra homens que sofrem fome. Então, por um momento, devemos deixar de lado a atitude de franceses muito inteligentes e bons gastrônomos e compreender que os hindus, ameaçados pela fome, sentir-se-ão felizes em comer algas se estas lhes derem mais alimento que o trigo.

Já vimos como estão sendo abordados os segredos da fotossíntese. Mas, enquanto se aguarda que eles sejam desvendados não se pode tentar utilizar melhor esse mecanismo na própria natureza?... Assim, um pouco por todo o mundo, prolongados estudos foram feitos para pesquisar que usina verde é capaz de executar, o mais rapidamente possível, suas operações de síntese orgânica.

Lembremos apenas os seus resultados mais concretos: já há alguns anos, são as clorelas que dão as maiores esperanças.

Fábrica de oxigênio

Encontram-se clorelas nos mares, nos açudes, nos lagos; e até mesmo nos solos úmidos... Elas servem de alimento aos moluscos (em particular às ostras, aos camarões, a certos peixes.)

Sua capacidade de proliferação é extraordinária. Observou-se numa cultura, aumentos que chegavam a oito vezes o seu peso, em vinte e quatro horas.

Cada um desses organismos monocelulares é uma verdadeira fábrica química. Através de suas paredes absorve o gás carbônico dissolvido na água, e utiliza a energia da luz que o atinge, para fabricar proteínas, ao mesmo tempo que expelle oxigênio. Seca, a clorela contém até cinqüenta por cento de proteínas tão assimiláveis quanto as da carne e as do peixe.

Nos Estados Unidos, alguns sugeriram uma mobilização geral de cientistas capazes de estudar a questão da clorela. Tratar-se-ia mesmo de estabelecer um novo "Manhattan Project" tão importante quanto o primeiro.

Agora, entretanto, esses problemas já foram abordados com vigor e em vários sentidos simultaneamente.

Os militares estudam fontes de oxigênio à base de algas para submarinos e foguetes.

A Universidade da Califórnia concluiu um contrato de pesquisas com a Marinha norte-americana, para equipar o novo submarino *Nautilus* com instalações de regeneração do oxigênio através das algas.

Quando à Universidade do Texas, entrou em acordo com a Aeronáutica. Estudará o mesmo problema para as astronautes e satélites artificiais do futuro, mas com a colaboração do Sol, fonte ilimitada de energia, do espaço.

Os homens e as clorelas viverão assim em um ciclo de circuito fechado, os primeiros queimando oxigênio e expelindo gás carbônico; as segundas retransformando o gás carbônico em oxigênio.

Informações divulgadas em maio de 1954 pela imprensa norte-americana, que não nos foi possível confirmar antes do aparecimento deste livro, afirmam que, no fundo do Lago Michigan, homens estão se preparando para viver assim, durante quarenta e oito dias, em um recipiente fechado.

Mas, é no Instituto Carnegie que a questão está sendo estudada mais profundamente.

A Gênese de uma idéia

Sabe-se que, provavelmente, o petróleo provém da decomposição de organismos que viviam em massa no mar no decorrer as eras geológicas.

Mas o dr. H. A. Spoehr, diretor do Departamento de Biologia Vegetal do Instituto Carnegie, uma das autoridades

mundiais em matéria de fotossíntese, empenhou-se, há uma dezena de anos, em estabelecer que seres poderiam se aglomerar assim.

Ele chegou à conclusão de que se tratava, provavelmente, de algas, e sobretudo de clorelas, que dominavam então, em períodos nos quais a atmosfera da Terra era mais rica do que hoje em gás carbônico. Mas quis confirmar sua hipótese com uma experiência.

Reconstituiu, para isso, uma atmosfera na qual a proporção de gás carbônico chegava a 2%, ao invés dos 0,03% de hoje. Então, as clorelas se puseram a multiplicar-se consideravelmente.

Melhor ainda, o dr. Spoehr descobriu que, aumentando o teor de azoto na água, ele podia fazer passar as proteínas de 50% a 88% do peso total. Ao contrário, reduzindo o azoto, eram os açúcares que se desenvolviam: passavam de 7% a mais de 75%.

Assim, o homem dispõe de uma fonte de proteínas, açúcares, gorduras, que ele pode utilizar à vontade.

Os primeiros resultados desse surpreendente trabalho foram publicados em 1946. Mas, em 1948, compreendendo cada vez mais que a cultura da clorela para a alimentação humana era viável, o dr. Spoehr e seus colaboradores redigiram um relatório que enviaram ao dr. Vannevar Bush, presidente do Instituto Carnegie.

Vannevar Bush é certamente uma das maiores inteligências do seu tempo. Tornou-se famoso pela sua máquina de calcular "análogica", o "integrador diferencial" que permite resolver equações muito difíceis.

Durante a guerra, recebeu do presidente Roosevelt a direção do Serviço de Pesquisas Científicas.

Além disso, desempenhou importante papel no movimento de idéias que deu nascimento à cibernetica.

Bush compreendeu todo o interesse dos trabalhos sobre a clorela e levou o Instituto Carnegie a aplicar vários milhões de dólares no prosseguimento dessas pesquisas.

Assim foi despertada a curiosidade do mundo científico para a minúscula alga primitiva...

Em toda a história das ciências, sem dúvida, nenhum fato demonstra melhor que as mais vãs pesquisas podem sempre se revelar úteis. Estudar que espécies de algas puderam, nos tempos primários ou secundários, dar o petróleo, parece o tipo

dessas minuciosas análises das quais são capazes alguns cientistas.

Percebemos, aqui, alguns impertinentes, a reclamar:

"Ocupar-se de problemas desse tipo quando os homens morrem de fome aos milhões!"

Pois bem, desse trabalhos tão distantes das contingências atuais, tão inúteis a priori, surgiram as melhores promessas de vencer a fome.

Em uma salsicha gigante

Vannevar Bush considerou que o projeto que lhe era submetido de cultivar a clorela em grandes recipientes de aço inoxidável recobertos de vidro não era industrialmente rentável. Refletiu longamente sobre o problema. E, um dia, em um trem que corria para Chicago, teve uma inspiração: por que não cultivar a clorela em enormes peles de salsichas?

Dirigiu-se então à Sociedade Arthur D. Little, uma grande firma de assessoria de engenharia. Os engenheiros da organização fizeram uma instalação que jamais se vira: uma enorme salsicha cujo preço de custo era um décimo apenas da instalação de que se cogitara antes.

Um tubo de polietileno, de um metro e vinte de diâmetro preso pelas duas pontas formando um arco. Foi colocado sobre duas tábuas paralelas de vinte metros de comprimento, sobre o telhado da Sociedade Little, em Cambridge, Massachusetts. Encheram-no com três mil e oitocentos litros de água na qual uma bomba assegurava a circulação permanente. Sais e ácido carbônico podiam ser acrescentados à água à vontade.

A 30 de julho de 1951, ele foi inaugurado. Uma pequena quantidade de clorela ali foi semeada. Mas, nesse mesmo dia, as coisas quase malograram: sob o sol canicular, a temperatura da água se elevava quase ao ponto de matar as algas. O engenheiro que percebeu o que acontecia, precipitou-se para o telhado e cobriu o tubo com sua camisa.

Depois alguém ficou encarregado de regar a salsicha gigante com água fresca até que, nos dias seguintes, um regulador de temperatura foi acrescentado à instalação.

Levadas pela corrente, as clorelas prosperaram, reproduzindo-se quando o tempo era bom, ao ritmo de uma geração e meia (triplicando assim o seu volume) em vinte e quatro horas. Todos os dias, o excesso era retirado e submetido à secagem.

Houve outros motivos de alarma. O tubo rachou na parte dobrada. E, no outono, um longo período de 17 dias sem sol comprometeu a cultura.

Contudo, quando em dezembro, a experiência foi suspensa, pôde-se determinar que cada metro quadrado de tubo produzia 3 quilos e setecentas e seis gramas de matérias orgânicas por ano.

Com base nesses ensaios, estudou-se um projeto preliminar em escala industrial.

Quarenta hectares de instalações poderiam dar vinte toneladas e meia de algas por ano e custariam três milhões e duzentos e cinqüenta mil dólares. O preço de custo do produto era de vinte e cinco centavos a libra e ele poderia ser vendido a trinta e cinco centavos.

Uma vez que, nos Estados Unidos, uma libra de carne custa um dólar e uma libra de soja ou de levedura apenas dez centavos, vê-se que o preço da clorela era muito elevado.

Casa do Dr. Hiroshi Tamiya

As experiências demonstraram, sem deixar lugar a dúvidas, que essas proteínas poderiam ser absorvidas durante anos sem nenhum efeito nocivo. No caso de certas doenças, em particular da lepra, elas exerciam mesmo um efeito terapêutico.

A Tailândia, antigo Sião, organizou a colheita sistemática de clorelas e, atualmente, colhe cinco mil toneladas por ano.

Em Israel e no Japão prosseguem as experiências com seres humanos.

O jornalista norte-americano Bill Davidson, descreve da seguinte maneira os primeiros contactos de suas papilas gustativas com clorela. Em um laboratório da Universidade do Texas, um químico tomou, em um recipiente de vidro, uma garrafa de líquido verde que despejou em um centrifugador, para separar as células da água.

"O resultado foi uma colher de uma massa verde oliva, feita de milhares de algas vivas. Eu a levei à boca com alguma apreensão. Era adocicada, um pouco gordurosa e tinha um gosto de legumes, que lembrava o brócoli."

Mas, praticamente, não se tratava de consumir clorelas frescas. Depois da centrifugação, eram postas a secar em uma estufa e, a seguir, reduzidas a um fino pó que pode ser guardado indefinidamente.

O gosto varia conforme as espécies e conforme os meios em que se faz a cultura. Trabalha-se também no sentido de modificar esses sabores acrescentando-se aromas artificiais.

Mas, principalmente, é possível utilizar o pó de clorela em alimentos devidamente cozidos.

Assim, o dr. Hiroshi Tamiya e sua esposa viveram durante quatorze meses ingerindo apenas alimentos à base de clorela. Era o seguinte o cardápio de um dia do casal Tamiya: pela manhã, um bom chá verde com clorela, mas conservando gosto de chá. A bebida é tão nutritiva quanto caldo de peptonas. Ao mesmo tempo, "pão de algas" verde claro e, ao que parece, excelente. Daremos aqui a receita, para nossas leitoras:

- 8 colheres de sopa de pó de clorela
- 4 xícaras de farinha
- ½ xícara de manteiga
- 1 xícara de leite
- 7 colheres de sopa de açúcar
- 2 ovos
- 1 colher de sopa de sal
- 1 pedaço de levedura

O bolo assim obtido contém 20% de proteínas e 75% de gordura a mais que os bolos comuns, e vitaminas A e C que faltam completamente nestes últimos. Contudo, os autores deste livro, assim como seus editores, não se responsabilizam pelo sabor dessas iguarias...

Ao meio dia, os leitores poderão, da mesma forma que os Tamiya, almoçar almôndegas de clorela feitas com quatro colheres de sopa do famoso pó, uma xícara de farinha, sal e água. Devem ser comidas com molho de clorela, que tem gosto de molho chinês. Como sobremesa, biscoitos e sorvete de ... cloreia.

Mas, não estamos brincando. O dr. Tamiya não tem a menor intenção de impor ao mundo esse regime alimentar. Pretende apenas provar que o uso da alga mágica não é nocivo a longo prazo; ao contrário, pode manter o homem em perfeito estado de saúde.

O fim da fome?

Contudo, estamos apenas nos primeiros resultados da utilização da microfábrica de clorofila. Um dos objetivos de hoje é a redução do seu preço de custo.

As pesquisas são feitas em várias direções simultaneamente.

A Universidade do Texas encontrou, em um açude, uma espécie de clorela que pode suportar temperaturas de cerca de 50 graus C. Assim, instalações que utilizassem essa alga poderiam dispensar o sistema de refrigeração (1).

Na Universidade da Califórnia, o dr. Harold Gotaas está cultivando clorelas em esgotos. O conteúdo dos esgotos é neutralizado e as algas se mantêm maravilhosamente bem. São, além disso, de excelente qualidade nutritiva, e os laboratórios bacteriológicos da Universidade asseguram que não contêm nenhum micrório perigoso. Com esse sistema, pretende-se produzir o pó de clorela a seis centavos a libra.

Mas existe coisa ainda melhor. Se extraímos sistematicamente da cloreia todos os produtos preciosos que ela contém: vitaminas, ácido glutâmico, esteróis, pigmentos, conseguir-se-á tornar a operação rentável com cloreia seca vendida a um centavo a grama. Poderemos até utilizar a alga como combustível, concorrendo com o carvão que, nos Estados Unidos, é vendido a meio centavo a libra.

Desde já, sem que se tornem necessários novos progressos, o problema da fome parece, portanto, poder ser resolvido, antes mesmo que o segredo da clorofila tenha sido desvendado. As populações subalimentadas da Índia, da China, da América do Sul, poderiam ver seus recursos aumentar consideravelmente. Pensemos que, em 1953, apenas, cinco milhões de seres humanos morreram de fome na Ásia.

Volta à Bíblia

Em um país como a França, onde, em tempos normais, a questão da fome não existe, não seria, só por isso, de desdenhar a existência da cloreia. Poderíamos transformá-la em produtos análogos à margarina. A conversão seria fácil. Não exige mais do que hidrogênio, sem falar do níquel, empregado como catalisador. Obter-se-á, diretamente, uma margarina rica em vitaminas, sobretudo em vitamina D, anti-raquítica.

(1) Quando este livro já estava pronto, publicou-se na URSS uma notícia que acrescentamos, para posterior verificação: fora descoberta uma espécie de cloreia que pode viver até a 82 graus C; e isso, naturalmente, em Tachkent.

Talvez também seja interessante refinar essa gordura, para dela extrair o esterol, produto que se encontra na base dos hormônios sintéticos.

De qualquer modo, uma reserva de matérias graxas, pode ser sempre preciosa em casos de envenenamentos internacionais graves. Mas, para acumular esses estoques não devemos utilizar os processos habituais. As vacas comem a erva verde, que dá sangue vermelho, que dá o leite branco. E os maiores cientistas não sabem porque isso acontece.

Esse mecanismo, embora natural, é muito lento e dispendioso. Ele não utiliza senão 7 a 8% da energia luminosa que a erva recebe. Mas a clorela utiliza 52% e trabalha mais rapidamente.

Mas, se não desejamos — no país da boa manteiga, da boa carne e dos bons frios — nos alimentar de produtos que, sempre, nos parecerão *ersatz*, exige um bom meio de aproveitar as virtudes da clorela: levar a alga a colaborar com a erva clássica, alimentar o gado com o pó verde e poder, assim, dispor de um rebanho melhor.

Ensaios feitos na Holanda e na Dinamarca demonstraram que essa alimentação é muito adequada aos animais leiteiros.

Quando o Instituto Carnegie publicou, em 1953, seu importante relatório sobre a clorela — do qual tiramos cifras e fatos — quando ele ofereceu suas conclusões a toda a humanidade, recebeu cartas do mundo inteiro.

O dr. John W. Burlew, diretor do projeto, mostrando essa correspondência a Bill Davidson, autor do artigo do *Colliers*, revelou como ficara impressionado com o tom religioso de numerosas cartas.

— Tome. Leia essas frases...

E Bill Davidson leu: *De novo o maná cai do céu para salvar a humanidade!*

Ao sair, foi a uma biblioteca e encontrou o seguinte em uma enciclopédia científica: "O maná da Bíblia era, provavelmente, um líquen, associação simbiótica de um cogumelo e uma alga".

XIV

AS MÁQUINAS DE SABER

Nesses livros empoeirados, há maravilhas, milagres...

H.G. Wells: *O Homem Invisível*

Quando, nos últimos anos, a sociedade norte-americana de vidro óptico Dow-Corning se mudou, arquivos empoeirados caíram de um classificador. Alguém teve a curiosidade de os folhear.

Eles continham a descrição pormenorizada de um método para fazer crescer os cristais de quartzo em uma solução de carbonato de sódio a 18%, sob pressão de noventa quilos.

Ora, esse método, que jamais fora utilizado, datava de 1910. Tinha sido esquecido. E ninguém se lembrara dele no momento em que, durante a última guerra, o caminho vital do Atlântico quase foi interrompido porque os aliados não dispunham de quartzo piezelétrico para os detectores de submarinos de ultra-sons.

E dizer que vários laboratórios tinham procurado, em vão, fabricar quartzo sintético!

Saber que se sabe

Quantos milhares e milhares de idéias fecundas, de conceitos novos, de processos úteis, dormem assim nos arquivos! Pelo menos temos alguma desculpa por não os ter utilizado: elas jamais foram transformadas em palavra impressa.

Mas, que dizer de tudo o que foi publicado, dessas descobertas cujos autores tentaram tornar conhecidas e que também terminaram cobertas de poeira?

Com efeito, não é dado a todo mundo o poder de mandar publicar um artigo de grande audiência. Importantes, por vezes geniais comunicações, dormem nos obscuros boletins das associações científicas do interior...

Eddington foi procurar a hipótese do Universo em expansão nos *Annales de l'Université de Louvain* onde a publicara o abade Lemaitre. E a lançou mundialmente. Mas, que aconceria se o grande astrônomo britânico não tivesse tido essa intuição?... O gênio do professor belga não teria enriquecido a humanidade...

Quem poderia jamais ler todas as revistas, estar ao corrente de tudo e apreender imediatamente o elo que faltava a seus próprios raciocínios?

Dolorosos enganos da artilharia

Estamos nas trincheiras, no fim de 1914 ou em 1915. Os *poilus* (1) que já estavam sofrendo pesados bombardeios, receberam, ainda por cima, obuses franceses. E não pouparam os artilheiros culpados, que atiram sobre os companheiros que os chamam para um contra-ataque ao inimigo... Foi um drama. Franceses matando franceses.

Esse drama se repetiu, entretanto, diversas vezes durante os dois primeiros anos dessa outra "grande guerra"! A localização das baterias inimigas pelo som era a grande responsável.

O método dava, frequentemente, resultados absolutamente errôneos e muitas vezes os canhões franceses bombardearam baterias fantasmas.

Entretanto, nossos artilheiros faziam escrupulosamente o seu trabalho. Quando um clarão lhes denunciava a presença de uma bateria inimiga, mediam o tempo ao fim do qual lhes chegava a detonação e desse modo avaliavam a distância. Conhecendo a direção e a distância, acreditavam conhecer o ponto exato de instalação da bateria.

Métodos menos sumários se baseavam nas diferenças entre o momento da percepção do som por três observadores. Esses métodos também não eram, entretanto, muito precisos. Demonstravam, muitas vezes, que a bateria deveria estar no meio de um pântano ou em nossas próprias linhas. Quando se tratava de uma guerra de posições o mal não era tão grande.

(1) Soldados franceses da Primeira Guerra Mundial — 1914-1918.

O bom senso permitia logo interpretar os resultados do cálculo. Mas, quando se tratava de uma guerra de movimento, com a frente de luta em constante flutuação, quando os artilheiros ignoravam a posição exata das linhas, então poderia ocorrer o drama dos canhões franceses atirando sobre franceses.

Contudo, eis que em 1915, duas Comunicações à Academia de Ciências, feitas em tom muito acadêmico, lembravam um "fenômeno conhecido há trinta anos": os obuses, atravessando o ar mais rapidamente do que o som, emitiam "estalidos" que se assemelhavam completamente a "ondas de bocas de fogo", isto é, aos verdadeiros "tiros de canhão".

Esse conhecimento estava dormindo em velhos volumes do *Mémorial de l'Artillerie de la Marine*, de 1886: "Note sur la propagation du son produit par les tir des bouches à feu", por L. Jacob, capitão de artilharia da Marinha".

Esse capitão Jacob tinha feito experiência no polígono de Gavre, perto de Lorient. Afastando-se de um canhão a determinadas distâncias, ele havia medido o tempo que se escoava entre o instante em que via o clarão do "disparo" e aquele em que ouvia o tiro.

Ora, os "tempos" se revelavam mais curtos, nitidamente, regularmente mais curtos que os tempos descontados.

E o artilheiro concluiu: anomalias na propagação do som!

No ano seguinte, um artilheiro de terra, o capitão Journée, tornou a fazer a experiência no campo de Châlons, com balas de fuzil. Chegou ao mesmo resultado: o som parecia andar muito depressa!

Então, em 1888, o capitão Charles-Marie de Labouret, artilheiro da Marinha, recomeçou da estaca zero, no polígono do Gavre novamente. Ele estabeleceu que *se pode ouvir o projétil sem ouvir o canhão*. Eis porque o som chegava mais cedo do que se esperava. Isso foi publicado em um outro volume do *Mémorial de l'Artillerie de Marine*.

Diante das revelações dos acadêmicos, o exército se impressionou e, em 1915, encarregou o professor Esclangon de fazer experiências nesse mesmo polígono de Gavre.

Então, o grande cientista demonstrou que, na verdade, ouvia-se o "tiro" do projétil no ar enquanto a "onda da boca de fogo" muitas vezes não era audível.

Eis porque os métodos de localização, pelo som, eram insuficientes. Esclangon propôs outros métodos que, daí por diante, foram utilizados nas frentes de batalha.

Assim, homens tinham perdido a vida, mortos pelos seus irmãos, porque os artilheiros se haviam esquecido de textos muito velhos que dormiam em suas próprias publicações!

Além disso, muitas vezes não é nos arquivos de sua própria técnica que se deve procurar a chave indispensável, mas nos de uma outra técnica, quando não de outra ciência.

Mas a história não terminou aí. Se os artilheiros, desde a outra guerra, certamente nunca mais esqueceram a distinção fundamental entre as "ondas das bocas de fogo" dos canhões e as "ondas de estalidos" do obus, os técnicos em aerodinâmica ignoravam o ofício do artilheiro. Desse modo, é nesses mesmos textos adormecidos que eles teriam podido encontrar a explicação do famoso "bang" feito pelos aviões em seus "piquês" supersônicos.

Um dos autores deste livro, ao escrever outra obra sobre a aviação atual, teve a oportunidade de encontrar essas notas. Assim, ele demonstrou, por outro lado (1), que esses tiros de canhão são emitidos por qualquer corpo que se desloque à velocidade maior que a do som e que não se deve procurar chifres em cabeça de cavalo para explicar esse fenômeno.

Não era exatamente isso o que dizíamos há alguns instantes? Uma técnica deve, muitas vezes, procurar suas fontes em domínios inteiramente diversos. Por que os aviadores teriam pensado em se tornar artilheiros?

Estamos afogados em nossos conhecimentos

Quatorze milhões de fichas resumem, na Federação Internacional de Documentação, em Paris, os trabalhos científicos essenciais. Um milhão e meio de novos trabalhos acrescentam-se anualmente.

Apenas para conhecer os diversos processos de classificação e de cópia desses documentos, é preciso consultar vários grossos volumes editados pela F.I.D., com a ajuda da UNESCO.

Os documentos da F.I.D. remontam, entretanto, a 1895 e não incluem as patentes de invenção!

E a Federação sabe que deixa escapar numerosas contribuições originais, pois não recebe, aproximadamente, senão um milhão e meio dos numerosos artigos científicos de algum valor que são publicados a cada ano.

(1) *A travers du mur du son*, por Pierre de Latil. A ser lançado por Editions Arthaud, no outono de 1954.

A humanidade dispõe, assim, de um tesouro pacientemente acumulado por centenas de milhares de modestos pesquisadores. Mas não tem condições de os explorar plenamente. E isso porque — e aqui está a questão — o cérebro humano é limitado, muito limitado.

"A grande crise de nossa civilização é a crise do bibliotecário" — escreveu, recentemente, o norte-americano Robert Heinlein.

O problema, hoje, muitas vezes não é saber, mas saber que se sabe.

Ou então, para falar mais abstratamente: os conhecimentos humanos atingem um tal volume que ele criou para si mesmo um saber potencial, que está, para o saber, como o inconsciente está para o consciente.

Um exemplo de grande importância: o das pesquisas sobre o câncer. Tantos pesquisadores se entregaram a tantas experiências, tantos buscaram ingressar em caminhos abertos por um momento, mas que logo se fecharam diante deles, que o fato importante ou a idéia fecunda dos quais nascerá, alguma dia, a grande descoberta esperada, já devem ter sido publicados.

Mas o fato passou despercebido, a idéia não pôde ser seguida até suas últimas consequências. Mais provavelmente, o fato ou a idéia não são nada sem um outro fato ou uma outra idéia que então, não eram conhecidos, ou o eram de outros pesquisadores.

Para que se encontre o que tanto se procura, será preciso que um certo conhecimento venha à mente de um determinado cientista em determinado momento. Devemos esperar o surgimento de circunstâncias devidas exclusivamente ao acaso?

S.O.S. Robôs!

A princípio o homem lançou mão das máquinas apenas para satisfazer suas necessidades materiais; depois, para trabalhos dos quais participava a inteligência e, mais tarde ainda, principalmente por intermédio de máquinas de calcular, para atividades estritamente intelectuais.

Um dicionário, fichários, já são notáveis instrumentos de ajuda à nossa memória. Mas eles não são mais do que "ferramentas", o que significa que o homem mantém a iniciativa, tal como a mantém para carpir quando usa uma enxada. Mas, aquilo com que sonhamos é uma máquina que "saberia", fora do cérebro humano.

Hoje, entretanto, isso já não é um sonho.

Mais uma vez, devemos lembrar, aqui, o grande norte-americano Vannevar Bush. Segundo seu projeto, o Departamento da Agricultura dos Estados Unidos elaborou, em 1949, o "microfilm rapid selector", ou MRS que, daí por diante, não cessou de prestar imensos serviços e foi reproduzido em múltiplos exemplares por outras Administrações ou por sociedades privadas.

Temos um móvel do tamanho de uma grande escrivaninha. Em cima, um teclado de máquina de escrever. Componhamos nas teclas desse piano uma palavra. Por exemplo: *colza*. Apertemos o botão de partida. Em seguida, esperemos. Armemo-nos de paciência, pois, a documentação que acabamos de solicitar sobre a cultura da colza não nos será fornecida senão talvez dentro de algumas horas. Mas, que importa! Voltemos aos nossos afazeres. Durante esse tempo, a máquina trabalhará.

Quando voltarmos, ela já produziu uma grande série de fotocópias: textos, textos e mais textos, todos sobre a colza. São montanhas de textos. Um exagero! Não deveríamos ter feito uma pergunta de ordem tão geral. Precisaríamos de outra máquina para tomar pé nessa documentação que nos submerge e que não teremos jamais a paciência nem o tempo de dissecar.

Uma outra máquina? Mas não. Serve-nos a mesma máquina. Basta saber utilizá-la.

De que terei necessidade? Precisarei saber o que os homens sabem sobre os fertilizantes necessários à colza em solos calcários.

Comprimimos as teclas de nosso "piano": *colza-fertilizantes-solo calcário*. Então, se voltarmos algumas horas depois, encontramos uma nota publicada vinte anos antes no boletim de uma pequena sociedade agrícola australiana, um grande artigo sobre o mesmo assunto, publicado há cerca de oito anos, em importante revista alemã, artigo que eu não poderia encontrar sem recorrer à máquina, e a passagem de um livro sobre a cultura da colza que eu não ignorava.

Como se fez esse milagre?

Anatomia de um milagre

Quando o Departamento da Agricultura decidiu reunir em uma máquina que os pudesse passar rapidamente em revisita todo o saber humano sobre questões agrícolas, isso supunha

que se introduzisse todos esses conhecimentos no ventre do mecanismo.

Para isso foram necessários muitos meses: microfilmar, um a um, todos os artigos de todas as revistas, todas as páginas de todos os livros. E hoje, é preciso continuar a lhe dar conhecimentos, à medida que vão surgindo.

Mas houve intervenção da inteligência humana. Ela fotografou, ao mesmo tempo, na margem do filme, pontos negros ou brancos que, em linguagem codificada, significam a que ramo, a que sub-ramo, a que classe, subclasse, e assim por diante, até a mais ínfima subdivisão, pertence o documento.

Sim, foi necessária toda a inteligência de uma equipe de intelectuais para fazer uma classificação lógica, uma hierarquização racional das idéias-chave, uma estrita ramificação, travando o mais íntimo conhecimento com essa flutuante realidade.

Em suma, a máquina, não fará a seguir mais do que utilizar as faculdades que a inteligência humana lhe deu. O sistema de classificação e de codificação inscrito em seu mecanismo representa uma verdadeira inteligência em conserva.

Quando escrevemos a palavra *colza*, a máquina foi sensibilizada por uma certa disposição de sinais codificados que correspondem a colza: código da categoria oleaginosa, seguido do código da subcategoria colza.

Quando apertamos o botão que põe a máquina em funcionamento, ela se pôs a desenrolar, a toda velocidade, quilômetros de filmes nos quais, em clichês do tamanho de uma unha, são fotografados todos os textos agrícolas. Um leitor de célula fotoelétrica, se pôs a decifrar, de passagem, os pontos negros ou brancos inscritos nas margens.

Sempre que encontra uma disposição de pontos negros e brancos correspondentes ao tema procurado, o desenrolar do filme reduz sua velocidade e passa a ser feito lentamente, aos arrancos, de modo que os clichês possam, então, ser ampliados. E sempre automaticamente, como em um "Photomaton", as cópias foram reveladas, fixadas, secas.

A Biblioteca Nacional em nossa casa

Mas — dir-se-á — um inventário desse gênero, por mais reduzidos que sejam os microfilmes, é forçosamente limitado: jamais a M.R.S. poderá conter todo o saber humano.

Perdão! Nada impede que se tenha uma, dez, vinte, cem M.R.S. em um apartamento, em um edifício, se for necessário, nem de se confiar a cada uma um domínio bem definido do

saber. Assim como a que citamos era especializada em Agricultura, outras o serão na aviação, na fundição, ou na pesca de linha.

E não será necessário acrescentar ao homem uma super M.R.S. para que ela lhe diga se a documentação sobre os estatorreatores deve ser procurada na máquina de "pesca de linha" ou na de "aviação".

Por outro lado, Vannevar Bush cogita de outra máquina, muito mais importante, a que se deu o nome de Memex.

Surge aqui outra objeção: o preço muito elevado de todas essas máquinas.

Seria interessante poder utilizar, para pesquisas bibliográficas, um aparelhamento eletrocomputador já clássico, de cartões perfurados.

Ora, o Instituto de Pesquisas Battelle, nos Estados Unidos, já trabalha com esse mecanismo. Os pesquisadores da organização elaboraram um código de perfuração que deverá ser aplicado no mundo inteiro.

Num futuro próximo, cada artigo científico será acompanhado, na página do título, por um grupo de símbolos correspondentes à perfuração de um cartão de modelo padrão da *International Business Machines*.

Desse modo será possível, durante um trabalho de documentação, alugar não importa onde uma máquina com os jogos de fichas correspondentes a um certo domínio de pesquisas.

Poder-se-á fazer uma série de perguntas à máquina que, posta em funcionamento, manipulará, classificará, selecionará suas fichas para fornecer as informações que lhe são solicitadas, mais exatamente as referências das revistas ou dos livros que encerram esses dados.

A pesquisa automática

Um dia depois de Pearl Harbor, os dez melhores especialistas da química orgânica foram chamados a Washington, onde foram recebidos por um almirante que lhes disse mais ou menos o seguinte:

— Senhores, precisamos de um produto químico que, dissolvido na água do mar, afaste os tubarões. Não disponho de nenhum dado sobre o problema. E agora, ao trabalho!

Ao fim de quase um ano de experiências, chegou-se finalmente a um bom resultado. Mas, enquanto isso, é provável que numerosos naufragos da guerra tenham sido devorados.

Com o Memex, muito tempo poderia ter sido ganho. Nós lhe teríamos pedido que rebuscasse em sua memória onisciente e nos desse todos os dados sobre problemas tão dispares como: a fisiologia do tubarão; os produtos que tornam a água opaca; os problemas do olfato; os peixes; a pesca de tubarões, etc.

Talvez se pudesse ver o problema resolvido, como por magia, em algumas horas.

Simples máquinas de cartões perfurados (computadores), são admiravelmente aptas a resolver certos problemas técnicos em relação aos quais procura-se um certo conjunto de características.

Seja procurar entre todas as matérias plásticas, as que são ao mesmo tempo transparentes aos raios ultravioleta, solúveis em benzina, de peso molecular elevado e, não-inflamáveis, dados indispensáveis à solução de um certo problema técnico.

Exatamente como, em Hollywood, uma máquina de cartões perfurados pode fornecer, em alguns minutos, as fichas de dois únicos figurantes que apresentam condições tão diversas: ser vesgo, usar barba, saber montar a cavalo e falar francês.

Quanto se ganharia em tempo e precisão!

Os operadores dessas máquinas pareciam ter razão ao dizer:

"Ora, as máquinas não fazem mais do que consultar, mais rapidamente do que nós, um gigantesco índice de matérias! Mecanismo bastante simples, que apenas dá a ilusão de faculdades intelectuais".

Sem dúvida, eles tinham razão.

Contudo, como faremos outras vezes em capítulos a seguir, respondemos:

"De acordo! Trata-se de uma máquina simples e de um mecanismo nada sobrenatural! Toda a questão, entretanto, é saber se em nosso cérebro, o mecanismo é diferente em sua essência, se não se trata apenas de uma "varredura" de todos os compartimentos da memória para chegar ao conteúdo do compartimento que abre para uma certa chave".

Mas, se queremos levar as coisas ainda mais longe, corremos o risco de perceber muito logo, qual a diferença entre a memória intelectual e o mecanismo: sua prodigiosa eficácia, sua enorme capacidade, sua implacável precisão.

Pode-se perguntar se não teria sido preferível não estabelecer um paralelo entre o homem e sua máquina...

A máquina de encontrar as leis

A verdadeira inteligência, dir-se-á para reduzir o papel das máquinas, é apreender as relações e, se possível, relações profundas, ocultas.

Com efeito.

Mas não poderia a máquina de saber apreender, ela também, as relações?

Entrarmos aqui no domínio do maravilhoso. Estamos ao mesmo tempo no futuro, pois jamais se cogitou dessa aplicação das máquinas, como também no presente, pois já existem máquinas capazes dessas operações sob a forma de simples selecionadoras de cartões perfurados.

Não se trata nada menos que de substituir o espírito humano em uma de suas mais altas atividades: a descoberta das leis naturais.

Imaginemos uma máquina que tenha registrado em seus cartões todos os corpos simples com todas as suas características.

Nós lhe fazemos uma pergunta, por exemplo: quais são os corpos dos quais o produto da massa molecular pelo calor específico se situa entre quatro e oito? Em conjunto com uma simples máquina de calcular, nosso computador vai talvez expelir alguns cartões, talvez nenhum.

Mas, o que acontece?... Ela exibe todos os seus cartões!

Melhor ainda, quando verificamos o produto que ela acaba de nos dar, descobrimos, com que surpresa, que é sempre próximo de 6,4.

A máquina descobriu, portanto, "a lei de Dulong e Petit": o produto da massa molecular de um corpo pelo seu calor específico é igual a 6,4.

Encaremos a questão com mais amplitude: se desejamos conseguir todas as fichas correspondentes a dois ou três aspectos, percebemos quando as temos em nossas mãos, que todas as que têm determinadas características apresentam também uma outra característica.

Foi assim que, examinando as fichas médicas de uma população, pôde-se verificar que todos os adultos acima de quarenta anos que tinham tido malária entre vinte e trinta anos, não tiveram sífilis entre trinta e quarenta.

Ora, essa descoberta já fora feita, mas por acaso, o que levou a interessantes aplicações de febre artificial.

Contudo, aqueles que se sentem humilhados cada vez que são substituídos pela máquina, podem argumentar: "Foi o

homem que, na realidade, fez essas aproximações ao apresentar à máquina perguntas insidiosas. Essas perguntas continham, virtualmente, a lei".

Mas isso não importa! Compliquemos ainda um pouco mais nosso computador, atribuindo-lhe a faculdade de selecionar, de todos os modos imagináveis, os seus cartões, de passar sistematicamente em revista todas as relações possíveis, entre todas as características dos objetos da coleção.

Sim, todas. A máquina o faz mais depressa que o homem; ela tem paciência, jamais se cansará. Assim, vai tentar todos os jogos possíveis com as perfurações dos seus cartões.

E nós lhe teríamos dito: "Quando perceberes que uma de tuas combinações faz surgir uma fixidez ou qualquer relação simples em uma ou várias características de tua coleção de objetos, deverás parar, e soarás a campainha me chamando".

Nós chegariam e, no pacote de cartões oferecidos pela máquina, encontrariam uma lei que não esperava mais do que sua formulação.

Compreendamos bem que não existe nisso mais do que um jogo: a máquina poderia trabalhar com volumes de documentos tão grandes e tão complexos que nenhum espírito humano teria a esperança de poder analisá-los para fazer surgirem leis.

XV

AS MÁQUINAS, NOSSOS ESCRAVOS

Nessa época — estava-se em 1924 — um fisiologista de gênio, chamado Rezon, tinha conseguido sintetizar a substância viva. Não conseguira, entretanto, criar verdadeiros seres.

Mas o sobrinho do cientista interveio. Usou uma descoberta desinteressada com fins utilitários.

Na ilha onde Rezon, o velho, tinha o seu laboratório, Rezon, o moço, instalou uma usina para fabricar, em série, homens artificiais, homens simplificados que nasciam com tamanho de adultos e aos quais se inculcava conhecimentos que sua memória automática lhes permitia reter muito depressa, em todos os pormenores. Logo, esses homens seriam lançados ao novo mercado de escravos.

Era preciso encontrar um nome comercial para essas máquinas semelhantes ao homem. Esse nome foi "robot", palavra que, em checo, significa "trabalhador". E a sociedade que os fabricou foi a R.U.R., isto é, "*Rezon's Universal Robots*".

Tudo ia às maravilhas para os Rezon, para os governos que podiam comprar, aos milhares, excelentes soldados, sempre prontos a se fazer matar, e para os homens em geral, que teriam neles empregados domésticos perfeitos para todos os serviços. Ao fim de dez ou vinte anos, quando um Robô estivesse desgastado era só enviá-lo para a máquina de triturar e comprar um outro.

Mas uma mulher, certo dia, aconselhou um dos engenheiros, o dr. Gall, a aperfeiçoar alguns dos robôs dando-lhes sensibilidade. Então foi a catástrofe: os robôs tomaram consciência de sua servidão, revoltaram-se e exterminaram o gênero humano.

Mas não souberam o que fazer com a vitória: mortais e incapazes de procriar, também eles estavam condenados a desaparecer!

Contudo, um velho cientista escapara miraculosamente ao massacre. Ele conseguiu dotar dois jovens robôs de desejo e de amor. Eles seriam o Adão e a Eva de uma nova humanidade.

Por absurdo que pareça, tudo isso aconteceu em 1924, em Paris. Apenas, tudo aconteceu no palco do teatro Champs Elysées, onde era representada *R.U.R.*, peça do escritor checo Karel Capek.

Existem robôs?

Assim nasceu a palavra robô, que depois se vulgarizou consideravelmente.

Mais tarde, foi tão empregada e em sentidos tão diversos, que hoje acabou por ficar totalmente desvalorizada.

Nossa civilização liquidou o que há de maravilhoso nas mitologias e nos contos de fada. Mas o homem quer o maravilhoso, a qualquer preço. Assim, da própria ciência ele tirou novos mitos.

Ele acreditava outrora, que as fontes eram cheias de ninfas e os bosques cheios de faunos. Que os deuses trovejavam do céu para a Terra.

Hoje a ciência levou as fontes, os bosques e a tempestade à mais prosaica realidade. Mas, ao mesmo tempo, fez nascer máquinas tão cheias de incompreensíveis capacidades, como a natureza. Daí surgir toda uma mitologia nova da qual os robôs constituem o exército mais numeroso.

Muitos vulgarizadores científicos mantêm nas massas essa idéia confusa de que a ciência faz milagres, que ela nos cerca de magia. Ao invés de mostrar que através dela, a luz se faz pouco a pouco sobre as coisas do mundo, eles a envolvem em sombras mais ou menos misteriosas, escondem simples realidades mecânicas sob palavras estranhas que podem levar a crer em qualquer fantasmagoria.

A esse respeito, o emprego abusivo da palavra robô é significativo. Ele incensa, na opinião pública, a inclinação psicológica a que o escritor científico L. Sprague de Camp chamou "credofilia".

Ao invés de deixar, ao robô, seu sentido primitivo de "autômato andróide" como se teria dito no século XVIII, no tempo das obras-primas de relojoaria, empregou-se essa palavra com sabor faustiano a propósito de não importa que máquina banal.

Ela também é empregada referindo-se tanto ao motor que faz girar a manivela de uma máquina de lavar, quanto ao servocomando de um avião que não faz mais do que multiplicar o poder da mão do piloto e não é, portanto, mais do que "um cabo de vassoura" aperfeiçoado.

Nesse sentido, nosso ascensor é um robô, nossa campanha elétrica também, e ainda mais o comutador do nosso aquecedor de banho que se torna a ligar automaticamente, quando cai a temperatura da água.

Em suma, a palavra robô tende hoje a substituir a expressão máquina automática porque esta, que gozava outrora de grande prestígio, foi sendo, aos poucos, desvalorizada.

Robô é todo mecanismo um pouco misterioso; e os mecanismos que não o são se cobrem de um véu de maravilhoso quando assim batizados.

Louis Couffignal denunciou esse estado de espírito em uma das frases finais de seu livro *As máquinas de pensar*: "Alguns se comprazem em imaginar aquilo que percebem mal".

O mito do homem artificial

Desse modo nasceu, através do livro, do teatro e do cinema (pensamos, evidentemente, em *Metrópolis* de Fritz Lang) o mito do robô para o qual seria fácil encontrar numerosa ascendência, quando mais não seja, nos homúnculos de Fausto, nas bonecas de Coppelius, ou ainda no Frankenstein, de Mary Shelly.

O homem alimentou sempre o sonho de construir um homem. Assim que o mecanismo chegou, primeiro através da relojoaria, a um alto grau de desenvolvimento, foram construídos autômatos com aparência humana. Mecanismos de relógios davam movimento a esses autômatos, movimentos sempre repetidos, como as canções de uma caixa de música.

Do ponto de vista científico e sobretudo filosófico, esses autômatos são inteiramente destituídos de interesse. Eles dão a breve ilusão de gestos quase humanos, é tudo.

Mas, à medida que se desenvolveu a verdadeira ciência, e não a técnica da mecânica que não é mais do que uma arte, os homens acreditaram poder retomar o velho sonho, graças aos novos segredos arrebatados à natureza. E a eletricidade ou o magnetismo estiveram na base de numerosos bonecos, pelo menos nos romances de ficção.

Com a eletrônica foi bem pior. Raios invisíveis, forças infinitesimais, ampliações formidáveis e a inércia nula dos órgãos aumentaram muito o mistério.

Com a cibernetica, que é exatamente a ciência dos automatismos superiores, vemos de novo exércitos de robôs surgiendo no horizonte.

Mas a história é sempre a mesma: o homem artificial se rebela contra o seu criador e, muitas vezes, consegue exterminá-lo.

Esse robô de hoje já não esconde seu coração negro sob roupas de seda e uma bela carinha, pintada como no século XVIII. Ele é vestido do aço mais duro, seus olhos expelem faíscas ou fosforescências, suas mãos podem esmagar mãos de carne entre seus dedos mecânicos.

Mas tudo isso não seria sério se, em exposição, não se pretendesse revelar, através desses *ridículos* monstros, os "progressos da ciência" e se os jornais, entre todos os engenhos que podem ser apresentados, não escolhessem sempre esses manequins de aço para transformá-los em vedete.

Em suma, os homens brincam de "faça-me medo" com a ciência. Eles personificam o "progresso" em seres horríveis e receiam, finalmente, ser devorados por eles.

Nada haveria de grave nisso se essas distrações, essas histórias pseudocientíficas não ultrapassassem o nível da imprensa semanal.

Mas já vimos engenheiros tão sérios como os engenheiros hidráulicos suíços — especialidade e nacionalidade que não dão margem a brincadeiras — dar uma vaga forma humana ao mecanismo telecomandado de uma câmara de comportas perdida no cimo de uma montanha.

De que se tratava? De evitar o isolamento, na estação das chuvas, de alguns guardas encarregados de abrir e fechar as comportas em condutores que alimentam uma usina hidrelétrica de vale.

Para resolver tecnicamente o problema, bastaria alguns fios elétricos nos quais, uma corrente, desencadeada do vale, ligaria, lá em cima, uma chave, que poria em funcionamento um ou outro dos motores que comandam as comportas.

Ora, contaminados pelo ambiente, os engenheiros tiveram a extravagante idéia de interpor um robô nas transmissões. A corrente vinda do vale atuava sobre o robô; este se apoiava então sobre determinado botão de um painel, que punha em funcionamento o motor adequado.

Desse modo se consumava o mito. Lá em cima, na solidão da montanha, durante a estação das chuvas, um robô substitui um homem...

Contudo, isso não ultrapassa a importância de um "canular".

Mas, não podemos deixar de sorrir ao ver pensadores e escritores, em sua sede de progresso mecânico, para não dizer da própria ciência — abandonar-se às mesmas fantasias?

Não se trata, entre eles, apenas do mau emprego de uma palavra, mas de profundas confusões de pensamento.

Naturalmente, estamos pensando, sobretudo, no espírito de Bernanos de *La France contre les robots*.

Tomemos algumas de suas palavras, ao acaso:

"A profissão da tecelagem é o primeiro verdadeiro robô". Leia-se nas entrelinhas: Os tecelões de Lyon tinham razão quando queriam atirar Jacquard no Rhône.

Tudo surgiu da coincidência de dois fatos sociais: de um lado, o mito do autômato de forma humana que acaba por devorar seu criador; de outro, é infelizmente evidente que o surgimento de mecanismos automáticos desencadeou crises, sempre passageiras, de desemprego. Dessa coincidência nasceu o receio da ciência humana que acabará por destruir o homem.

Fulminando-o com seus olhos elétricos e esmagando-o em suas mãos de aço, como é devido e concebido.

Por que forma animal nos mecanismos animais?

A própria cibernetica cedeu às ilusões espetaculares dos movimentos de engenhos autômatos.

Um Grey Walter, um Albert Ducrocq, um Paul-Alain Amouricq instalaram engrenagens em seus animais artificiais e os dotaram de acumuladores. Assim, os animaizinhos poderiam movimentar-se sem ficar presos a fios elétricos.

A brincadeira seria menos engenhosa, menos bem sucedidos os espetáculos de pretidigitação, se se pudesse ver um fio elétrico arrastando-se pelo chão.

Mas, cientificamente, o valor desses mecanismos seria exatamente o mesmo.

Que acrescenta o movimento determinado pelas engrenagens? Uma certa imitação animal. Se se quer, realmente, estudar através desses engenhos ciberneticos o esquema das organizações nervosas dos seres vivos, serão necessários os deslocamentos? De nenhum modo. Vale a pena refletir sobre isso.

Quando uma tartaruga eletrônica detecta luz, ela se aproxima ainda mais do foco luminoso. Assim, aumenta a excitação que recebe. Mas, se um motor, uma direção, aumentam a ilusão de vida, nada acrescentam à demonstração.

Pode-se chegar cientificamente ao mesmo resultado dando ao mecanismo o poder de abrir um postigo diante de sua célula fotoelétrica e de enviar mais corrente à luz que a excita.

Desse modo, seria possível construir "modelos" de seres vivos em caixas, sem mobilidade, o que simplificaria muito os problemas técnicos.

Que desejamos estudar assim? A disposição dos circuitos nervosos, as influências mútuas das sensações umas sobre as outras, o processo dos equilíbrios, o comando dos atos destinados a manter constantes certos dados internos do aparelho, como a temperatura, a umidade, as cargas elétricas, etc.

Compreendamos bem que, tudo será muito mais demonstrativo embora menos espetacular.

Um mecanismo de engrenagens lançado em uma sala poderá encontrar grandes variações de temperatura? Variações do teor de umidade do ar ou do seu teor de gás carbônico? Não, certamente. Assim, suas reações serão praticamente nulas e o experimentador que, por outro lado, passará seu tempo desembaraçando seu mecanismo preso a uma dobra do tapete, não tirará dele grandes ensinamentos.

Nada de magias eletrônicas

De que se trata? De estudar de que modo uma máquina pode se adaptar, por si mesma, ao "meio exterior", talvez reagir às modificações do ambiente, mantendo constante seu próprio "meio interior" — pois essa é a característica principal dos seres vivos.

Ora, se é muito difícil esperar que as condições mudem de um extremo a outro de um laboratório, e se modifiquem bastante para atrair a besta eletrônica para este mais do que para aquele canto, é extremamente fácil modificar as condições exteriores em torno de nosso aparelho eletrônico colocado sobre uma mesa.

Em resumo: não devemos esperar que as condições se modifiquem, mas devemos modificá-las experimentalmente.

Será o técnico em cibernetica que perturbará essas condições: ele orientará fortes raios de luz para os olhos do engenho, lhe lançará gás carbônico ou umidade ao nariz, o exporá ao magnetismo de um ímã. E verá o aparelho se proteger das

"sensações" que lhe são nefastas, intensificar ao máximo as que lhe são benéficas.

Então, sim, a cibernetica poderá tentar reproduzir esquemas de organização nervosa.

Nós poderemos ver uma máquina fechar janelas, abrir as pupilas, cobrir-se com uma cortina de lã, acelerar sua ventilação, filtrar seu ar sobre cápsulas de cal sodada para eliminar o ácido carbônico e manter, assim, suas condições internas.

Poderemos até vê-la agir não apenas para manter o seu equilíbrio no mundo presente, mas também graças a uma memória em que suas experiências seriam registradas, agir também segundo seu passado.

Se acrescentarmos ao mecanismo uma máquina de calcular, podemos fazê-lo calcular a probabilidade de um acontecimento futuro e agir assim, "prevendo" o que a espera nas horas futuras.

Já não se tratará de brincadeiras, mas de estudos. E poderemos tentar nos aproximar das ligações já prodigiosamente complexas dos seres mais simples.

Mas não obteremos esses resultados senão voltando as costas aos autômatos falsamente humanos ou aos robôs falsamente demoníacos.

Sem dúvida, decepcionaremos aqui alguns leitores que alimentavam um sonho vago — eles também — de brincar de "ter medo" das máquinas prometidas pela cibernetica.

Mas aí está a verdade de amanhã: a ciência dissipará, cada vez mais, as névoas com que a pretendem envolver certos vulgarizadores que se comportam como ilusionistas.

Aos verdadeiros ilusionistas serão deixados os animais eletrônicos que marcham com nossas pernas.

E os verdadeiros cientistas poderão então abordar a fundo a cibernetica sem medo de se tornar motivo de riso público.

Já não se tratará de oferecer ao povo surpreendido, alguma magia eletrônica.

A máquina mais próxima do homem não buscará forma humana. Funções assumidas entre nós pela inteligência serão exercidas por engrenagens, circuitos e lâmpadas encerrados em caixas de nenhum modo espetaculares.

E, sobretudo, quando forem construídos "modelos" permitindo a aproximação de certos processos dos seres vivos, não mais se tentará reproduzi-los todos ao mesmo tempo, no sonho louco de imitar o comportamento de um ser vivo: muito mais razoável, mais interessante, mais fecundo, será o estudo

separado de funções reproduzidas em seu estado mais puro graças aos recursos da eletrônica.

Mas, ao mesmo tempo que o futuro nos desembaraçará de nosso complexo de maravilhamento em face dos brinquedos científicos, é preciso esperar que a vista de inocentes construções, não mais assustadoras que nossos postos de rádio, nos liberte de um outro complexo de inferioridade, de medo, em face não se sabe de que aspecto assustador das máquinas.

Não, as máquinas serão sempre o que fizermos delas e nada mais. Elas não se revoltarão. Elas nos servirão. Serão nossas escravas.

É o homem que devemos recear, não sua máquina

O homem do povo que crê, confusamente, no mito do robô mau, não reflete. Comporta-se apenas emocionalmente. Mas os pensadores, que acreditam lucidamente, teriam por sua vez refletido?

Reflitamos por eles.

Uma máquina é construída para um certo fim. O homem que a fez a equipa com órgãos necessários ao seu funcionamento. Uma máquina de bater pregos poderia escrever? Uma máquina de fabricar cigarros, poderia extraír uma raiz cúbica? Um automóvel poderia voar?

O progresso das máquinas se processa em várias direções:

— Primeiro, elas fazem cada vez melhor aquilo que foram encarregadas de fazer: fechar melhor caixões, fabricar melhor cigarros, extraír mais depressa uma raiz cúbica, movimentar-se sobre rodas ou erguer-se nos ares mais depressa e com mais flexibilidade e segurança. Esse período está em sua plenitude.

— Em seguida, elas próprias estabilizaram os seus atos em seu valor ideal: os grupos hidrelétricos estabilizam exatamente a voltagem que envia à rede apesar das variações do consumo como do abastecimento de água; os refrigeradores extraem sua temperatura da temperatura ambiente. É a idade da cibernetica, que mal começa a raiar.

— Em seguida, virão as máquinas capazes de fazer várias coisas e que farão uma ou outra conforme as circunstâncias, executando uma certa missão que lhe *tiver sido dada*.

Tomemos por exemplo um avião automático, capaz de alçar-se, de evoluir, de atirar sobre o inimigo, de diminuir sua marcha, de acelerá-la, de descer, segundo o desenrolar do combate.

Assim, portanto, inicialmente fazer melhor um ato, depois estabilizá-lo protegendo-o contra as variações exteriores e, finalmente, dispor de vários atos estabilizados.

Assim, essas máquinas do futuro poderão, simultaneamente, fabricar cigarros e extrair raízes cúbicas, e passarão de um ato a outro para o melhor cumprimento de sua missão. Mas essa missão lhes *terá sido dada* sempre pelo homem, seu demiurgo. E elas *não poderão atuar* senão através dos órgãos que lhes tiverem sido dados.

Que haverá nisso para recear? Que um homem louco dê a uma máquina a possibilidade de prejudicar outros homens? Mas ele não terá necessidade, esse louco, de não sei que robô para fazer explodir uma catedral, ou incendiar a casa do vizinho.

Construir uma máquina infernal?... Isso seria bom nos tempos de Hoffmann quando todos os milagres podiam sair do laboratório de um único cientista.

Uma máquina do futuro, como a que alguns parecem recear vagamente, não poderia ser senão uma obra coletiva de grande envergadura. Assim, seriam nações e não homens que deveríamos temer.

Pois bem! Não foi apenas depois da era das máquinas que as nações aprenderam a recear-se mutuamente!

A máquina jamais atuará senão através dos órgãos de funcionamento que lhe foram dados pelo seu construtor. Ela será a emanação, o prolongamento do homem. E só poderá ser má se o homem for mau.

Temos mais escravos que os mais ricos romanos

As obras essenciais da antigüidade só puderam ser feitas graças ao trabalho dos escravos.

Pensamos tanto em monumentos de pedra como os templos egípcios, quanto em monumentos do espírito como as obras dos poetas e dos pensadores gregos. Se eram necessários braços para erguer blocos sobre blocos de pedra até erguer edifícios colossais, também eram necessários para que alguns gregos e romanos pudessem cultivar as artes que não são concebíveis em homens presos às duras necessidades materiais.

As grandes civilizações não podem dispensar numerosa mão-de-obra. Nos séculos recentes grandes obras se tornavam possíveis pela concentração, entre mãos reais ou senhoriais, de importante parte da renda nacional.

Hoje, que exigimos uma distribuição mais equitativa, que nos revoltamos à idéia da escravidão, como ainda são possíveis essas grandes construções? Porque substituímos os escravos e a mão-de-obra a preço vil, por "cavalos-vapor".

Albert Ducrocq calculou que a energia disponível sobre a Terra permite fazer o mesmo trabalho que setenta bilhões de escravos.

Cada um de nós, na Europa, teria cerca de cinqüenta desses escravos a seu serviço pessoal.

Em outras palavras, devemos compreender que se a abolição da escravatura e da servidão se tivesse verificado antes do advento da era industrial, a humanidade teria regredido.

Em nossos tempos de justiça social, de jornadas de trabalho de oito horas e de salários o menos baixos possíveis, se ainda estivéssemos nos tempos dos burrinhos girando as rodas dos moinhos e das pedras transportadas nos ombros dos homens, que progressos poderia registrar nossa civilização?

Os escravos teriam desaparecido, por acaso, quando a natureza começava a se deixar dominar? É claro que não.

Foi o advento da indústria que tornou possível a libertação do homem. Quem poderia então lamentar os cataclismos que deveria nos trazer o desenvolvimento das máquinas?

Não é evidente, ao contrário, que todos os nossos escravos mecânicos deverão nos trazer ainda mais bem-estar e, o que é mais importante, deverão nos libertar ainda mais das tarefas materiais? E que as máquinas do futuro, utilizando com habilidade ainda maior essas forças inicialmente cegas, nos beneficiarão ainda mais?

O reinado da roda dentada e do "programa"

Toda a indústria do século passado pode ser considerada uma aplicação dos delicados mecanismos da relojoaria a tarefas de força.

As rodas dentadas permitiram, nos relógios, transportar o movimento de um eixo a outro, multiplicando-o, reduzindo-o, invertendo-o. Pinos e cunhas excêntricos a um desses eixos permitem não desencadear o movimento de um outro eixo senão a cada volta do primeiro e obter, assim, rotacões irregulares. Quando se passa do pino à roda dentada pode-se, com o mesmo princípio, mas com desenhos diversos da peça "excêntrica", determinar mecanicamente os mais sutis dos movimentos, com tanta perfeição que um Vaucanson e um Jaquet-Droz puderam dar, a suas bonecas, os próprios gestos da vida.

As pesadas máquinas-ferramentas do século XIX fizeram triunfar a roda dentada. Virabrequins avançaram no aço por ordem de uma roda dentada; pinças abriram com delicadeza suas hastes para apanhar poderosamente um lingote de ferro aquecido ao branco; uma ferramenta se pôs ao trabalho e depois se escondeu enquanto outra tomava o seu lugar; nas máquinas de imprimir, ventosas apanharam e transportaram folhas; tudo isso graças ao jogo de rodas dentadas que, com rotação irregular, podem fazer diversos movimentos.

Mas a roda dentada pode ser substituída por uma fita metálica da qual uma das bordas é recortada segundo ondulações cuidadosamente estudadas. Essa fita se desenrola de um tambor a outro e, de passagem, suas ondulações determinam sutis movimentos muito variados cujo recomeçar cíclico não se percebe senão depois de demorada observação.

Chegamos à era da eletricidade e essa fita metálica pode, naturalmente, se transformar em uma fita de papel recoberta de perfurações: o contacto de um dedo metálico poderá ser feito, através de cada orifício com uma superfície igualmente metálica sobre a qual desliza um papel.

Desse modo, as perfurações determinarão os movimentos dos diferentes órgãos.

Era uma fita perfurada desse gênero que comandava o automóvel que em 1934 evoluiu, sem motorista, no pátio da Academia de Ciências. Os acadêmicos o viram virar evitando os muros e as paredes do edifício.

Explicação: seu papel perfurado fora programado para lhe impor um determinado trajeto; não importa onde, além desse pátio, ele possa ser posto a funcionar.

Não havia aí mais do que um truque de prestidigitação: dar uma ilusão graças a um mecanismo habilmente dissimulado. E dizer que, recentemente, foram consagrados a essa "invenção", artigos pretendendo que seu autor tinha inventado as máquinas cibernéticas!

Se o automóvel tivesse sentido, por exemplo, por meio de ultra-sons, a presença de um obstáculo e tivesse manobrado para evitá-lo, então sim, o engenho teria sido cibernético, pois se teria governado a si mesmo. "Cibernética" vem de "kubernetes" que significa governar.

Um acadêmico objetou que esse automatismo não era senão "inevitável" e se propôs colocar-se diante do automóvel para demonstrar que ele o esmagaria.

Mas o inventor reformulou o problema e, logo, apresentou, no lago de Genebra, um bote que, ao se chocar com um

obstáculo, punha em funcionamento outra fita perfurada; então, obedecendo a esse "programa" provisório, ele recuava, descrevia um círculo e retomava o caminho primitivo.

Era uma combinação de dois "programas", ambos previstos antecipadamente, mas não era ainda a cibernetica que supõe uma certa liberdade deixada à máquina.

As fábricas sem homens

Hoje, o comando pode não vir de uma roda dentada de aço, nem de uma perfuração em um rolo de papel; pode estar invisivelmente inscrito em um simples fio metálico, sob a forma de cargas magnéticas.

Essa foi a solução proposta durante a guerra, pelos engenheiros Leaver e Brown, no Canadá, para comandar todo um conjunto de máquinas-ferramentas.

Eles haviam participado da criação de uma grande máquina, muito complicada, destinada a fabricar cabeças de cilindro para motores de avião. Uma maravilha essa máquina. No entanto, assim que entrou em funcionamento e o tipo de cabeças de cilindro foi modificado, a máquina se transformou em ferro velho.

Por que? Porque suas engrenagens haviam sido elaboradas para movimentos bem precisos de suas diversas ferramentas.

Os dois engenheiros compreenderam então que o ideal seria dispor de máquinas-ferramentas polivalentes cujo "programa" pudesse ser modificado tão facilmente como um rolo de pianola ou um disco de fonógrafo. Daí surgiu a idéia de utilizar um fio magnético para comandar os movimentos das ferramentas.

E foi proposto um complexo de máquinas capazes de dobrar, fazer pregas, aparafusar, polir, enfim, trabalhar sem nenhuma intervenção humana.

Outro princípio essencial: ao invés de levar esta ferramenta a avançar até um ponto determinado, de uma vez por todas, eles lhe dizem: "Vais serrar esta peça de metal até que ela corresponda exatamente ao modelo que te damos". E a ferramenta trabalhará enquanto a peça não corresponder exatamente ao modelo apresentado. Mais exatamente, pode-se dizer que ela é *movida pela diferença subsistente entre o modelo e a obra*: quando esta é igual àquela, a ferramenta já não recebe ordens, e pára de trabalhar.

Sem que seja possível entrar aqui em pormenores, devemos salientar que esse princípio é de essência inteiramente diversa da ordem pura e simples dada por uma roda dentada.

Mas não é só dos trabalhos materiais que o homem vai se libertar nas fábricas. Será também da direção das operações.

O caso do "aparelho de calefação", operação inteligente e delicada, é típico.

Nas caldeiras industriais é fácil observar: a quantidade de carvão, a quantidade de ar, a quantidade de água, o calor da caldeira, a quantidade e o calor do vapor, são outras tantas variáveis que influem umas sobre as outras. Ora, existem reguladores complexos que as controlam, e as harmonizam para conseguir o melhor rendimento de calor.

Que as fábricas do futuro sejam vazias, mais exatamente, que se desenvolva o exemplo das fábricas vazias de hoje — tais como as imensas instalações de tratamento e destilação fracionada de petróleos como as de Berre ou de Petite-Couronne — e o mundo conhecerá uma era nova.

As fábricas, a partir daí, serão concebidas em função das máquinas e não mais dos homens. As necessidades humanas de iluminação, espaço e arejamento, deixarão de existir. Quando for necessária uma reparação, uma parte da fábrica será desmontada e imediatamente substituída. Desse modo, num telefone automático, já se substitui uma unidade que está falando, sem tentar consertá-la.

A própria idéia de "fábrica" poderá, assim, se transformar.

E também a idéia do trabalho humano.

Mas, de repente, um espectro aterrorizador se apresenta: o de um desemprego tecnológico.

O objetivo deste livro, exclusivamente científico, impede-nos de entrar no domínio das questões sociais.

Observemos, no entanto, que não há, no progresso, nenhuma ameaça de crise permanente.

O que é preciso temer são as crises de adaptação: passar de uma economia a outra economia é coisa que, sem dúvida, não se poderá fazer sem choques.

Em um mundo novo, tudo "se ajustará" de modo que não se trabalhe mais do que vinte horas por semana. A dificuldade surgirá quando todas as indústrias ainda não estiverem igualmente desenvolvidas.

Rejeitar o progresso porque ele deverá acarretar crises econômicas e sociais, seria condenar-nos ao imobilismo. Nesse caso, deveríamos ter parado no tempo dos trabalhos manuais, na civilização do século XVII.

Alguém ousaria afirmar que a humanidade fez mal em evoluir?

Mas se o progresso dos mecanismos nos faz recear mais uma vez outras crises, ele nos traz, ao mesmo tempo, a esperança de dominar muito depressa essas doenças econômicas.

Com efeito, desta vez, em sua evolução prodigiosa, as máquinas vão nos permitir o controle do fato econômico: máquinas de governar nos darão os remédios para liquidar essas crises no ovo.

Máquinas de governar?...

XVI

CAMINHANDO PARA A MECANOGRAFIA

Em 1932, surgia um ensaio de importância capital, *Mechanocracy* de autoria do dr. Miles J. Breuer, médico neurologista norte-americano.

O governo pelo povo era destinado a ceder lugar ao governo pelas máquinas. Essa a essência da tese pela primeira vez exposta de outro modo que não o romântico.

Contudo, mais tarde, o ensaio do dr. Breuer foi injustamente esquecido, mesmo em uma época em que suas idéias se tornavam correntes.

Um fato demonstra bem a que ponto já nos habituamos ao pensamento de ser comandados por máquinas. A opinião pública não se abalou exageradamente quando a imprensa, talvez excedendo-se um pouco, anunciou, em 1952, que o general Mac-Arthur fora afastado depois de se ter perguntado à máquina S.W.A.C. quais seriam as consequências do golpe de força que ele preconizava.

Na verdade, já somos súditos bastante submissos de S. M., a Máquina.

Nas mais modernas organizações policiais a maior parte do poder é detida pelos computadores em que se encontram as fichas dos delinquentes. Percebe-se como funcionam essas máquinas. Os policiais lhes fornecem os diversos dados obtidos durante as investigações sobre o criminoso. Depois, segundo o mecanismo que já vimos funcionar no capítulo sobre as "máquinas de pensar", os computadores selecionam os cartões perfurados e retiram aqueles que podem corresponder a todas as condições dadas.

Citam-se casos em que, nos Estados Unidos, assassinos foram assim identificados pela máquina. Os policiais não fizeram mais do que seguir suas instruções e entregar o criminoso a uma outra máquina, conhecida pelo nome de "cadeira elétrica".

Reflexos mecânicos

"Governar é prever" — diz a sabedoria das nações.

Mas essa sabedoria não diz tudo: é preciso ainda, depois de prever certos acontecimentos, pesar os prós e os contra das decisões a tomar e determinar o equilíbrio de forças em presença. Enfim, governar será, principalmente, e afinal de contas decidir.

Quais dessas funções podem ser assumidas pela máquina?

Prever lhe parece impossível. De que modo — dir-se-á — poderia a máquina extrapolar, isto é, preencher uma das mais essenciais prerrogativas do espírito humano?

É bem verdade que os animais não podem prever (a não ser por instinto, como a vespa que sabe antecipadamente onde pôr o seu ovo e que alimento preparar para a larva. Mas o instinto é outra coisa).

A inteligência nasce quando o futuro começa a influenciar o passado, quando se diz: "Acredito que as coisas acontecerão deste modo e que, portanto, é conveniente tomar esta decisão".

Por exemplo, se me contam a história de um lobo que, perseguindo um trenó, seguiu pelo caminho mais curto para esperá-lo à frente, antes de sua passagem (e se me provarem a realidade desta história), então eu direi: "Sim, esse lobo deu provas de inteligência".

E uma das únicas vezes em que, com todo rigor científico, se pôde demonstrar a inteligência de um macaco, foi quando se pôs um chimpanzé numa gaiola, na seguinte situação: além das grades da jaula uma fita se estendia em curvas no solo antes de se enrolar em uma banana. O macaco se pôs a puxar a fita. Não via a banana se aproximar mas, assim mesmo, continuou a puxar a fita, pois *previa* que seu gesto, sem recompensa imediata, lhe daria a banana *logo depois*.

É nisso, nessa projeção para o acontecimento futuro, que reside a inteligência. Se a fita estivesse esticada e a banana começasse a se aproximar logo ao primeiro puxão, o prosseguimento do gesto não teria sido mais do que automático. Máquinas bastante simples seriam capazes desses reflexos. O ato que, começado ao acaso, leva a uma resposta "favorável" é automaticamente mantido.

Os mamíferos superiores são, portanto, capazes de inteligência embrionária. Pode-se medir essa inteligência no tempo que separa uma decisão do momento em que ela terá sua recompensa.

Os seres inferiores vivem em um eterno presente. Eles se adaptam perfeitamente, através de mecanismos chamados "reflexos", às condições do momento.

Os mamíferos, por sua vez, começam a ordenar os seus atos já tendo em vista um certo futuro. Mas, esse "futuro" não pode ir além de alguns segundos.

Se nos disserem que um chimpanzé ordenou os seus atos em vista de acontecimentos que ele previa para o dia seguinte, não acreditariamos, a menos que se tratasse de uma mutação do gênero macaco.

Observemos dois homens agredindo-se violentamente. Cada um tenta atingir o outro e fugir aos seus golpes: fintas, contrafintas, ataques, contra-ataques se sucedem. Tesouros de tática parecem estar sendo dissipados.

Não. Um lobo lutando contra outro lobo, uma mangusta em luta contra uma cobra num duelo de morte também empregam essa tática. A verdade é que nos encontramos, aqui, no domínio dos reflexos: os atos recebem imediatamente sua punição e são imediatamente deixados, ou têm recompensa imediata e prosseguem.

Todas as aparentes astúcias dos ataques desencadeados, das audaciosas ofensivas ou dos prudentes recuos, explicam-se pelo simples jogo dessas punições e recompensas.

Máquinas desse nível mecânico são fáceis de construir. Assim, nos transatlânticos, funciona o aparelho de raios infravermelhos detector de icebergs, que muda automaticamente a direção do navio para evitar o desastre. É o mesmo o caso das famosas tartarugas eletrônicas de Grey Walter que, ao contrário, são atraídas pela luz. E o dos foguetes que perseguem sua presa.

Em relatório publicado sobre as novas armas da Segunda Guerra Mundial, o general H. F. Arnold conta o seguinte episódio.

Inspecionando uma fábrica que produzia os foguetes D.C.A., ele entrou em uma peça onde um dos foguetes fora colocado sobre um pedestal giratório. Fazendo a volta do engenho, ele percebeu, com surpresa, que estava sendo implacavelmente seguido: o foguete girava, inclinando para ele, sua ogiva carregada de explosivo, atraído pelo cigarro do general que emitia raios infravermelhos.

Uma outra anedota famosa é a do cão eletrônico da exposição mundial de Nova York em 1939: atraído pelos objetos luminosos, ele devia se precipitar sobre os visitantes de calças ou vestidos claros. Mas, na véspera da inauguração,

esqueceu-se de fechar as portas do hangar onde ele deveria estar guardado e o cão se lançou sob as rodas do primeiro carro que passou com os faróis acesos!

É fácil imaginar, em uma guerra futura, aviões ou barcos sem piloto que buscassem surpreender um ao outro, atirar contra o outro e, ao mesmo tempo, fugir aos ataques do adversário. Nesse dia, o mecanismo dos lobos lutando ou dos homens se agredindo seria exatamente reproduzido.

... às previsões inteligentes

Se pensarmos agora, não em um combate se desenrolando no momento presente, se pensarmos na arte da guerra tal como a aplicam os estados-maiores, veremos que se trata de outra coisa.

Aí também são organizados ataques e falsos ataques. Mas, esses ataques e falsos ataques não podem receber recompensa ou punição. O comandante-chefe é obrigado a prever de que modo o ataque poderá se desenvolver, como será recebido, de que modo o inimigo revidará. Passamos assim, da tática à estratégia.

Ao invés de levar em conta o presente, é preciso calcular sobre o futuro e, portanto, prevê-lo. E, se a previsão for errônea, a sanção será grave.

Estamos aqui, sem contestação possível, no reinado da inteligência e não podemos imaginar um animal elaborando um plano de caça com antecipação de um mês.

Quando Nobel deixou determinada soma para ser distribuída depois de sua morte, agiu como um homem. Quando um pai de família orienta sua vida de modo a assegurar um futuro melhor para seu filho, quando um general determina o bombardeio de fábricas que produzem os canhões do inimigo ao invés de bombardear as baterias que se encontram diante dele, quando um país se assegura colônias para exportar o excedente de população que ele terá dentro de várias gerações, estamos diante de atos de pura inteligência, muito distantes dos reflexos mecânicos.

E quanto mais complexo é o fato ainda a vir, quanto mais precisão é empregada em estabelecê-lo, mais se pode dizer que o homem é inteligente.

Henri Ford que previu que, por volta de 1920, qualquer norte-americano desejaría ter um automóvel quando, na época, os Estados Unidos não possuíam mais do que mil carros, Charles de Gaulle, que, muito antes da campanha da Polônia,

em 1939, sabia que papel desempenhariam os tanques na guerra moderna, deram provas de inteligência.

Assim, chegamos a esta séria indagação: a máquina é capaz de prever?

Os inimigos da máquina já dão de ombros. Mas, que não estejam tão confiantes em seu triunfo...

Existem engenhos de D.C.A. de automatismo tão avançado que calculam a trajetória futura de um avião com base em informações que eles próprios detectaram e registraram: velocidade do aparelho, direção, curvatura da trajetória, altitude. E, no próprio instante, através de uma máquina de calcular que lhes é acrescentada, estabelecem onde, segundo todas as probabilidades, o avião se encontrará dentro de alguns segundos, quando o obus que vai ser disparado estiver ao seu nível.

Sem dúvida, existe aí um poder de previsão digno de nota.

Ao que se poderá responder que esse poder se exerceu com apenas alguns segundos de antecipação.

Não, o tempo não importa nesse caso: o mesmo mecanismo poderia ser empregado para dirigir uma astronave para o ponto do espaço em que Vênus se encontrará dentro de seis meses.

Máquinas de prever

O que importa não é o afastamento, no tempo, do fato previsto. É sua complexidade e a precisão com que é previsto. Poderíamos então construir máquinas que desenvolvem seus poderes nessas duas direções?... Sim, podemos.

Máquinas de prever o tempo chegam a estabelecer a temperatura e pressão atmosférica com vinte e quatro horas de antecipação para diversos pontos: são máquinas de calcular que operam com os dados cifrados que lhes foram fornecidos.

Ora, os fatores que determinam as condições meteorológicas são muito numerosos e complexos. Suas previsões automáticas representam, atualmente, as mais notáveis realizações das máquinas eletrônicas.

De modo geral, a máquina pode, melhor que o homem, selecionar, em uma complexa massa de fenômenos, as regularidades insuspeitadas. É assim que a análise de um tremor de terra permite prever se ele será seguido de novo abalo, e a seguir, algumas vezes, de um terceiro ou de um quarto progressivamente mais fracos.

Existem máquinas que, nos Observatórios Sismológicos, asseguram tais análises e, assim, fazem verdadeiras previsões.

A primeira máquina desse gênero não é muito recente. É o "previsor de marés", máquina construída por Lord Kelvin, muito antes do fim do século passado. A hora e a amplitude das marés, quando não o seu ritmo, são, como se sabe, muito variáveis tanto no tempo quanto conforme os lugares. É que dependem da combinação de influências muito diversas: rotação da Terra, passagens da Lua e do Sol ao zênite, afastamento da Lua, afastamento do Sol.

Calcular o inextricável entremeiar desses ritmos é uma tarefa muito grande. Mas, se confiamos a uma máquina o cuidado de combinar esses diversos ritmos, veremos surgir uma curva composta que levará em conta todas essas influências e que representará as variações do nível do mar.

Uma das máquinas originais de Lord Kelvin funciona ainda no Serviço de Hidrografia da rua da Universidade. Certo dia em que a vimos — complexo conjunto de grandes roldanas de cobre em um amplo armário envidraçado — ela calculava, pacientemente, com anos de antecipação, a "tabela das marés" de não sabemos que porto de Madagáscar.

Contudo, máquinas bem mais modernas foram construídas no exterior. Em particular, a máquina do Instituto Alemão de Hidrografia, em Hamburgo: sessenta e cinco metros de comprimento, cinco toneladas. Essas cifras provam, por outro lado, que ela não é eletrônica. Com efeito, ela é magnética: seu órgão essencial é uma fita metálica de trinta e oito metros, que recolhe, sob a forma de cargas elétricas, as influências de sessenta e dois calculadores independentes; o total das cargas em um ponto dado, representa a altura do mar em um determinado instante.

Mas é preciso ainda — dir-se-á — que se tenha dado à máquina os diversos ciclos que compõem o ciclo das marés. Isso é a própria evidência. Assim, esses mecanismos são ainda de nível inferior. Eles são o tipo "das máquinas analógicas" nas quais se estuda um fenômeno por analogias mecânicas ou elétricas sistematicamente organizadas.

A economia em equações?

Compreende-se perfeitamente que o verdadeiro trabalho de inteligência é inverso: descobrir, no ritmo complexo e irregular das marés, os diversos ritmos simples que o compõem.

Mais uma vez, somos obrigados a verificar que existem máquinas que assumem uma tarefa reservada, entre os homens, à inteligência: são os "analisadores harmônicos" capazes de descobrir funções periódicas simples em curvas na aparência irregulares.

Quem, diante disso, não pensaria em dar a essas máquinas ou a seus próximos descendentes, toneladas de dados estatísticos econômicos ou demográficos e em lhes pedir para que identifiquem as influências periódicas simples?

Então, se introduzimos essas influências em outras máquinas, poderemos fazer certas previsões econômicas ou demográficas?

No entanto, esse não é o futuro das máquinas de prever. Ele está nas máquinas de calcular eletrônicas, nessas famosas máquinas gigantes, capazes de calcular a trajetória de um ônibus antes que ele atinja alvo.

Essas máquinas são capazes de resolver, numa brincadeira, equações tão complexas que exercícios de contadores levaram tempo incalculável para fazer. Elas podem, portanto, solucionar problemas de previsões econômicas e demográficas, com a simples condição de lhes terem sido dadas as "equações" dos fenômenos.

Ora, o espírito humano já é capaz de estabelecer equações bastante satisfatórias dos processos econômicos.

Na França, o físico Yves Rocard e o financista Jacques Rueff e, na União Soviética, o matemático Varga, já chegaram através das matemáticas, a abordar a flutuante realidade de uma sociedade humana.

Foi o que fez o progresso: estabelecer outras equações, encontrar algumas que levam ainda mais em conta os fenômenos.

Então será fácil dar essas equações a máquinas eletrônicas e deixar que elas as resolvam para ter a solução de várias equações ao mesmo tempo.

Essas máquinas gigantes parecem ser privilégio dos norte-americanos.

Sem dúvida, a genial máquina de calcular à base do sistema "binário", projetada há vinte anos por Louis Couffignal começou a ser construída há oito anos. Mas sua construção foi interrompida por falta de verbas.

Contudo, durante esse tempo, no plano da indústria privada, a experiência adquirida com as máquinas norte-americanas permite lançar no mercado, máquinas de calcular quase equivalentes.

Desse modo, a filial francesa da I.B.M. já alugou às indústrias ou aos governos, apenas na França, cerca de vinte exemplares do seu "grupo calculador eletrônico".

Esse fato é importante: são os seguintes os mais recentes progressos do cálculo mecânico que passam à prática corrente. Qualquer importante sociedade pode se beneficiar dessa prodigiosa realidade: fazer, em um décimo de segundo, cerca de sessenta operações aritméticas.

Outras possibilidades dessa máquina *comercial*, podem ser menos "evidentes" ao profano, mas nem por isso são menos importantes: integrações de sistemas diferenciais de coeficientes não constantes; equações diferenciais de ordem elevada e equações de derivadas parciais; tabulação de funções de Bessel e de Legendre.

Assim, terá sido suficiente uma dezena de anos entre o momento em que se começou a ouvir falar das grandes máquinas eletrônicas de calcular e aquele em que elas foram lançadas no mercado.

Onde a arte de dirigir se torna ciência

De imediato, eis-nos obrigados não apenas a falar de um eventual governo eletrônico, mas também, de modo muito mais geral, da direção de uma empresa, seja ela em escala de negócio privado, de uma grande administração ou de toda uma nação.

Com efeito, um chefe de empresa pode, daqui por diante, se beneficiar desses enormes progressos técnicos. Não nos encontramos, aqui, diante de um futuro incerto, mas de uma realidade atual oferecida através de catálogos comerciais.

Contudo, a evolução dos hábitos será lenta. O efeito prático dos novos métodos não começará a produzir frutos nos negócios públicos e privados, senão no futuro a que se aplicam as conjecturas deste livro.

Os cálculos dos engenheiros serão consideravelmente facilitados. Por exemplo, no que concerne aos problemas da residência dos materiais, pelo cálculo de mairizes, os cálculos de estabilidade e de vibração em aeronáutica, os cálculos de pás de turbinas, os cálculos de óptica, os trabalhos de geodésia e de triangulação.

Mas, não há nisso mais do que uma suavização dos métodos e uma aceleração dos trabalhos que não terá influência real sobre a civilização.

Outra coisa é a possibilidade de dominar os problemas de planificação e de decisão que, até agora, ultrapassam as possibilidades de todo cérebro humano e, sobretudo, a competência de inúmeros homens colocados à frente de um Estado ou de uma empresa.

Ora, com essas máquinas, torna-se possível a quem quer que seja, basear solidamente todas essas decisões.

De observações fragmentárias ou de estatísticas de métodos, isto é, do passado, tirar leis gerais; aplicá-las em seguida ao futuro, e, graças ao cálculo das probabilidades, conhecer os desenvolvimentos que devem ser levados em conta.

Tais são as duas atividades com as quais a máquina vem em auxílio do pobre homem, chefe de Estado ou chefe de empresa, esmagado pela massa de fatos sobre os quais deveria basear suas decisões, desencorajado pelo abismo do futuro que se abre diante dele.

Desses problemas de planificações e de decisão, de "direção" para dizer tudo, tende-se hoje a dizer que são problemas de "logística". Nada é mais falso. Em Matemática como em Filosofia, essa palavra tem um sentido bem preciso. Mas, é com seu sentido militar que se cria a confusão.

A logística é, para os estados-maiores, a organização das marchas, dos estacionamentos e do abastecimento dos exércitos.

Ora, máquinas, outras máquinas, permitem já há pouco tempo, solucionar problemas de logística.

Elas existem, ao que se afirma, no segredo dos Ministérios da Guerra. Existem também nas empresas privadas, como revelou, em 1953, a revista norte-americana *Electronics*, ao tratar da essência de uma invenção de J. D. Eisler e J. H. Huth, da Stanopling Oil and Co., de Tulsa.

Máquinas logísticas

Nos estados-maiores, especialistas passam horas e dias a combinar, pelas vias as mais diversas, os melhores caminhos possíveis para, no momento desejado, pôr em ação tropas necessárias, sem o risco de criar engarrafamentos ou demoras.

Mas, quando um atacadista procura organizar sua escala de entregas, não faz também, ao seu modo, operações de logística?

Entre esses dois casos extremos, escolhemos um caso médio; tomemos uma rede de distribuição de gasolina. Alguns centros de produção, alguns depósitos atacadistas e varejistas,

um grande número de pontos de distribuição, podem ser encontrados por todo o país. A partir de que centro de produção abastecer os depósitos? A que depósitos ligar os pontos de distribuição? Como organizar as viagens de caminhões-tanques para que seu trajeto seja mínimo e sua utilização máxima?

Em geral, num caso semelhante, o industrial perderia o hábito de estabelecer relações entre os centros de produção e os pontos de distribuição.

Quanto ao serviço dos caminhões, ele se contentaria em organizá-lo mais ou menos. Admitamos, entretanto, que ele leve o problema a sério, que comprehenda que uma perfeita organização da distribuição aumentaria a produtividade de sua empresa e reduziria, portanto, seus preços de custo. Poderia então levar em conta todos os elementos do problema? Passaria ele horas inteiras a pretender conciliar as exigências, por vezes contraditórias, desses dados? Não. Praticamente, ele se contentará com muito menos. Ele resolverá o problema empiricamente, isto é, de modo imperfeito.

Mesmo nos estados-maiores, poderiam os oficiais mais sérios e mais capazes levar em conta todos os elementos? Eles também deverão se contentar, na maioria das vezes, com um "trabalho imperfeito".

De qualquer forma, não terão condições, sem dúvida, de modificar, durante as operações, o seu plano inicial, conforme os primeiros resultados obtidos, isto é, segundo o congestionamento das estradas aos primeiros movimentos.

Mas, imaginemos que as estradas sejam representadas por fios elétricos de resistência proporcional à extensão do caminho a que estão adaptadas. Imaginemos que seus ramais, seus desvios, suas ligações sejam similares à rede de estradas. Imaginemos que a corrente introduzida nessa rede representa o total de tropas a encaminhar.

Não compreenderemos, instintivamente, que a corrente que vai se estabelecer em cada elemento nos indicará a importância relativa das tropas que deverão ser encaminhadas por essa via para que o sistema seja equilibrado, para que os encaminhamentos correspondam à mais estrita economia dos meios? E não veremos que essa máquina pode dar a solução ideal a qualquer momento e instantaneamente, levando em conta todas as novas modificações introduzidas durante a realização?

O certo é que, uma máquina desse gênero já existe para o problema particular do transporte e da distribuição de gasolina por uma grande empresa. Essa máquina poderia ser des-

crita com precisão em uma obra científica. Aqui devemos nos contentar em evocar os princípios, os quais são os da rede de condutores elétricos que já citamos.

Mas, nessa rede, não intervêm somente as resistências. As capacidades e as indutâncias de cada circuito também desempenham o seu papel. E tanto uns como outros, podem ser regulados à mão.

Da mesma forma, decidir que esta cidade será abastecida por este centro de produção pode afetar o conjunto da distribuição de todo um país, podendo essa decisão exercer os seus efeitos pouco a pouco.

A capacidade de uma estrada, as disponibilidades do parque de caminhões, as exigências da venda devem, a qualquer momento, ser harmonizadas para a mais alta produtividade possível. Lá, onde o espírito corre o risco de se perder, a máquina analógica resolve todos os problemas.

A máquina pode permitir uma informação muito mais precisa e, sobretudo, extrair dela os dados essenciais. Sobre essas bases, a máquina também pode prever. Mas, poderá ir mais longe no caminho das decisões? Pesar os prós e os contras?

Se, na verdade, a política é a arte de conciliar o inconciliável, será possível conceber máquinas políticas?

Aqui, mais uma vez a máquina responde: "Presente"!

Pesar o prós e o contras

É muito fácil conceber mecanismos analógicos que, por exemplo, nas mais complexas redes elétricas, provoquem a interação das funções umas sobre as outras. A determina B e C. Mas C age sobre A, e B age sobre D e E; este, por sua vez, influenciará todos os outros fatores; mas B é limitado em suas variações e C não deve ser perturbado senão um mínimo. Quem seria capaz de calcular os valores que vai assumir E, os valores a dar a A, B, e D para que C não seja modificado? Quem poderia solucionar um problema de vinte, de cinqüenta variáveis que interagem dessa forma, e não mais apenas de cinco?

A máquina, que reproduzirá esse intrincado de influências mútuas, dará a resposta num instante.

Imaginemos que se trata de estabelecer o preço de um gênero que depende de cerca de cinqüenta fatores através do coeficiente do custo de vida.

Lembremos que a administração deverá levar em conta a repercussão desse preço sobre as importações e exportações; acordos internacionais que impõem certas sujeições; e ainda as opiniões deste ou daquele partido mais ou menos influente que deseja um preço muito elevado e de outro que pretende um preço muito baixo.

E compreenderemos perfeitamente que o infeliz chefe de serviço responsável se resignará a uma fórmula de compromisso.

Mas, onde estará o justo ponto de equilíbrio?

Apenas a máquina poderia encontrá-lo.

Dessas máquinas, que se poderá chamar "a pesar o pró e o contra", já existe uma. É o famoso "homeostato" do igualmente famoso psiquiatra inglês Walter-Ross Ashby.

No tranquilo e verde isolamento de um hospital de alienados de Gloucester, esse médico tinha um ponto a seu favor: as altas matemáticas. Assim, quando a cibernetica chegou dos Estados Unidos ele estava inteiramente preparado para comprehendê-la, a cibernetica que em seus primórdios, se empenhava em interpretar, por meio de difíceis cálculos, os complexos intrincamentos de certos centros nervosos: ele era ao mesmo tempo neurologista e matemático.

Ashby compreendeu imediatamente o interesse da nova ciência e pensou em construir um mecanismo capaz de reproduzir a "homeostasia", isto é, o equilíbrio quase constante que os seres superiores sabem impor ao seu "meio interior": a constância da temperatura interna, apesar das variações de temperatura ambiente e o exemplo mais simples do que afirmamos.

Ashby construiu um mecanismo ao mesmo tempo eletromagnético e eletrônico cuja única finalidade era manter uma espátula em determinada posição em um recipiente de água acidulada. Pode-se modificar todos os fatores da máquina, mas ela voltará sempre ao seu equilíbrio; depois de ter hesitado por um momento mais ou menos longo, tornará a pôr a espátula onde ela deverá sempre estar.

Para chegar a isso, ela modificará outros fatores até que eles lhe permitam atingir seu objetivo.

Se queremos compreender essa revolução, precisamos pensar em uma máquina a vapor que modificasse, ela própria, sua caldeira, suas engrenagens e a alimentação de sua fornalha para manter constante sua velocidade qualquer que seja o seu trabalho.

Também é preciso levar em conta essa perturbadora realidade de que se pode inverter o sentido das correntes que

alimentam o homeostato sem que ele deixe de cumprir as tarefas de que o homem o encarregou.

— Qualquer máquina auto-regulável, nos dizia Ashby em Gloucester, se for encarregada de se dirigir para o Norte, se dirigirá para o Sul no momento em que se modificar o sentido da corrente de sua alimentação. E o canhão de D.C.A. automático, atirará para o lado oposto ao do avião, nos pés dos técnicos. O homeostato, entretanto, jamais esquecerá seu objetivo.

Não procuremos compreender tudo. Devemos, entretanto, compreender pelo menos que há uma grande revolução no automatismo e que, desse homeostato, mais exatamente, do seu princípio, nascerão máquinas de estabelecer um compromisso: sendo necessário este ponto de equilíbrio, deixemos à máquina o cuidado de determinar *as condições que o tornam possível*.

As novas pítias

Dois fatos provarão que todas essas perspectivas não são extrapolações excessivamente audaciosas.

Inicialmente, lembremos que o primeiro artigo publicado na França sobre a cibernetica no grave *Monde* sob a assinatura de um douto religioso, professor do Instituto Católico, o reverendo padre Dubarle, tinha o título: "As máquinas de governar". E isso em 1948.

Depois, que uma revista ainda mais séria, *Science et Société*, publicação da UNESCO, apresentou em 1953 um longo artigo intitulado: "*L'économie dirigée à l'aide de contrôle automatique*".

Seu autor era o professor A. Tustin, que dirige o Departamento de Eletrotécnica da Universidade de Birmingham e que, durante a guerra, trabalhou em sistemas de controle automático para os canhões da Marinha, para os aparelhos de radar e as torres dos tanques.

Os "reguladores" que, na realidade industrial, são de uso muito corrente, estão sujeitos a variações oscilantes. Quando o nível sobe excessivamente, um flutuador fecha, por meio de uma torneira de punção, a entrada da água. Mas se a operação de fechamento é muito morosa, a água continuará a subir acima do nível que deveria ser mantido. Da mesma forma, baixando o nível, a reabertura da torneira não será imediata. Teremos, assim, oscilações em torno de um nível médio.

A idéia básica do professor Tustin é a de que as crises que conturbam periodicamente as economias, correspondem ao "bombeamento" de um sistema autocontrolado, mas mal "calculado". Percebe-se imediatamente onde isso poderá levar: da mesma forma que o engenheiro sabe conter essas oscilações, o economista deve poder impedir as crises econômicas, atuando sobre os pontos indicados das numerosas ligações do sistema, com o justo e necessário vigor.

Daí a concepção de máquinas analógicas que permitiriam determinar onde, quando e como aplicar medidas administrativas que "corrijam" o sistema.

Concebe-se assim as economias do futuro, dirigidas por máquinas.

"Vou consultar meus assessores" — diz um ministro de hoje. Amanhã ele dirá, talvez, a mesma frase, mas consultará seu oráculo eletrônico.

Alguns se mostram, desde já, indignados: nós, homens, obdecer a máquinas! E falam de aviltamento, de submissão a pítias irresponsáveis.

No entanto, é muito fácil responder-lhes: "É preferível obedecer às opiniões de um ser humano tão falível como nós? Que poderia estar com dor de cabeça no dia em que tomou sua decisão, ou a tormentado por problemas pessoais e que pode estar no plano inclinado da senilidade? Não será melhor obedecer à máquina que, sem dúvida, só agirá dentro da mais perfeita lógica, da mais pura eqüidade?"

O apólogo do coronel Swinton

Mas, é preciso compreender, principalmente, que as máquinas nunca serão mais do que consultadas. Exatamente como os oráculos da antigüidade, como os congressos dos partidos ou os peritos de hoje.

A última fase do governo é, depois da informação, depois da previsão, depois da avaliação dos prós e contras, a da decisão. Ora, a decisão caberá sempre ao homem.

O que se pedirá às máquinas serão apenas informações que elas tiram de uma confusa massa de dados, de previsões com aceitável grau de probabilidade, pontos de um exato compromisso.

Será algum governo escravo das opiniões de seus assessores? Não, certamente. Pois bem! O ministro de amanhã substituirá os óculos do chefe do seu Departamento de Estatística

por uma máquina; o bigode do seu assessor econômico por uma máquina; as qualidades conciliadoras do seu chefe de Gabinete por uma máquina. A seguir, munido de todas essas opiniões, ele fará, assim mesmo, o que quiser.

Da mesma forma, se Truman afastou Mac Arthur foi, talvez, admitamos, depois de consultar alguma máquina, mas não certamente, contra sua convicção íntima de chefe responsável.

Não que haja qualquer coisa de humilhante para o homem no servir-se de uma máquina lógica, concebida pela sua inteligência e construída pelas suas mãos. A questão é outra: a lógica não pode, por si só, comandar os atos humanos.

O homem é talvez, ou mesmo com certeza, um animal lógico no que se refere a abstrações e aos rigorosos encadeamentos pelos quais ele se eleva acima dos animais. Mas é, ao mesmo tempo, um animal emotivo e com certeza, se situa ainda aqui, muito acima dos animais. A implacável lógica dos formigueiros e das termiteiras lhe é inteiramente estranha!

Poderia o homem civilizado admitir a política do "coqueiro" pela qual ele se desembaraça dos anciãos já incapazes de subir a uma árvore?

Admite ele que a lógica faz livremente o jogo da fome suprimindo, aos milhões, as bocas em excesso? Esse mecanismo de auto-regulação é "perfeito": quando não há alimento suficiente para todos, a fome mata homens e a ração alimentar volta a ser mais normal. Mas o homem não pode aceitar semelhante mecanismo natural que ele aplica a suas máquinas: o "feed-back" — expressão vinda da eletrônica — é um sistema regulador que faz o efeito agir sobre a causa; que, em nossos refrigeradores regula a temperatura com ajuda de um termômetro; em nossas máquinas a vapor que devolve ao vapor que produz a velocidade, o efeito da velocidade, através de um "regulador" para que a velocidade seja regularizada.

O coronel Swinton, o criador britânico dos carros de combate, tinha o hábito de, a cada ano, ao abrir os cursos da Escola de Guerra de Sandhurst, contar a seguinte história: Uma praça forte está cercada. As provisões se esgotam. Quanto tempo se poderá agüentar esse cerco?... O general, que é grande conhecedor de matemáticas, conhece a solução para poder suportá-lo indefinidamente: o cálculo de uma função ligando o tempo e a relação entre a guarnição e as provisões disponíveis, demonstra que se a guarnição diminuir segundo um ritmo determinado, à medida que diminuem os recursos, obtém-se uma hipérbole "assíntota" ao "eixo do

tempo" — o que significa que o cerco poderá durar indefinidamente.

Mas existe para isso apenas uma pequena condição: o general precisará mandar matar, regularmente, um certo número de soldados, em ações já antecipadamente fadadas à derrota.

Notável solução! Mas, haveria no mundo um general que ousasse recorrer a ela quando tem a honra de comandar homens dotados de coração e de inteligência?

Nada poderá demonstrar melhor o quanto é impossível aplicar aos homens as soluções perfeitas que nos podem ser dadas por máquinas apenas lógicas.

Mas, eis que os inimigos das máquinas triufam: nenhum mecanismo poderá governar os homens.

Perdão! Talvez a questão tenha sido mal colocada: as máquinas de que tratamos são talvez exageradamente simplistas...

Ora, é exatamente isso: nós isolamos, no vasto complexo que constitui qualquer problema humano, uma das funções, uma só. O problema da praça-forte cercada foi excessivamente simplificado. Não se trata de suportar o cerco o maior tempo possível, mas também de perder o mínimo de vidas humanas que for possível.

Então, haveria duas funções diferentes e teríamos procurado combiná-las automaticamente. O resultado seria bem diverso. Afinal de contas, caberá ao general a escolha crucial: ou suportar mais tempo ao preço de vidas humanas, ou menos tempo poupando mais vidas.

História dos homens que desejavam fumo e flores

O governo planetário da época decidiu confiar, como primeira tarefa à "máquina econômica" que acabava de ser inaugurada, uma ampla pesquisa em torno da política agrícola a ser seguida para aumentar a quota média de alimento dos homens.

Com efeito, alguns economistas propunham cultivar as estepes siberianas onde poderiam se desenvolver novas espécies de trigo. Outros pretendiam que se utilizasse a fundo as possibilidades da clorela. Outros ainda preconizavam soluções mais diversificadas.

Há anos se vinha discutindo, em vão, a maior "eficácia" dos diferentes planos: qual deles daria alimento o mais depressa ao maior número de homens?... Mais exatamente, que

combinação perfeitamente dosada dos diversos processos agrícolas que tinham sido propostos e mesmo de outros, permitiria a melhor utilização do capital "solo" e do capital "mão-de-obra" para um melhor aproveitamento do capital "recursos alimentares"?

Evidentemente, os peritos não tinham podido entrar num acordo quanto ao ponto exato de equilíbrio a determinar nesse problema, entre os diferentes dados que exercem influência uns sobre os outros. Mas a máquina...

Ora, qual foi o oráculo da máquina?... Primeiro e de imediato: liquidar as plantações de fumo, de flores e de plantas odoríferas.

Isso provocou indignação. Tocar nos pequenos vícios dos homens! Privar os olhos e o espírito da beleza das flores! Privar as mulheres de um de seus mais provocantes artifícios?

Dessa pequena história antecipadora se pode tirar muitos ensinamentos, até mesmo filosóficos.

Antes de mais nada, o homem não poderá agir inteiramente conforme a razão. Afeições, sentimentos, preocupações místicas, hábitos, vícios, podem se misturar aos raciocínios. E desse coquetel contraditório nasce a plenitude da personalidade humana.

Se desejamos que uma máquina nos ajude a fazer desabrochar essa personalidade, é preciso permitir-lhe "pesar", em suas avaliações técnicas, nossos sentimentos e os valores dos conceitos mais abstratos.

Uma máquina matemática julgando o conflito de um grupo humano e de uma nação, chegará, sem dúvida, ao veredito: suprimam todos esses criadores de problemas. A morte é uma solução um pouco simplista.

É que a máquina de que tratamos, por sua vez, é excessivamente simplista. Seu mecanismo deveria poder registrar um outro dado do problema: a vida humana é muito valiosa.

Qual o seu preço? Eis a pergunta mais grave.

Se afirmamos que seu preço é infinito, admitimos que um homem poderá exterminar toda uma nação sem ser punido com a morte e caímos no excesso contrário.

O que é preciso, é atribuir um certo valor à vida humana. Nossas leis criminais não fazem mais do que isso. Este crime e não aquele merece a morte. No entanto, existem circunstâncias atenuantes ou agravantes...

Mas, para valorizar a vida em um problema apresentado

às "máquinas de julgar" do futuro, como proceder?... Dando-lhe um certo coeficiente.

Chegamos assim a uma idéia essencial para o futuro da civilização: a introdução de qualquer dado de um problema em uma das máquinas que serão nossos oráculos, exige que um certo coeficiente seja determinado e dado.

Fazemos entrar em jogo a vida humana nesta máquina diante de nós. Ela será representada por uma resistência a vencer, ou pela carga de um condensador, ou ainda pela voltagem de uma corrente. E *não se poderá* introduzi-la no problema sem lhe dar valor bem definido.

Onde a máquina se torna nossa consciência

Mas de que modo pôde nossa máquina eletrônica de planificar o desenvolvimento dos recursos alimentares do globo, nos dar esse resultado desumano?

É muito simples: ela não o fez. Nossa história é deliberadamente falsa. Nós a elaboramos de modo a fazer ressaltar as ofensas feitas à máquina.

Desse modo, poderemos agora apreender a profunda realidade desses áugures mecânicos que serão, no futuro, assessores dos governos.

Vejamos de novo essa máquina que, em todo um escalão da Economia mundial, estende suas fileiras de carteiras interconectadas. Desejamos perguntar-lhe o que escolher: trigo nas terras siberianas ou clorela no Saara, ou ainda castanhas em Ardèche ou vacas nas pradarias holandesas?

Mais exatamente, nós lhe perguntamos como harmonizar da melhor forma tudo isso.

Mas, como introduzir a idéia de "trigo"? Através de um determinado circuito, o circuito n.º 394, da primeira divisão, por exemplo, que, em nosso simbolismo elétrico, representaria o trigo.

Ora, somos obrigados a determinar as características do circuito, a valorizar o trigo em relação aos girassóis. Não podemos deixar de fazer isso.

Mas o que vai nos guiar nessa determinação? O valor nutritivo do trigo? Está bem. Mas, em calorias? Em proteínas? Em vitaminas?... Trata-se de um caso de interpretação humana.

Da mesma forma, para que a máquina "conheça" o fator "terrás da Sibéria" é preciso que lhe demos o valor dessa terra,

o que ela pode produzir atualmente e qual a sua superfície utilizável. Ainda um caso de interpretação humana.

Assim, todos os dados introduzidos na máquina deverão ter sido, antecipadamente, avaliados pelo homem.

Mas, que dizer do fumo e das flores?... A máquina não poderia nos aconselhar a exírpá-los se nós não lhe tivéssemos dito que existiam culturas de fumo e de amores-perfeitos, de tulipas, de rosas, de jasmins. Mas como teríamos podido lhe "dizer" tal coisa sem, ao mesmo tempo, dar ao fumo e às flores um certo "valor"?...

Esse valor não poderia ser determinado em calorias, em gramas de proteínas, em unidades de vitaminas. Foi necessário que o determinássemos em relação a nossos sentimentos, a nossos hábitos ou nossos vícios.

Assim, introduzimos, na máquina, todos os elementos humanos.

O jogo dessas correntes que se determinam, se entrelaçam, se influenciam, se contradizem, se misturam e encontram um certo equilíbrio para a obtenção máxima de uma certa corrente que represente a produção alimentar mundial, esse jogo complexo e sutil, nos dará a *melhor solução lógica de problemas humanamente colocados*. Essa solução jamais poderá ser desumana uma vez que o homem terá avaliado todos os seus dados.

Admitamos entretanto que, apesar de um elevado coeficiente de preferência, o fumo seja vítima de nossa planificação.

A Câmara mundial se reunirá, com urgência, para determinar de novo o valor do fumo. Mas, eis que, apesar disso, a máquina repetirá que ele deverá ser sacrificado.

Então, que devemos fazer?... Será preciso continuar estabelecendo um paralelo entre as milhares de vidas infantis nas planícies de Índia e os sacrossantos cigarros dos senhores ocidentais?

Assim, a máquina se transformará em nossa consciência...

XVII

NÓS MESMOS, POR DELEGAÇÃO

Quando o famoso foguete norte-americano em dois estágios *V-2 VacCorporal* bateu, com quatrocentos e doze quilômetros, o recorde absoluto de altitude, certamente não levava nenhum homem a bordo. No entanto, trouxe para a humanidade grande número de preciosos ensinamentos.

Em que a presença de um passageiro poderia ter aumentado o rendimento científico dessa prodigiosa tarefa de sondagem?... Um homem, no estreito corpo do foguete teria podido ver, diante dele, os painéis em que teria lido a medida de numerosas variáveis e as teria anotado. Mas teria podido ele anotar alguma coisa? Não. Não teria. Mesmo com um passageiro, o melhor método teria sido obter um registro de todas as variáveis.

O homem, talvez pudesse lançar um olhar através da escotilha. Teria podido perceber a Terra, pela primeira vez, sob seu aspecto de planeta. Mas, quão frágil teria sido essa impressão ao lado de um clichê que registrasse, para sempre, a visão de uma grande extensão dos Estados Unidos oscilando no espaço!

Assim, mesmo com um passageiro, o *Wac-Corporal* precisaria ser equipado com um aparelho fotográfico.

Pode-se então perguntar se a presença de um homem a bordo teria acrescentado qualquer coisa à experiência. Ele poderia se enganar, deixar-se distrair, desmaiá sob o efeito da aceleração; renunciaria certamente a observar tudo e ao mesmo tempo anotar.

As máquinas, entretanto, não falharam em sua tarefa, ou mais exatamente, os detectores que são os sentidos do complexo mecanismo do foguete, funcionaram perfeitamente bem. Um homem hoje, poderá dizer aos outros: "Eu estava ali". E daí?

Mesmo ausentes podemos saber tudo

O único interesse que poderia ter tido essa expedição humana seria ter enviado para o espaço um grande poeta. Queremos dizer, um coração e um cérebro que teriam reunido pungentes impressões, toda uma odisséia do espaço.

Assim, é preciso compreender que, hoje, em face da perfeição das máquinas, o homem já não tem necessidade de estar presente para saber. A máquina, pouco a pouco, foi sendo dotada de todas as faculdades humanas de observação e mais precisas, mais vigilantes.

Há duas formas de conhecimento: o conhecimento científico e o conhecimento poético. Para o primeiro o homem não tem atualmente a necessidade de estar presente. Resta o conhecimento poético. Mas, quando o mundo desumano obriga o homem a se fechar em uma espessa carapaça, pode-se perguntar se muitas impressões interessantes podem ser recolhidas — uma vez dissipados, naturalmente, os primeiros espantos.

Um mergulhador livre desce ao fundo do mar. Ele participa ativamente da vida aquática e traz toda uma renovação de suas sensações e por vezes mesmo dos seus sentimentos.

Mas se um explorador, para ir além dos cinqüenta metros permitidos ao comum dos mortais, os cem metros permitidos não sem grandes riscos aos mais bem preparados, pode-se perguntar que percepções diretas ele trará: seus olhos verão muito menos através do plexiglas de sua minúscula escotilha do que pode ser registrado por sua câmara automática instalada no exterior do seu escafandro.

E se, amanhã, a televisão submarina progredir e puder atingir grandes profundidades, um espectador em sua poltrona verá bem melhor o universo da noite eterna constelada de fogos vivos do que poderia ver um explorador reduzido à impotência. O melhor meio de dar visão ao prisioneiro não é lhe dar... uma televisão? É o que, aliás, se pretende.

Cabe aqui a pergunta: a máquina, que pode multiplicar ao infinito, no espaço e no tempo as visões de um mundo antes proibido, não seria capaz, afinal, de substituir o homem?...

São numerosos os norte-americanos que consideram que o batiscafos europeus participam de um estado de espírito inteiramente ultrapassado: porque o homem deseja estar presente em seus engenhos?...

É um fato que precisamos compreender, é um carinho a mais necessário em nosso *passaporte para o futuro*. A máqui-

na pode nos representar sempre que se trate de ir a algum lugar, pode ser o nosso representante. Esse é um aspecto novo da máquina...

Desse modo, sem dúvida, as primeiras viagens interplanetares serão feitas com foguetes não habitados. Mas, nem por isso ficaremos menos informados.

Um posto emissor de rádio poderá nos enviar, da distância, todas as características do mundo lunar ou marciano e até mesmo imagens desses novos universos. E os filmes que poderão ser trazidos — se o foguete for programado para voltar — esses filmes em que serão registradas as variações, no tempo, dos ponteiros de todos os painéis, não ultrapassariam, em rigor científico, os mais precisos relatórios que possam nos ser feitos pelos astronautas de carne e osso?

E o homem ficará na ociosidade

Mas a máquina nos representa também nos meios que a indústria humana torna insalubres ou inabitáveis.

Assim, graças ao progresso do automatismo e dos telecomandos, a máquina chegou, em nossos dias, a suprimir os perigos do maquinismo.

Assim, para manter os condutores de água e os esgotos, emprega-se há vários anos torpedos que flutuam na superfície e limpam automaticamente as paredes por meio de lâminas de aço. Esses torpedos obedecem, quer a um telecomando, quer a um "programa" mecânico. Elas indicam a posição em que se encontram por meio de uma cápsula radiativa cujas radiações são detectadas na superfície do solo.

Em numerosas fábricas de produtos químicos, as máquinas automáticas substituem os operários e o engenheiro em ambientes poluidos ou corrosivos. Elas transportam os produtos, regulam as temperaturas e as pressões.

A esse respeito, na Inglaterra, na maior das fábricas, a *Imperial Chemical Industries*, fábrica de Billingham — cidade de quatrocentos e vinte hectares e de cento e quarenta e cinco quilômetros de vias férreas — um processo inteiramente novo para a síntese do ácido nítrico nos impressionou vivamente.

Enquanto, em outros lugares, através da infinita monotonia de caminhos de nomes evocadores, *Avenida Amônia*, *Avenida Nitrato*, tínhamos visto homens, sob um céu negro e sob um frio chuvisqueiro se movimentando entre fumaça

e vapores, aqui toda a atividade humana se limitava a uma sala de comandos, clara e limpa como a de uma usina elétrica.

Ao ver um só engenheiro e um só eletricista nesse oásis de repouso bem aquecido, sentimos, como num choque, a idéia que desenvolvemos hoje neste capítulo: máquinas fora, sob a chuva ou em meio às fumaças corrosivas, ou ainda no ventre das gigantescas torres de aço onde se processam as reações, nas entranhas se suas tubulações, máquinas fazendo, por toda parte, o trabalho dos homens.

Um pensamento nos iluminou subitamente: não, a indústria não imporá, sempre a renegados do gênero humano, uma vida infernal entre os miasmas ou os fogos e vapores de fábricas enfadonhas.

Devemos compreender, mais uma vez, que esse mal é uma doença de crescimento; que se pretendeu, até agora, tirar vantagens imediatas da fabricação industrial, sem consentir em pagar o seu verdadeiro preço.

Não é a industrialização que leva tantos homens a viver em uma geena artificial. A única responsável é a ambição inata do gênero humano. À medida que a máquina era aperfeiçoadas ia sendo mais bem equipada para que o homem não fosse esmagado por ela. À medida que permitia preços de custo cada vez mais baixos ia sendo cada vez mais aproveitada em suas instalações fixas.

Diante do "modelo dinâmico" das instalações de síntese do ácido nítrico, tomamos consciência dessa via nova: os homens não serão mais do que o cérebro, e os escravos mecânicos trabalharão em meio às intempéries e aos perigos.

Mas, que dissemos? O cérebro? Melhor ainda: o homem representa a parte mais nobre do encéfalo, o córtex, sede da vontade, controlador supremo das organizações semi-automáticas do diencéfalo. No modelo, o movimento de todos os gases e de todos os líquidos, todas as pressões, todas as temperaturas podem ser seguidas; e tudo se organiza automaticamente, em função do conjunto. Melhor ainda, por meio de reflexos correspondentes a reflexos de defesa entre os animais, as máquinas, em caso de perigo, interrompem, elas próprias, todas as circulações.

Contudo, o homem pode intervir por toda parte, tudo corrigir, da mesma forma que o córtex quando percebe que o diencéfalo não consegue resolver os problemas, passa a agir sozinho.

O Hércules que sabe fazer um bolo

Mas é nas usinas atômicas, no coração das instalações mais "quentes" que se torna mais sensível a total delegação de nossos poderes às máquinas.

É aí que, em recintos onde o homem não poderia penetrar talvez antes de dois mil anos se detivéssemos a usina de hoje, as máquinas assumem toda espécie de tarefas, por trás de espessas proteções de cimento: umas observam, outras deslocam barras de urânio, outras filtram soluções radiativas...

A mais surpreendente entre essas máquinas é chamada O. Man., uma abreviatura de "Overhead Manipulator".

Trata-se, em suma, de um simples manipulador telecomandado mas dotado de grande força e de grande sutileza... Em sua pinça de aço ele pode suportar dois mil e quinhentos quilos, levantar mil e quinhentos e suportar quinhentos com o "braço estendido".

Mas, no recinto de radiações mortais ele deve cumprir não apenas tarefas que exigem força, como também executar trabalhos delicados que lhe são confiados.

Assim, quando se fez a demonstração dessa máquina, no começo de 1954, seus criadores — engenheiros da General Electric — a fizeram torcer uma barra de ferro e, em seguida, fazer um bolo!

Telecomandada, sua enorme pinça de aço, montada sobre um gigantesco braço articulado, manipulou delicadamente a garrafa de leite, o saco de farinha, passas, sal. Tomou ovos, quebrou-os, bateu-os em neve...

Morrer pelos homens

Ambientes "insalubres", meios perigosos, haverá piores que os das batalhas modernas?... Assim, os homens tendem, em caso de guerra, a pedir às máquinas que morram em seu lugar.

Bóias e submarinos automáticos, tanques, foguetes, aviões automáticos e bomba atômica, secretamente depositada em território inimigo antes mesmo da declaração de guerra, mesmo que seja apenas no depósito de bagagens das estações e explodindo quando receberem uma ordem pelo rádio — tais serão, sem dúvida, as armas essenciais de que disporão os estrategistas do futuro.

Se empregamos o condicional, se usamos a palavra "futuro" não é porque essas técnicas estejam ainda em potencial. É que a guerra é mais que improvável e, de qualquer modo, ela pertence ao futuro. Mas se a guerra eclodisse ainda hoje, nós estariamos de um só golpe, mergulhados nesta era cibernetica.

A primeira esquadrilha de aviões teleguiados, de B-61 *Matadors*, com base na Flórida, não foi criada a 1.º de outubro de 1951? Um engenho teleguiado — jamais se soube o seu tipo — não fez explodir um túnel em que entrou, durante a guerra da Coréia?

Mas, não é apenas em razão dos perigos e mesmo da explosão certa do engenho ao atingir o alvo, que as máquinas são chamadas a substituir os homens nas batalhas: as grandes acelerações impostas aos pilotos, as reações instantâneas em um combate entre aviões-caça ultrapassam, fisiologicamente, as possibilidades do organismo humano. Por outro lado, aparelhos eletrônicos já assumem a direção das operações no momento decisivo.

O avião Sabre, versão noturna, já cobateu sozinho na Coréia, guiado pelo radar. O Supersabre parece ter desenvolvido ainda um certo automatismo. E o F-102 da Convair, com asas em "delta", famoso ainda antes de nascer, não começou, em 1954, a ser produzido em série? Ora, o piloto desse avião deve, simplesmente, assegurar a decolagem e a subida; no alto, entrega as rédeas a um complexo de máquinas eletrônicas.

Foi possível afirmar que, se o tanque e o avião foram as armas da última guerra, as máquinas de cálculo e de decisão, erroneamente chamadas "cérebros eletrônicos" seriam os senhores de um novo conflito.

"Já não serão mais homens de carne e osso que lutarão, mas autômatos equipados com postos emissores e aparelhos registradores preenchendo as funções dos sentidos e que poderão tomar decisões, carregar canhões, pilotar aviões, emitir informações, captar ordens pelo rádio e executá-las..."

Quem escreveu isso? Um autor de ficção científica? De nenhum modo. Um personagem bastante oficial do Canadá, o dr. Solandt, presidente da Comissão de Pesquisas para a Defesa. E ele acrescentou que os robôs substituirão o homem nos campos de batalha da mesma forma que os veículos motorizados já substituíram os cavalos e os jumentos.

Por uma vez, todo mundo concordará quanto aos benefícios das máquinas: utilizar-se de mercenários mecânicos não desagrada ao homem! Tudo se faria por

delegação: aviões autoguiados trocariam disparos no espaço; submarinos vazios brincariam de esconde-esconde nos mares; tanques sem equipagem buscariam as defesas inimigas.

Quando um desses engenhos conseguir ultrapassar essas defesas, então verdadeiros seres humanos seriam mortos, não o esqueçamos.

Por outro lado, também não seriam os robôs, mas os verdadeiros responsáveis, os senhores das máquinas, a comparecer perante o tribunal de Nuremberg...

Mas nossos objetivo, neste livro, não é falar da guerra. Embora, muito freqüentemente os progressos fulgurantes das ciências não sejam vistos senão através de suas aplicações deslizadoras. Também não pretendemos elaborar um catálogo dos foguetes autoguiados, teledirigidos, de engenhos "ar-ar", terra-ar, terra-terra ou ar-terra.

O que nos importa, neste livro onde pretendemos ressaltar as formidáveis possibilidades da máquina, é demonstrar que esta é capaz de se sair bem, sozinha, da mais difícil das provas humanas, a de um combate.

Nada pode revelar melhor as enormes possibilidades das máquinas: ali, onde antes que um aviador tivesse tempo de ver um avião, de saber se ele o vê, de pensar em fazer mira, atirar, já o aparelho o teria ultrapassado. A máquina pode exercer todas essas funções que são subtraídas às mãos e ao cérebro do homem.

Observemos, no entanto, que estamos ainda no quadro das máquinas, pois esses mecanismos não preenchem jamais as finalidades que lhe são dadas. Elas não perseguem um avião senão quando este lhes é mostrado como se aponta a caça a um cão. O alvo é mais amplo que o das antigas máquinas, eis tudo. Ao invés de bater com um martelo sobre um gongo, como na Idade Média, ao invés de fabricar um prego ou um parafuso como no século passado, atribui-se à máquina uma finalidade bem menos restrita deixando-lhe certa liberdade na escolha de seus meios.

A máquina nunca fará mais do que cumprir a tarefa que lhe foi atribuída pelo seu criador. O homem, por sua vez, manterá sempre a soberania de poder mudar de objetivo.

A máquina de traduzir

Não existem mundos estranhos, inabitáveis senão os mundos materialmente perigosos. Existem outros universos onde o

homem se sente um estrangeiro, ultrapassado mesmo: aqueles onde seu espírito nada pode apreender, o domínio das línguas que lhe são desconhecidas, línguas estrangeiras ou linguagens cifradas.

Mais uma vez, aqui a máquina pode entrar no lugar do homem, como o furão entra em sua toca e o cão fraldeiro entra nos pântanos atrás da caça.

Mais uma vez é preciso compreender que a máquina de aço de pesadas engrenagens, concebível apenas no tempo de nossos pais, está hoje inteiramente ultrapassada. Isso porque uma máquina se aplica a coisa bem diferente de materiais pesados. Ela pode atuar em um domínio puramente intelectual. Porque se já dispúnhamos de máquinas de calcular, temos agora máquinas de traduzir e temos, sem dúvida, máquinas de escrever em código.

O *Massachusetts Institute of Technology* vem se consagrando há vários anos ao imenso problema das máquinas de traduzir. Mas não se chegou ainda à hora das realizações definitivas, uma vez que, na primavera de 1954, um dos autores deste livro na qualidade de especialista em cibernetica, recebia dos Estados Unidos, o questionário de uma vasta pesquisa realizada a esse respeito.

Durante esse tempo, uma sociedade de máquinas de calcular, a *International Business Machines Co.*, construiu, a partir de certas máquinas-padrão, uma primeira máquina que sem dúvida não pode fazer mais do que traduções muito simples, mas que tem o mérito de existir. Contudo, uma vez que custou cerca de duzentos milhões, não foi de nenhum modo improvisada.

A 7 de janeiro de 1954, em Nova York, o I.B.M.-701 foi apresentado à imprensa por C.C. Hurd, seu construtor, e Léon Dostert, lingüista da Universidade de Georgetown, de origem francesa, que elaborou o método de tradução.

"Breves frases em russo sobre temas políticos, jurídicos, matemáticos, militares, foram submetidos à máquina — informaram, no dia seguinte os jornais do mundo inteiro.

Em alguns segundos a máquina traduziu essas frases para um inglês perfeitamente comprehensível".

O fato teve grande repercussão. Que uma máquina assumisse funções que, no homem, são consideradas intelectuais, já não nos surpreende porque já nos habituamos às maravilhas do cálculo eletrônico. Mas agora a operação intelectual executada pela máquina parecia não depender da lógica: uma tra-

dução não inclui matizes? As gramáticas não são, muitas vezes, ilógicas?...

Não! Toda a astúcia consistiu em colocar o trabalho de tradução dentro de regras lógicas, a fim de simplificar ao extremo a sintaxe. A habilidade estava na esquematização de uma língua segundo princípios rigorosos.

Nada existe de magia

A frase russa (ou inglesa) a traduzir é inicialmente baixada em uma máquina que perfura cartões segundo um certo código. Uma perfuração significa um. Nenhuma perfuração significa zero. A letra *a* é igual a 00001; *b* = 00010; *c* = 00011, etc., seguindo o alfabeto e terminando em *z*, por 11010. É o que se chama um registro "binário".

Assim, nossas palavras russas se transformam em uma série de perfurações que, quando o cartão é introduzido no "ledor" da máquina de traduzir, se transforma, pelo contacto de uma escova através das perfurações com uma superfície metálica, em uma série de impulsos elétricos distribuídos segundo um certo ritmo.

Pensemos em uma criança que está fazendo uma versão. Ela leu a palavra esrangeira; procura em seu dicionário, sem compreender ainda, a palavra desconhecida; letra após letra, ele encontra a palavra correspondente no dicionário.

De mesma forma, quando o "ledor" elétrico decifrou, no cartão, a série de "tops", a máquina procura, em seu dicionário, uma palavra correspondente, isto é, uma mesma série de "tops".

Esse novo órgão se chama "memória". O que prova que os eletrônicos, mesmo os mais sérios, preocupam-se em dar às coisas de sua arte palavras que acentuam, no espírito do público, a impressão de mistério.

A única verdadeira analogia é a de um dicionário.

Imaginemos uma fita magnética do tipo das que servem para registros pelo rádio e por certos ditafones. Nessa fita, duas "pistas" de cargas elétricas: de um lado são inscritos, em código, as palavras russas; do outro, ao mesmo nível, as palavras inglesas correspondentes.

Agora tudo se torna claro: a fita é desenrolada a toda velocidade até que a série de impulsos lida pelo "ledor" no cartão corresponda à série de impulsos lida sobre a fita.

Nesse ponto, um outro "ledor" lê, na pista vizinha, a palavra inglesa correspondente, e a registra, o que permitirá escrevê-la por meio de perfurações sobre cartões que, por sua vez, poderão comandar uma máquina de escrever especial. Vê-se que o princípio de uma máquina de traduzir nada encerra de "mágico".

Mas, por vezes, uma palavra ou várias palavras devem ser postas de reserva; e uma memória eletrônica por "tubo de Williams" permite registrar provisoriamente certas palavras.

Quanto às regras de gramática, elas foram reduzidas a seis para os casos de tradução russo-ingles.

Os lingüistas consideram, entretanto, que serão necessárias duzentas e cinquenta regras para fazer uma tradução verdadeiramente satisfatória.

Essas regras podem ser sintetizadas em instruções deste gênero à máquina:

"Quando encontraras uma palavra marcada com um certo sinal de código deves deixá-la de reserva para esperar a palavra seguinte; se a palavra seguinte também tiver um determinado sinal de código, poderás imprimi-las mudando sua ordem".

Assim, *gyeneral*, em russo, significa *general* em inglês, e *mayor* quer dizer *major*. Traduzir *gyeneral mayor* parece, portanto, muito fácil: *general major*. Mas não. O inglês inverte essas palavras: *major general*. Portanto, *gyeneral* teria determinado à máquina que esperasse para ver se a palavra seguinte não é uma palavra que exige inversão com *gyeneral*.

Regras mais complexas são assim reduzidas ao essencial... ou negligenciadas momentaneamente. As desinências de verbos podem não ser perfeitas, mas são sempre compreensíveis.

O maravilhoso está no trabalho dos lingüistas que reduzem toda uma língua a princípios lógicos; essa maravilha não existe, de nenhum modo, na máquina que não possui a menor faísca de gênio...

A utilidade de uma máquina de traduzir é, entretanto, mais do que discutível. A máquina "simplificada" da I.B.M. comporta nove divisões! Como não pensar que seria mais fácil, menos oneroso e de melhor rendimento, contratar os serviços de um tradutor?

Não se pode ter, por toda parte, tradutores de russo — responder-se-á. Mas, pode-se ter, por toda parte, eletrônicos especializados? E será possível adquirir por toda parte máquinas assim complexas e dispendiosas?

Como máquinas de traduzir nós conhecemos há longo tempo excelentes máquinas muito simples: os dicionários.

Tudo isso levaria a crer que o mito do robô atua até mesmo nas mentes dos técnicos mais realistas: não seria por pretenderm também ver as máquinas assumir as funções humanas que eles construíram essa máquina de traduzir?

Mas esse jogo raramente vale a pena. As altas funções nervosas são tão complexas que as máquinas capazes de as imitar serão sempre muito dispendiosas, complicadas, delicadas. Um homem será sempre mais "econômico".

A menos que o homem deva renunciar, por motivo de impossibilidades físicas (exploração submarina, estratosférica, astronáutica ou combates).

A menos que a máquina possa apresentar realizações superiores à do homem.

As máquinas de calcular são um exemplo, ao mesmo tempo por sua prodigiosa rapidez como pela sua infalibilidade. Outro exemplo é a máquina de escrever em código que, ela também, pode ultrapassar o homem.

As máquinas de decifrar códigos

Já existem essas máquinas?... Não se pode responder a essa pergunta. Se estados-maiores já dispõem delas, não o apregoam aos quatro ventos.

Mas é fácil compreender, pelo simples raciocínio, que essas máquinas podem ser fabricadas quando se quiser. Para isso é necessária uma breve incursão no país das mensagens cifradas.

A mais antiga das linguagens criptográficas de que se encontram traços na história é a dos exércitos espartanos da qual Plutarco fala longamente. Cartas desordenadas são escritas sobre a cinta do soldado. O general toma a cinta e a enrola em seu bastão de comando, o "scytalo". Então a mensagem surge com toda a clareza.

Vejamos um exemplo. Recebemos a carta:

D N S O E D S U M O E R A N C S

Se dispusermos essas letras em fileiras verticais, em grupos de quatro, como sobre um "scytalo" no qual cada volta da espiral corresponde a quatro letras, obteremos:

D E M A
N D O N
S S E C
O U R S

E podemos ler, em linhas horizontais: *Demandons secours* (1).

Se nosso correspondente desejou complicar as coisas, misturou as colunas antes de enviar a mensagem: Por exemplo:

E A M D
D N O N
S C E S
U S R O

O que dará a mensagem cifrada:

E A M D D N O N S C E S U S R O

Decifrar o criptograma será agora mais difícil pois não basta ler uma letra sobre quatro para ver tudo "claro".

Como faremos para desvendar o segredo?

Se conhecemos a extensão da "chave" (neste caso = 4), a decifração é ainda mais simples: dispomos o texto em colunas de quatro letras, e fazendo tentativas de as pôr em ordem em cada uma dessas colunas, inscritas em fitas de papel, teremos um texto coerente. Em nosso exemplo, o processo não exigiria mais do que um minuto.

No entanto, com uma chave mais extensa, o número de tentativas a fazer pode ser considerável.

Para uma chave de dez, por exemplo, já existiriam mais de três milhões e meio de combinações possíveis! É preciso então não experimentar confiando no acaso.

Toma-se uma coluna contendo uma letra rara, V, X ou J, por exemplo. Sabe-se que V deve ser sempre seguido de uma vogal ou de um r; que X deve ser, praticamente, precedido de E, I ou U e que Q deve ser seguido de U, que J é sempre seguido de uma vogal. Então, qualquer combinação que dê JR, JS, VB, NX ou VX não será aceita. Chega-se assim a eliminar, muito depressa, grande número de combinações.

(1) Pedimos socorro.

E quando não se conhece a extensão da chave? E quando — o que complica ainda mais as coisas — as colunas não são da mesma extensão? Pois bem! Dispensa-se a chave. Coloca-se os Q ao lado dos U e se compara a justaposição que dão as poucas letras precedentes. Quando chegamos a combinações frequentes em francês como EN, SE, ON, podemos dizer que estamos no rumo certo.

Um outro meio seria tentar todas as "chaves" possíveis e, para cada uma delas, todos os arranjos possíveis das colunas. Mas o espírito se sente antecipadamente desarmado.

Assim, somos naturalmente levados a conceber uma máquina que possa fazer esse trabalho entediante: justapondo uma a uma todas as letras da mensagem, ela esgotaria todas as combinações possíveis até que a freqüência de certas sílabas corresponda à freqüência das mais usuais combinações de letras em francês.

Assim, já não nos parece fantasmagórico o fato de a máquina se deter quando os dados estatísticos da mensagem correspondem sensivelmente aos dados estatísticos da língua.

A máquina nos dará assim a solução procurada? Não. Pelo menos ela não se detém senão quando sua tentativa dá uma freqüência normal de certos grupos literais característicos do francês. O homem então intervém, verifica se a pista é boa e, se não encontrar ainda a solução, põe a máquina de novo a funcionar.

A máquina deverá tentar ainda outras combinações, depois se deter de novo quando consegue um texto em que as letras não sejam distribuídas ao acaso. O homem intervém novamente para julgar se esse texto é verdadeiramente coerente. Depois de algumas dessas paradas, acabar-se-á por encontrar uma boa solução, uma vez que a máquina faz suas explorações a velocidades eletrônicas.

Certamente, um mecanismo desse gênero não nos parece fácil de construir. Mas, pelo menos, seu funcionamento não nos parecerá, de nenhum modo, associado à magia. É sobre esses princípios que são — ou serão — construídas todas as máquinas de escrever em código.

Jamais seremos reis ociosos

O quanto uma máquina de traduzir não será "economicamente viável" uma vez que tradutores tão maus quanto ela estão longe de ser raros, o quanto uma máquina de ler códigos

praticamente interessante uma vez que pode ser bem sucedida onde o homem falha e pode fazê-lo mais depressa!

Esses dois exemplos parecem feitos sob medida para demarcar os limites da utilização prática dos mecanismos "intelectuais".

As antecipações ciberneticas, na maior parte, prometem a emancipação das donas de casa por robôs domésticos. Acorrentadas a seus trabalhos materiais de Penélope, as mulheres se mostram incrédulas. Chegarão elas a ver essa Idade de Ouro? Poderá a máquina libertá-las de sua escravidão?

O trabalho da dona de casa exige duas coisas: de um lado, força, muitas vezes indispensável e cada vez mais a máquina lhes dará sua força; de outro, atividades de nenhum modo extenuantes, onde a inteligência governa; aqui a máquina não é mais do que uma utopia.

Mecanismos capazes de pequenos julgamentos já são, no entanto, realizáveis, mas ao preço de que trabalho, de que despesas! Por exemplo, trata-se de "tirar" uma mesa.

Nosso robô vai detectar, através do radar, os pratos e os copos, tomá-los delicadamente, colocá-los em uma bandeja; encontrará a porta, sairá pelo corredor, abrirá a porta da cozinha e colocará a louça, peça por peça, em uma máquina de lavar. Cada um desses atos pode ser realizado. O conjunto ultrapassa os limites práticos da complexidade.

E quando se trata de recolocar a louça e os talheres em seu lugar? Aqui também os mecanismos são concebíveis. Mas quem ousaria passar da teoria à prática?

Mais do que pagar um técnico em eletrônica, capaz de construir um robô, seria melhor pagar uma empregada, ou fazer por si mesma o serviço.

Uma máquina de varrer que evitasse "ciberneticamente" os pés dos móveis? Uma máquina de escovar nossa roupa quando saímos? (ou de escovar o robô?) Uma máquina de arrumar camas?

Estamos sempre encerrados dentro de nossas limitações. A máquina não existirá senão quando puder ultrapassar o homem.

Eis porque nossas donas de casa não devem sonhar com uma idade de ouro eletrodoméstica...

E nas ruas, o espetáculo quotidiano deverá se modificar?

Pode-se imaginar, por exemplo, uma coleta automática de lixo: as latas de lixo, pintadas de uma cor rara, violeta por exemplo, ou recobertas de um produto radiativo; um carro

autodirigido estenderá um braço para elas, as tomará, as esvaziará, as depositará de novo, à beira da calçada. Mas tudo isso não passa de imaginação romanesca.

Pode-se imaginar automóveis cibernéticos que se evitam uns aos outros. Mas, quantos milhões custaria um desses carros?

O grande Zworykin, criador do inoscópio que possibilitou a invenção da televisão e que é um dos inventores do multiplicador de elétrons, limitou sua ambição a um carro autodirigido ao longo de um cabo elétrico enterrado sob as ruas. Dez quilômetros de estrada privada são assim equipadas entre a propriedade de Zworykin e a grande estrada, em New Jersey.

O carro se mantém a uma distância exata do cabo e mantém igualmente a distância com o que o precede. Imagine-se circular assim como se estivéssemos em uma verdadeira camisa de força? Assim, seria como voltar aos trilhos...

Não, o homem não confiará jamais seu volante a uma máquina.

Não, a civilização mecânica, felizmente, não fará de nós reis desocupados!

XVIII

SIM, O FUTURO NOS PERTENCE

“Não, o futuro não pertence a ninguém!” — dizia o pai Hugo. Nossa profeta sagrado se deixava levar pelos seus impulsos. Mas, sem dúvida, poder-se-á encontrar em sua obra alguma frase — igualmente bela — em que ele exalta os poderes do homem sobre seu universo.

Tudo que fazemos, o mais insignificante de nossos gestos, é um golpe de misericórdia no futuro dos outros homens, pois as gerações futuras viverão daquilo que nós lhes deixarmos.

A humanidade, amanhã, será unificada a ponto de os esforços de uns beneficiarem todos os outros? . . .

Este livro evitou, decididamente as perspectivas políticas; contudo, ele cusa responder, aqui, que as divisões estanques não cairão tão cedo.

Daí, as conquistas de alguns poderem não ser dadas aos outros.

Surge então um problema irritante: todas as riquezas que adivinhamos, todas as potências que percebemos em seu nascimento, pertencerão a todos os homens? . . .

Colocando-nos de um ponto de vista francês, e portanto egoísta, nós nos perguntamos com certa amargura: essas belas promessas não se esfumarão diante de nossos olhos? Não teremos de nos contentar só com o aroma das iguarias? . . .

Apenas os países que tiverem transformado em realidades industriais as pesquisas teóricas e as experiências de laboratório poderão colher os frutos de um futuro maravilhoso. E só poderão fazê-lo aqueles que tiverem sabido desenvolver e estimular a ciência.

É preciso não esperar que esses países possam partilhar gratuitamente suas riquezas com os que tiverem tido a infelicidade de se deixar ficar para trás. Nem as colônias, nem os recursos naturais serão jamais repartidos igualmente entre os povos.

Certamente, a vida internacional se humanizou um pouco, depois da Segunda Grande Guerra: o plano Marshall, o Ponto IV do presidente Truman, a assistência soviética à China são exemplos de ajuda mais ou menos hábil, mais ou menos desinteressada, ao desenvolvimento técnico e científico.

Na França, importantes modernizações de fábricas e de laboratórios foram feitas graças à ajuda "Marshall". Mas um país, mais do que um indivíduo, não pode viver muito tempo da caridade.

Se os franceses desejam participar da surpreendente evolução que deverá marcar a segunda metade do século, uma linha de conduta se impõe a eles: trabalhar para que sejam industrialmente aplicadas as descobertas em curso.

Os problemas evocados neste livro estão sendo, na maior parte, estudados entre nós:

— As questões atômicas, em Châtillon e em Saclay.

— As máquinas lógicas, no Instituto Blaise Pascal.

— A clorela, em um departamento do laboratório de Bure-sur-Yvette.

— A energia solar, em Montlouis.

Mas esses centros de pesquisas devem ser equipados com meios que se ajustem à amplitude dos problemas da época. Ora, como se sabe, eles jamais dispõem de recursos suficientes.

A grande máquina de calcular de Louis Couffignal, no Instituto Blaise Pascal, está praticamente sem funcionar, por falta de verbas.

Os aceleradores de partículas que deveriam ser construídos segundo os planos da secção de Física Corpuscular do CNRS, premanecem nos projetos por falta de verbas (1).

A indústria da gasolina sintética está paralisada, por falta de verbas.

A indústria da borracha sintética morreu no nascedouro, por falta de verbas.

Mas, nessas diversas atividades, não se deve ver apenas sua própria importância: cada uma delas, com efeito, desempenhará um papel essencial na formação de técnicos capazes de levar, mais tarde, a muitos outros desenvolvimentos. Em particular as indústrias da gasolina e da borracha sintética servirão de preparo à Idade da fotossíntese artificial.

Quanto à grande pobreza de nossos laboratórios, seria preciso insistir nisso?...

(1) No entanto, a 4 de agosto de 1954, foi finalmente tomada a decisão de instalar essa indústria.

Dois pequenos fatos atuais, no momento em que foi editado este livro, podem ser citados: o College de France foi ameaçado de corte do seu fornecimento de água e energia elétrica por falta de pagamento, e o Instituto Pasteur não pode oferecer um restaurante a seus pesquisadores que fazem suas refeições nos próprios laboratórios — correndo o risco até de sofrer envenenamentos.

Pensem nas imensas colmeias que são os institutos de pesquisas na União Soviética e nos Estados Unidos e consolemo-nos dizendo a nós mesmos que se quisermos poderemos. O que pode ser provado por exemplos como o laboratório da Sociedade de Estudos Químicos para a indústria e a agricultura (SECPIA) criada na Argentina por um grupo de indústrias químicas ou mineiras, o laboratório da Indústria de Pesquisas da Siderurgia (IRSID), em Saint-Germain-en-Laye, realização corporativa, ou o Laboratório Dauphinois d'Hydraulique, em Grenoble, este último um laboratório de empresa particular, a Neyric, graças ao qual a França está hoje nitidamente na vanguarda da técnica hidráulica mundial.

Sim, se quisermos...

Um exemplo: o da invenção da bomba H — ou mais exatamente de uma bomba H — pelo professor Yves Rocard, em 1946. Enquanto os mais poderosos laboratórios do mundo procuravam na obscuridade os segredos da fusão nuclear artificial, ele publicava seus projetos em um simples boletim, mimeografado, em duzentos exemplares, da Escola Normal Superior, Secção de Física.

"Uma massa de hidreto de lítio — escrevia ele — em torno de uma bomba de tipo clássico, poderá ser levada rapidamente, em seu conjunto, a uma temperatura que mantém a uma velocidade explosiva da ordem de um centésimo milionésimo de segundo."

Não fora o inconveniente de pedir aos Estados Unidos o plutônio necessário à bomba que desencadearia a reação, e a França teria podido, então, ter a bomba H, bem antes que os soviéticos ou os norte-americanos.

Mesmo excluindo-se qualquer pensamento bélico, é impossível não compreender que prestígio mundial a França teria conseguido desse fato. E como hoje, em horas difíceis, sua posição mundial seria mais forte!...

E se a França descobrisse amanhã o segredo da fotossíntese não se tornaria uma grande potência mundial?

Os pesquisadores franceses de hoje são tão brilhantes quanto os de meio século atrás. A França criou o automóvel, a aviação, o cinema, descobriu a radiatividade artificial e a mecânica ondulatória.

O grande norte-americano Vannevar Bush, pelo papel que desempenhou à frente do Departamento de Pesquisas Científicas, durante a guerra, pode ser considerado um bom juiz na matéria. Pois bem, ele dizia, recentemente, que a França possui tão grande potencial de descobertas que poderia pôr em funcionamento as técnicas norte-americanas durante longo tempo — pois um longo trabalho é freqüentemente necessário para passar de uma descoberta a sua industrialização.

Orientando nossos esforços para o terreno científico, poderíamos ocupar um lugar essencial no futuro que está sendo construído hoje.

Mas, aqui ainda é preciso querer...

É uma fácil desculpa lançar a responsabilidade sobre "o governo". Sem dúvida, este tem sua parte de culpa no caso da bomba H, uma vez que a questão era sobretudo política, uma vez que Yves Rocard é um cientista oficial, professor da Escola Normal Superior que foi posto no mesmo plano de Francis Perrin quando o cargo de Comissário da Energia Atômica deveria ser preenchido.

Mas o público é ainda mais culpado, ele que não se apaixona suficientemente pela grande epopéia de nossa civilização, ele que não exerce nenhuma pressão sobre seus governantes, ele que se entrega, ao contrário, a falsas ciências através das quais se perpetuam, sob uma máscara nova, as superstições do passado; ele que dá trezentos bilhões por ano (1) aos radíesthesistas, astrólogos e outros mágicos, ele que compra dezenas de milhares de volumes de divagações sobre os discos voadores, ele que, na revolução cibernetica, não vê mais do um pretexto para ter bonecas automáticas.

Sem dúvida, a opinião pública pode influir sobre os governantes, mas, com maior certeza ainda, a educação científica do povo é inexistente.

Se os franceses compreendessem que seu país, jogando a carta da pesquisa científica, especulando com a inteligência de suas elites, tem mais do que uma possibilidade, a certeza de chegar à grandeza, tudo mudaria no país de Descartes, de Pascal e de Lavoisier.

(1) Cifra fornecida por François Le Lionnais em um artigo de *La Nef*, n.º 6, 1954.

Em uma das obras desta coleção (1), um médico insistiu no seguinte pensamento: *a pesquisa científica é hoje uma verdadeira colônia interior.*

E como tinha razão!

Já se foi o tempo em que as nações conquistavam territórios. Já se foi o tempo em que podiam conservá-los. Mas chegou o tempo de muitas outras anexações, desta vez espirituais, e não menos proveitosas, mais proveitosas mesmo: a anexação de impérios científicos.

A aviação de propulsão a jato para a Inglaterra, a indústria química para a Alemanha de ontem e de amanhã, a eletrônica, graças à formidável organização Philips, para a Holanda, constituem um bem de interesse moral e material bem diverso que o da posse de longínquos territórios.

Sim, que a opinião pública compreenda o verdadeiro destino da França e tudo se modificará.

Possa este livro contribuir para isso desde hoje, revelando a um vasto público a aventura prodigiosa, apaixonante, sem qualquer paralelo com todas as epopéias de todos os tempos, que se realiza sob os seus olhos e que ele não sabe ver.

(1) Médicus: *De la cortisone au Bogomoleïz.*