

Contribuições contemporâneas da Psicologia Cognitiva e da Inteligência Artificial para a Ergonomia da Informática

JEAN-CLAUDE SPERANDIO (*)

No decorrer desta conferência, determinarei primeiro o lugar da psicologia no interior da evolução da ergonomia, depois tratarei de alguns pontos que interessam à ergonomia aplicada à informática, limitando-me aos aspectos que interessam mais especificamente os psicólogos.

1 — O LUGAR DA PSICOLOGIA EM ERGONOMIA

Como certos rios que têm várias fontes, as origens da ergonomia são múltiplas. A corrente precursora, no fim do século XIX e princípio do século XX, é incontestavelmente resultado das pesquisas da psicologia do trabalho, que, paralelamente, deram origem à medicina do trabalho. Se bem que a psicologia, no início do século XX, tenha conhecido um importante desenvolvimento de aplicações industriais (principalmente nos EUA), as preocupações eram mais sociais e organizacionais do que ergonómicas. Os poucos traços de espírito ergonómico na psi-

cologia desta época não são comparáveis ao desenvolvimento que se observa em psicologia do trabalho. Os primeiros laços significativos entre a psicologia e a ergonomia (lembramos que esta denominação só data de 1948) remontam à guerra de 1914-18, durante a qual se analisou a fadiga industrial nas fábricas de armamento (principalmente em França e em Inglaterra), integrando não só os factores psíquicos individuais e a duração do trabalho, mas também os factores psicológicos, tais como a motivação, a satisfação, a atenção, a carga de trabalho, etc.

As pesquisas de psicologia do trabalho que se poderão qualificar de ergonómicas são muito pouco numerosas entre as duas guerras. O verdadeiro (re)nascimento da ergonomia moderna data praticamente da *human engineering* na Inglaterra e nos EUA no início dos anos 40. Pode verificar-se que a psicologia ocupa aí um lugar importante, que permaneceu grande na ergonomia anglo-saxónica. Pelo contrário, a ergonomia foi lenta em ocupar o seu lugar e a desenvolver-se em França após a guerra. Permaneceu muito tempo uma ergonomia maioritariamente médico-psicológica, orientada para o

(*) Universidade René Descartes (Paris V). Unidade Informática Ciências Humanas.

estudo dos custos de sofrimento físico, característica que era em grande parte justificada pelo tipo das utilizações mais frequentes nesta época.

As coisas mudaram pouco a pouco, à medida da evolução das tecnologias. Tornando-se mais mental do que muscular, mais difícil intelectualmente que fisicamente penoso, o trabalho arrastou uma evolução paralela da ergonomia. Ao mesmo tempo, a psicologia cognitiva desenvolveu-se bastante. E daí resulta actualmente que a ergonomia cognitiva, isto é, a parte próxima da psicologia cognitiva (que se interessa pelos conhecimentos, pela sua aquisição e pela sua utilização pelos sujeitos), tomou um lugar maior no seio da ergonomia.

2 — A ERGONOMIA DA INFORMÁTICA

Em muitos países, a informática condiciona todos os empregos industriais, os empregos de escritório, os serviços e mesmo uma parte da agricultura e dos divertimentos. A evolução da ergonomia seguiu paralelamente. Pode-se constatar actualmente, ao nível internacional, que os programas de pesquisa de ergonomia, os programas de ensino, os congressos, etc., concedem de longe um lugar maioritário à informática.

A ergonomia da informática divide-se em vários sectores:

- a ergonomia dos materiais propriamente ditos: écrans, teclados, periféricos diversos, mobiliários sobre os quais ou nos quais os materiais são colocados;
- a ergonomia dos meios arquitecturais nos quais se desenrola o trabalho informatizado (formas e dimensões dos locais, iluminação, ruído, ambiente térmico, circulação de pessoas, etc.);
- a ergonomia da organização do trabalho, em particular tempos de trabalho e repartição de tarefas;

- a ergonomia da programação: melhoria da leitura e teste dos programas;
- a ergonomia dos programas: melhoramento da sua «capacidade de utilização» (em inglês, «usability») por todas as espécies de utilizadores;
- a ergonomia da assistência aos operadores (contribuições das técnicas modernas de apresentação da informação e da Inteligência Artificial, filtragem inteligente da informação ajudas ao diagnóstico e à decisão, etc.).

Tratarei aqui principalmente as questões que dizem respeito mais directamente à psicologia e aos psicólogos.

3 — A ERGONOMIA DO SOFTWARE⁽¹⁾

«Logiciel» é o equivalente francês do termo americano «Software» (*). Em sentido estrito, significa os programas informáticos de todos os tipos (programas de base, programas de exploração, programas de aplicações, utilitários, programas didácticos, etc.), mas também, num sentido mais lato, os procedimentos, as regras e mesmo a documentação relativa ao funcionamento dos computadores. A ergonomia do *software* trata aspectos que são relativos aos programas e à programação, mas é preciso lembrar que numerosos problemas de ergonomia de interface homem-máquina focam conjuntamente aspectos materiais e aspectos de programação. A ergonomia do *software* e a ergonomia dos materiais constituem assim um conjunto homogéneo e só se dissociam para facilitar os enunciados.

⁽¹⁾ Uma grande parte da exposição que se segue constitui o capítulo VI de Sperandio, 1988b, edição revista.

(*) Não havendo uma palavra em português para traduzir o termo francês «LOGICIEL», utilizou-se o termo inglês «SOFTWARE», que é usado correntemente pelos profissionais de informática. (N. da T.)

Tem-se por vezes uma certa tendência para incluir na ergonomia do *software* tudo o que não está estritamente ligado aos materiais, por exemplo, certos aspectos de organização do trabalho. Nós adoptaremos aqui um ponto de vista mais restritivo.

A ergonomia da programação, que respeita à concepção, à escrita, à leitura (que inclui a compreensão) e à manutenção técnica dos programas (pesquisa de erros, teste, modificações, etc.), está centrada na análise do trabalho dos programadores. É um capítulo à parte, que respeita mais especificamente à interacção entre os programas (principalmente os programas ditos «de aplicação») e os seus utilizadores.

A ergonomia do *software* desenvolveu-se mais recentemente que a ergonomia dos materiais, mas está actualmente em progressão constante. Neste momento, há menos normas ou recomendações para oferecer aos utilizadores ou aos conceptualizadores do que em ergonomia dos materiais, mas há contudo uma literatura de investigação abundante e algumas obras gerais.

Um *software* ergonómico não é forçosamente um *software* que apresente bonitas cores no écran, é antes um *software* que deve ser perfeitamente adaptado (ou pelo menos o melhor adaptado possível) tanto às características das tarefas às quais se destina, como às características dos utilizadores. O primeiro objectivo da ergonomia e a principal dificuldade será especificar e medir estas características.

Tanto para as tarefas como para os utilizadores, podemos distinguir quatro níveis de ergonomia, que correspondem a quatro níveis de compatibilidade:

- as funcionalidades de que o *software* deve dispor;
- a adequação aos modelos de representação mental dos utilizadores;
- as modalidades de diálogo com o utilizador;
- a codificação das informações (principalmente a representação do écran).

Um dos problemas sérios, sempre mal resolvidos na prática, é definir o utilizador-tipo de um dado *software*. Com efeito, a um dado *software* podem corresponder muitas vezes diversos tipos de utilizador e, algumas vezes, diversos tipos de tarefas. O utilizador poderá ser, por exemplo, um informático, que integrará facilmente qualquer *software* que não conheça na sua cultura informática, ou poderá ser um profissional permanente, não informático para quem uma aprendizagem longa é um investimento possível, ou poderá ser um profissional ocasional, que preferirá renunciar a utilizar este *software*, se tiver de despende muito tempo na aprendizagem do modo de emprego ou que esquecerá uma parte da sua aprendizagem entre uma utilização e a seguinte. Ou, ainda, o utilizador não é um profissional, não conhece nada de informática nem tem tempo nem vontade de aprender a servir-se correctamente deste *software* e, portanto, não quer servir-se, mesmo de maneira parcial ou não óptima. Vê-se facilmente que o *software* que não é destinado a um público bem determinado não poderá ser concebido senão na base de diversos compromissos, em função de uma espécie de público médio.

Do mesmo modo, um *software* pode ser utilizado para tarefas e finalidades diferentes. O exemplo corrente é o tratamento de texto. As necessidades de diversas categorias de utilizadores são diferentes, como o são, por consequência, as funcionalidades que o *software* deverá oferecer. Deste ponto de vista unicamente, não é possível encontrar uma solução ergonómica óptima idêntica para todos os casos, é somente possível encontrar compromissos aceitáveis.

Para avaliar o grau de compatibilidade de um *software* com a tarefa e com o utilizador, devem considerar-se vários critérios. Eis alguns deles:

- a extensão das tarefas que o utilizador deve e pode efectuar;
- a duração da aprendizagem necessária;

- a facilidade de utilização sem aprendizagem;
- a tolerância do sistema aos erros dos utilizadores;
- a facilidade de modificação das acções compreendidas;
- o tempo necessário à execução de um conjunto de tarefas;
- o número e a gravidade de erros cometidos pelo utilizador;
- a extensibilidade (a adaptabilidade) a novas tarefas;
- a aceitação pelo utilizador.

Estes diferentes critérios servirão para avaliar e escolher o *software*, distinguindo os diferentes níveis que evocamos.

a) O plano das *funcionalidades* é o mais profundo e diz respeito principalmente à adaptação à tarefa. Uma ferramenta, qualquer que seja, deve em primeiro lugar ser útil, prestar os serviços que se espera dela. O primeiro objectivo de uma intervenção ergonómica a propósito de *software* deve ser, portanto, o contribuir para identificar o conjunto de tarefas que o *software* será chamado a desempenhar e as facilidades esperadas. O grau de compatibilidade será função da extensão das tarefas que o utilizador poderá efectuar com o sistema.

b) O plano da adequação às *representações mentais* dos utilizadores diz respeito tanto ao modelo do *software* como ao modelo da tarefa em si. A maneira como a estrutura se representa ao utilizador e o funcionamento do *software* que utiliza não é forçosamente a representação que tem o informático que concebeu o *software*. A lógica de funcionamento e a lógica de utilização não coincidem necessariamente, podendo mesmo dizer-se que raramente coincidem. Esta questão tem sido tratada em ergonomia há vários anos a propósito do conceito de representação operatória ou de imagem operativa (termo empregado por D. Ochanine). Disfuncionamentos na utilização de um *software* têm todas as possibilidades

de se produzirem se o conceptor supõe que a representação mental do utilizador é a mesma que a sua e faz deste modo escolhas de concepção susceptíveis de ter incidências sobre a compreensão.

Wisner (1987) escreveu que a ergonomia do *software* é «um caso particular de adaptação do trabalho ao homem: a adaptação do sistema informático à inteligência humana». Esta adaptação à inteligência humana começa com a adequação da ferramenta à representação do utilizador (uma boa discussão desta questão foi feita por Senach, 1987).

Utilizando um *software*, o utilizador não tem forçosamente uma representação exacta e exaustiva da estrutura ou do funcionamento do *software*. O conceptor não deve supor que o utilizador tem uma representação perfeita. Não deve supor sequer que o utilizador quer ter sempre um comportamento óptimo e atingir desempenhos máximos. Para ter um comportamento óptimo, não é, por outro lado, forçosamente necessária uma representação perfeita. Tudo depende da complexidade dos objectos manipulados, da tarefa e das *performances* visadas. Mas, de facto, muitos dos programas são concebidos (e os comentários igualmente) como se o utilizador tivesse uma representação exacta e exaustiva e como se desejasse absolutamente ter um comportamento óptimo. O ideal é um sistema permitindo tanto uma utilização sub-óptima, por exemplo para não informáticos ou utilizadores ocasionais, como uma utilização óptima para utilizadores experimentados. Uma representação parcial ou aproximada pode, entretanto, revelar-se insuficiente ou inadequada para efectuar certas manipulações ou para atingir *performances* elevadas.

A aprendizagem é igualmente difícil de ser bem integrada. É necessário orientar os neófitos passo a passo, mas não impor esta orientação aos que não têm necessidade dela. As funções de assistência «em linha» (isto é, integradas no *software*) têm pouco interesse se são apenas simples páginas de

livros, simplesmente destinadas a serem afixadas no écran. O ideal é que estas funções de assistência se comportem como o faria um pedagogo pericial, que não só seria capaz de circunscrever e de diagnosticar o problema do utilizador, como de lhe ensinar o caminho a seguir. Na prática, é um ideal que está longe de ser atingido e que releva da Inteligência Artificial.

c) O terceiro nível é o das *modalidades de «diálogo»* entre o utilizador e o computador pela via do *software*. «Menus» de escolha múltipla, encadeados ou não, designação por imagens, janelas, diálogos dirigidos por computador, formatos livres, comandos parametrizados, etc., são as diferentes modalidades que têm cada uma as suas vantagens e inconvenientes. A boa escolha depende do tipo de tarefas, da prática dos utilizadores e dos seus hábitos anteriores. Por exemplo, para os iniciados ou para tarefas que um dado utilizador efectua raramente, os diálogos estandardizados e dirigidos pelo programa serão muitas vezes mais rápidos e mais seguros do que os diálogos deixados à iniciativa do utilizador. Do mesmo modo, os diálogos por «menus encadeados» são muitas vezes lentos, mas fáceis de aprender. Exigem um esforço mínimo de memorização. Utilizados em excesso, enervam rapidamente e fazem perder muito tempo e paciência. Os utilizadores experimentados poderão preferir um estilo de diálogo por teclas de comando ou uma linguagem de comando com uma sintaxe mais estruturada.

Uma sintaxe muito complexa, fonte de erros e de longa aprendizagem, é inapropriada para utilizadores ocasionais (trata-se aqui da sintaxe da linguagem dos diálogos de interface e não da sintaxe das linguagens de programação propriamente ditas). Inversamente, uma sintaxe muito simplista pouco eficaz torna-se rapidamente fastidiosa após alguns dias de prática, porque precisa de chamadas repetitivas de transacções desarticuladas, mas poderia ser satisfatória para utilizadores ocasionais. O ideal (nem sempre

possível) é oferecer uma gama de opções diferentes para diferentes categorias de situações ou de pessoas, como cada vez mais se faz.

Encontrar-se-á em Shneiderman (1987), Norman (1987) e em Scapin (1986) uma apresentação muito mais detalhada dos critérios de optimização dos diálogos. Retenhamos aqui alguns princípios:

- fazer com que o utilizador possa retomar sempre o controlo das acções em curso;
- toda a acção feita pelo operador deve poder ser anulada sem perigo para os dados ou para o trabalho em curso e remeter o sistema para o estado anterior;
- proteger o utilizador contra as suas próprias acções destrutivas: pelo menos preveni-lo que o comando que ele dá terá determinada consequência destrutiva;
- os menus não constituem a solução universal;
- os menus não deverão ser muito longos nem muito arborescentes;
- os tempos de espera longos e sobretudo irregulares são fonte de enervamento e de erros;
- se é inevitável um tempo de espera longo, deve-se explicar esta espera por uma mensagem explícita.

Os diálogos por «manipulação directa do objecto» (um exemplo bem conhecido é o diálogo por rato e imagem tipo «Macintosh»), que consiste em visualizar no écran as entidades manipuláveis, são cada vez mais utilizados, principalmente em burótica e nas aplicações grande público. Este sistema utiliza um vocabulário técnico mínimo e fácil de compreender. O recurso à iconografia facilita a compreensão das entidades que se manipulam e diminui o esforço da aprendizagem inicial. Algumas destas entidades não são senão metáforas ou analogias (por exem-

plo, o «painel de indicadores», o caderno de apontamentos, «o caixote do lixo» ou o «copiar, colar, cortar», «o pisa-papéis», etc.), cuja *significação informática real* não é exactamente o que aparenta, mas estas analogias «falam» por elas mesmas. Supõem que o utilizador, na falta de uma ideia exacta da maneira como as coisas se desenrolam no programa, tem ou terá adquirido rapidamente uma representação mínima do funcionamento de um «escritório electrónico» (ver a discussão de Pavard, 1987).

Este tipo de diálogo é interessante para muitos efeitos, mas apresenta também certos inconvenientes: imagens por vezes pouco significativas ou difíceis de reconhecer quando há um grande número; tempos de manipulação não negligenciáveis; utilização por vezes abusiva de pontilhagem (ratos); analogias não expressivas para certos utilizadores, a começar pelas do contexto de um escritório electrónico sobre o qual as acções são realizadas com a ajuda de deslocação de objectos, etc. Na prática, este tipo de diálogo é muitas vezes bem aceite pela maior parte dos utilizadores.

d) Enfim, o nível mais evidente é o da *codificação das alterações*. Alguns informáticos limitam injustificadamente a ergonomia do *software* a este único nível. Esta é, com efeito, a parte mais espectacular, também a mais fácil de melhorar, aquela em que se pode utilizar uma parte importante do saber e do saber-fazer da ergonomia, que tem dado provas mesmo fora da ergonomia do *software* (cf. as listagens visuais). Estes são alguns elementos.

Para indicar as entidades manipuláveis, é necessário escolher um vocabulário adaptado às tarefas e aos utilizadores; os figurinos devem ser significativos para os utilizadores; é necessário evitar o emprego de códigos não significativos; as abreviaturas não devem ser difíceis de compreender nem devem induzir a confusões (há regras a respeitar e métodos para verificar se um sistema de abreviaturas tem ou não as qua-

lidades de um bom código); os códigos especiais (tais como o alarme sonoro, o superbrilho, o vídeo inverso, zonas intermitentes, etc.) atraem a atenção (se não utilizados judiciosamente), mas podem também ser incómodos e ineficazes quando se abusa deles. Do mesmo modo, a utilização das cores dá uma dimensão suplementar da codificação, mas necessita igualmente de uma grande prudência: nem todos os utilizadores vêem as cores da mesma maneira; os discromáticos discriminam-nas mal; as cores têm significações subjectivas diversas; para toda a gente, as limitações da capacidade de tratamento da informação precisa de reduzir o número de cores utilizáveis simultaneamente (no máximo uma dezena). É necessário evitar as cores situadas nas extremidades do espectro e escolher antes aquelas entre as quais a sensibilidade diferencial é mais elevada. Mas, estas diferentes recomendações podem entrar mutuamente em conflito.

A maneira de estruturar a apresentação das informações no écran é muito importante: uma boa apresentação (zonas bem escolhidas e bem separadas, bem dispostas umas em relação às outras) facilita a aprendizagem, diminui o tempo de exploração visual; resulta um ganho de tempo e uma menor fadiga. Tanto quanto possível, deve-se manter uma coerência e uma homogeneidade, por um lado interna, entre as diferentes apresentações de écrans, de uma página a outra ou de uma transacção a outra, e, por outro lado, entre a apresentação de écrans e os documentos de que se servem os utilizadores. Esta preocupação de coerência na estruturação deve estender-se ao vocabulário utilizado, aos gráficos e às cores.

Em conclusão, sublinhamos que a dificuldade principal de uma boa ergonomia do *software*, ainda mais do que no caso dos materiais, tem uma grande variabilidade de necessidades funcionais em função das tarefas e da diversidade de utilizadores e das suas

competências. É por isso que, se é verdade que um esforço de normalização ergonómica é desejável, e os informáticos o reclamam, as recomendações ergonómicas não podem senão apoiar-se num estudo específico das particularidades de cada caso de aplicação. Além disso, alguns programas particulares apresentam exigências próprias que se acrescentam. É o caso, por exemplo, de «sistemas periciais» que, além das qualidades ergonómicas que se esperam de todo o *software*, necessitam de diálogos explicativos: o programa deve poder explicar ao utilizador as razões das conclusões a que chega. O tipo de dados a fornecer ao programa pode igualmente necessitar de diálogos fortemente interactivos e requerer mesmo muitas vezes uma sintaxe de linguagem natural, na medida em que a informática de hoje possa satisfazer esta exigência.

4 — SÍNTESE E RECONHECIMENTO DE PALAVRAS UTILIZADAS COMO MEIOS DE ENTRADAS-SAÍDAS

Actualmente, as saídas de informação são a maior parte das vezes visualizadas no écran ou impressas no papel. Mas há sistemas de síntese vocal que permitem uma saída auditiva, como se o computador pronunciasse as palavras oralmente. Do mesmo modo, ainda que o teclado seja o sistema de entradas mais comum, há sistemas que permitem uma entrada vocal, podendo o computador reconhecer palavras pronunciadas por um locutor humano.

As duas técnicas, utilizáveis conjunta ou separadamente (são duas técnicas independentes, apesar de terem pontos comuns no plano informático), oferecem possibilidades de entradas-saídas novas, particularmente aplicáveis a certos utilizadores deficientes, mas também para todas as situações onde os meios actuais (écrans, teclados...) não são utilizáveis ou são pouco cómodos.

A avaliação ergonómica das vantagens e

dos inconvenientes deve fazer-se com base nos seguintes critérios principais: desempenho em velocidade e em precisão (comparados com os outros meios existentes); fiabilidade; facilidade de aprendizagem; comodidade de emprego; compatibilidade com a tarefa; compatibilidade com o meio; satisfação subjectiva.

A síntese vocal apresenta poucas contra-indicações ergonómicas. Não é necessária uma aprendizagem prévia para compreender uma voz de síntese de boa qualidade, mas verifica-se uma melhoria da compreensão no decorrer das primeiras horas. A maior parte dos sistemas modernos oferecem uma gama de voz cuja inteligibilidade é satisfatória para a maior parte das aplicações. O artificialismo da voz não é em si um inconveniente maior. Pode mesmo evitar enganos (confusões) com uma voz natural. O som fanhoso de certas vozes de síntese é desagradável, mas é sobretudo a entoação monótona que torna a percepção fatigante. Por isso, as emissões devem ser curtas (alguns minutos, no máximo) e as frases devem ter uma sintaxe simples. Enfim, como em toda a transmissão auditiva, o meio não deve ser muito ruidoso.

Em 1986, realizámos com Létang-Figeac (cf. bibliografia) um estudo ergonómico experimental com uma aplicação de síntese vocal. As pessoas podem conversar com um computador para obter esclarecimentos. Uma parte da experiência tinha por objecto o grande público e dizia respeito aos caminhos-de-ferro (SNCF) e uma outra parte tinha por objecto estudantes e dizia respeito à vida universitária. A finalidade da experiência era estudar as reacções objectivas e subjectivas das pessoas face a este estranho interlocutor. Os resultados mostraram que as reacções não são hostis, sem serem entusiásticas. O computador tornou-se suficientemente banal para não espantar a sociedade, contudo os comportamentos objectivos apresentam numerosas alterações, principalmente no plano linguístico.

Para algumas aplicações, o problema que se põe à ergonomia é o de escolher a maneira óptima de apresentação da informação, quer visualmente quer auditivamente. Duma maneira geral, é difícil comparar as performances visuais (leitura de um texto no écran, por exemplo) e as performances auditivas (voz de síntese), por um lado porque os mecanismos de exploração visual permitem voltar atrás, se o texto fica afixado, o que não tem equivalente em audição, por outro lado porque em visão é o sujeito que controla a velocidade e o processo de exploração. Se o texto não fica fixo, por exemplo se desfila num écran de pequena dimensão, a percepção visual pode ser lacunar e a percepção auditiva é então geralmente superior, pelo menos no plano da fiabilidade, se não no da velocidade. A memorização é geralmente um pouco melhor na percepção auditiva, mas as diferenças são pequenas, dependendo muito do tipo de textos, e a variabilidade interindividual é grande (para uma apresentação mais detalhada, ver Sperandio & Létang-Figeac, 1986; Sperandio & Cognoulet, 1988a).

Numa experiência feita com a Sr.^a Desaigne, verificámos que uma apresentação auditiva era preferível a uma apresentação visual para comunicar aos condutores de automóveis mensagens relativas à circulação rodoviária, principalmente para o critério de memorização, mas não se pode generalizar este resultado sem precaver todas as aplicações.

O problema do reconhecimento vocal é diferente. A técnica apresenta ainda actualmente limitações importantes que se traduzem por performances medíocres em rapidez e fiabilidade. Não confundamos: trata-se de reconhecimento de palavras e não verdadeiramente de compreensão de textos orais (ainda que o reconhecimento necessite de uma certa parte de compreensão). Os sistemas de compreensão de enunciados propriamente ditos em linguagens naturais permanecem no domínio da pesquisa, apesar dos

grandes avanços científicos e técnicos (cf. Pierrel, 1987). Simplificando, pode-se dizer que os sistemas informáticos de reconhecimento vocal procuram comparar padrões de sinais sonoros (aos quais os homens associam uma significação, mas não o computador) a um conjunto de amostras de padrões pré-registados sob uma ou outra forma. Se a correspondência é suficiente em função de determinados critérios de proximidade, o padrão é reconhecido, caso contrário é recusado. A fiabilidade do sistema de reconhecimento depende das palavras a reconhecer que não devem ser «formas» muito próximas, e da variabilidade intralocutor que deve ser tão pequena quanto possível. A segunda condição é, na prática, difícil de obter, porque a emissão vocal humana é naturalmente variável e pode variar sob o efeito de numerosos factores, em particular factores emocionais. Resulta uma fiabilidade fraca com os utilizadores que têm vozes instáveis, mas a fiabilidade aumenta (até resultados superiores a 90%) com o treino.

Antes de qualquer reconhecimento, é necessário evidentemente constituir anteriormente a *base das palavras* a reconhecer, pronunciando cada palavra várias vezes, a fim de ter uma amostragem suficiente. Esta repetição é fastidiosa se a lista é grande. Há sistemas multilocutores, mas as suas performances não são muito elevadas. Enfim, último constrangimento, o meio deve ser pouco ruidoso ou necessita de um filtro (para certos tipos de barulho). Apesar de importantes limitações, algumas boas aplicações foram realizadas com sucesso, sendo algumas muito úteis (principalmente para pessoas deficientes).

A conclusão provisória é que estas técnicas, que não cessam de melhorar, poderão provavelmente, num futuro próximo, ser aplicadas em maior escala do que são actualmente, e os ergónomos devem estar atentos às possibilidades que elas oferecem para a comunicação homem-máquina.

As ligações entre a ergonomia e a Inteligência Artificial são múltiplas e recíprocas. A Inteligência Artificial (IA, abreviado) é uma parte integrante da informática, mas situa-se na ligação das ciências que tratam a inteligência humana, como a lógica, a psicologia, a linguística e a neurofisiologia. O seu objectivo não é, em primeiro lugar, explicar a estrutura e o funcionamento da inteligência humana, nem mesmo de a simular, mas construir sistemas informáticos capazes de realizar «algumas coisas» que só a inteligência humana sabe fazer, sem copiar o sujeito humano ou sem que nós sejamos capazes de modelizar perfeitamente os comportamentos humanos. É por isso que o domínio da IA é muitas vezes definido como o espaço dos problemas cuja solução não é algorítmica, mas heurística (os problemas que têm uma solução algorítmica são apenas uma pequena minoria dos problemas da vida corrente ou profissional).

A IA não tem como primeiro objectivo realizar uma simulação dos comportamentos inteligentes do homem (este objectivo pode ser o de alguns psicólogos utilizando a IA para as suas próprias investigações). A IA só toma o comportamento humano real como modelo se não existe melhor modelo para construir os programas. No entanto, é bom reconhecer que actualmente, para numerosas tarefas ou para a resolução de numerosos problemas além dos problemas numéricos, o modelo humano não tem concorrente superior. Por exemplo, não se sabe escrever programas capazes de compreender a linguagem natural ou capazes de fazer raciocínios de bom senso que tenham performances comparáveis às de qualquer humano. É o caso, em geral, para todos os problemas ditos de «não-decisão». Daí resulta que analisar e modelizar o comportamento humano com precisão é, para a IA, uma necessidade (nascida há anos, mas cada

vez mais reconhecida pelos especialistas da IA). Isto é particularmente verdade para as aplicações profissionais, para as quais se põe o problema difícil da metodologia de análise dos comportamentos operatórios, dos saberes e dos saber-fazer dos peritos. A realização de sistemas-periciais⁽²⁾, já evocados, é exemplar a este respeito. Os sistemas-periciais não constituem senão uma parte das aplicações da IA, mas de que não se fala muito. Os psicólogos sentem-se directamente atingidos, provavelmente porque estes programas realizam ou tentam realizar performances intelectuais de que até ao presente só o Homem é capaz ou porque a concepção dos sistemas-periciais necessitam de uma análise psicológica das actividades cognitivas dos peritos humanos.

O que a ergonomia pode trazer à IA é, antes, uma ajuda metodológica na análise do trabalho, por exemplo para a «extracção» e análise dos conhecimentos dos peritos quando se quer construir sistemas-periciais. Não se pode recolher de maneira fiável e exaustiva os conhecimentos dos melhores operadores tendo com eles unicamente uma conversa mesmo longa. Esta extracção exige o emprego de uma metodologia rigorosa, que decorre da metodologia experimental. No entanto, as técnicas clássicas do método experimental, tal como são utilizadas em psicologia e em ergonomia, não servem porque o perito não é um «sujeito» de laboratório como qualquer outro, porque os efectivos são reduzidos, porque os conhecimentos «mentais» são difíceis de explicitar, etc. É necessário identificar os peritos de modo objectivo (nem todos os operadores são peritos do seu domínio) e identificar nos peritos os bons comportamentos de perícia e os menos bons, identificar e filtrar os conhecimentos reais, latentes ou explícitos.

(²) No decurso da exposição oral, apresentamos o princípio e a estrutura informática de um sistema-pericial. Encontram-se sem dúvida numerosas exposições técnicas na literatura especializada.

Os psicólogos que pensam estar eles mesmos preparados para realizar a extracção dos conhecimentos de perícia têm, em minha opinião, algumas ilusões. Mas, por seu lado, muitos informáticos fazem mal em crer que podem eles mesmos, sem preparação metodológica adequada, realizar este trabalho de recolha, que necessita de uma boa prática de entrevistas individuais dirigidas numa perspectiva de análise cognitiva, a qual não tem muitos equivalentes. De facto, este é um objecto de pesquisa comum aos informáticos e aos psicólogos, e é necessário admitir modestamente que actualmente ainda não se passou do estado dos ensaios empíricos.

No entanto, supondo esta recolha convenientemente realizada, é necessário ainda representar os conhecimentos num formalismo adequado e construir os meios para verificar que os conhecimentos formulados neste formalismo não são alterados no curso da transformação. É desta vez um trabalho de lógica, que necessita de uma formação que os psicólogos não têm.

Enfim, suponhamos o sistema-pericial realizado. Um tal programa, que é uma ferramenta para ser utilizada por humanos, deve apresentar também as características ergonómicas requeridas para todo o *software* (funcionalidades, representações mentais implicadas, diálogos, códigos das alterações) e deve também apresentar algumas qualidades próprias, em particular fornecer uma explicação da perícia feita e, se possível, fornecer esta explicação numa linguagem adaptada ao utilizador. O sistema-pericial deve também ser capaz de evoluir, de se aperfeiçoar (aquisição de novos conhecimentos resultado das perícias precedentes ou introduzidas pelos utilizadores), de se corrigir se necessário (manutenção da coerência da base de conhecimentos, supressão dos conhecimentos errados, etc.). Gostar-se-á igualmente que os diálogos se façam numa linguagem tão natural quanto possível, na impossibilidade de poder ser realmente na língua natural do utilizador sem restrições. Pode-se

constatar que actualmente a maior parte dos sistemas-periciais são caracterizados por uma ergonomia muitas vezes deficiente.

Enfim, a última etapa onde a ergonomia poderá ser útil na avaliação do sistema-pericial junto dos utilizadores, como se deve fazer para qualquer outra ferramenta. Actualmente, esta avaliação é raramente feita com a metodologia rigorosa que se impõe.

Inversamente, a IA fornece já ou fornecerá um contributo esperado em matéria de melhoria ergonómica nas *interfaces* homem-máquina. Evocámos previamente o reconhecimento da palavra, precisando que não se trata ainda neste momento de compreensão, mas os estudos sobre a compreensão progridem e é já possível prever diálogos em linguagem natural restrita, mesmo que as restrições sejam ainda importantes. Os desenvolvimentos em matéria de reconhecimento de imagens podem permitir igualmente novos conceitos de *interface* homem-máquina muito diferentes dos conceitos actuais.

A IA pode dar uma ajuda apreciável aos programadores para a escrita e teste dos programas. No mesmo espírito, a IA pode dar assistência (os sistemas-periciais são um exemplo) a tarefas intelectuais complexas, naquelas em que o operador se encontra confrontado com informações muito numerosas ou muito complexas que um programa poderá inteligentemente seleccionar. A IA pode ser aplicada à assistência do operador na sala de controlo do processo, por exemplo, para efectuar uma filtragem «inteligente» dos alarmes e dos dados pertinentes para um dado problema ou para uma certa fase de trabalho, ou para facilitar o diagnóstico ou a tomada de decisão. Pode ser utilizada para melhorar a apresentação das informações, substituindo, por exemplo, uma estamperia simbólica por valores numéricos (em física qualitativa principalmente).

A robótica, enfim, que em parte está em intercepção com a IA (reconhecimento de formas, ajustamentos para deslocamentos

em terrenos desconhecidos, diagnósticos de sistemas inacessíveis, etc.), oferece também problemas novos e apaixonantes para a ergonomia, principalmente em matéria de controlo de *robots* autónomos ou telemanipuláveis.

6 — A CONDUTA INFORMATIZADA DE PROCESSO

A fabricação do tipo processo, contínuo ou não (há numerosos exemplos em química e petroquímica, mas também em metalurgia e em siderurgia ou nas centrais de electricidade), é geralmente regulada por um sistema informático que toma conta dos controlos de regulação, mas que deixa ao operador uma parte importante do trabalho de vigilância e de regulação. A maior parte das vezes, o conjunto da unidade de produção (ou uma parte importante) é supervisionada e comandada a partir de postos informatizados agrupados numa sala de controlo onde as informações e os comandos relativos a esta supervisão e a este controlo estão centralizados. A ergonomia do trabalho em salas de controlo oferece um exemplo típico duma ergonomia respeitando ao mesmo tempo os materiais, o meio físico, o *software*, a organização do trabalho e a assistência cognitiva que a informática pode oferecer aos operadores. A intervenção ergonómica é muitas vezes uma ergonomia de concepção: cria-se uma nova sala, muda-se o equipamento informático ou modifica-se fortemente o procedimento.

Os materiais duma sala de controlo de processo são constituídos por um conjunto de terminais que são relativamente específicos no plano informático e no plano das interfaces. Entretanto, a própria intervenção ergonómica é bastante clássica neste nível. Importa dizer que a escolha dos materiais informáticos está aqui estreitamente ligada ao tipo de sistema de regulação e que este facto depende muito mais das especificações

técnicas da unidade de produção (tipo de procedimento) que de características ergonómicas.

Os três pontos principais da intervenção do ergónomo são a implantação física da sala de controlo, a configuração sinóptica de visualização e a assistência cognitiva do operador.

A implantação física duma sala de controlo apresenta uma multiplicidade de factores e de constrangimentos a tomar em conta. Os pontos principais centram-se na arquitectura geral da sala, na localização óptima dos postos, nos acessos e nas vias de deslocação das pessoas, nas disposições, na iluminação, na regulação térmica, no mobiliário e nos assentos, nas cores do mobiliário, das paredes, do solo e do tecto, etc. Tudo isto constitui a ergonomia clássica.

Um ponto que interessa particularmente o psicólogo ergonomista são os sinópticos apresentados nos terminais. Os «sinópticos» são qualquer espécie de pequenas janelas pelas quais os operadores vêem e têm a representação de toda a instalação que estão encarregados de controlar. De um ponto de vista ergonómico, é necessário distinguir o nível da superfície da interface homem-máquina (grafismo nos écrans, cores, esquemas, caracteres, códigos, abreviaturas, etc.) e o nível cognitivo mais profundo constituído pela abstracção de representações figuradas, a coerência do vocabulário, a significação das cores e a sua discriminabilidade. Esta distinção de nível representa de qualquer modo a diferença entre a sintaxe e a semântica de um sistema de comunicação.

Consoante o tipo de instalação a dirigir, o tipo de informações que devem ser tratadas, os hábitos anteriores dos operadores e sobretudo o tipo de operações a fazer, os sinópticos podem ser muito diferentes uns dos outros. Não há certamente uma e uma só solução de sinópticos «ergonómicos», de tal modo as diferenças de factores a considerar podem ser grandes, mas há sempre um método a seguir para obter uma solução

ótima. (Obra prática a consultar: Danielou, 1986.)

A assistência do operador da sala de controlo está talvez ainda pouco desenvolvida. Pensa-se evidentemente, em primeiro lugar, nos contributos potenciais da inteligência artificial de que falámos. Com efeito, existem já, por exemplo, alguns sistemas periciais cujo objectivo é explicitamente realizar algumas tarefas de diagnóstico ou de tomada de decisão. Este é, provavelmente, um dos terrenos potenciais de aplicação da inteligência artificial onde o progresso poderá ser rápido nos próximos anos, mas ainda será preciso esperar algum tempo para que estes sistemas estejam verdadeiramente operacionais, nos casos onde a sua utilidade for demonstrada.

Não é seguro que a via a seguir seja a da substituição completa do operador, que geralmente executa bem ou muito bem o trabalho de controlo e de regulação, e que não se está perto de o saber substituir eficazmente por uma máquina. Pelo contrário, uma assistência inteligente ao operador para as tarefas que apresentam a necessidade de escolher um grande número de informações num tempo curto antes de tomar uma decisão, poderá ser tratar ou escolher previamente estas informações pelo computador, o diagnóstico final e sobretudo a decisão final permanecem no operador humano.

Em conclusão, terminarei pelo ponto em que mais tenho insistido: em ergonomia informática, como em qualquer outro domínio de ergonomia, *não há nunca uma solução ergonómica universal*. A solução que fez maravilhas aqui pode muito bem revelar-se lamentável noutro lado, mesmo se as condições são aparentemente pouco diferentes. A optimização ergonómica só é obtida no fim da aplicação de uma metodologia de análise, passando em revista o conjunto dos factores definindo a situação do trabalho, sob os

critérios aos quais a ergonomia liga alguma importância, e não por um «check-list» de normas ou de receitas milagrosas.

Para os psicólogos, a ergonomia cognitiva é uma oportunidade a escolher, não só para aplicar nos terrenos concretos os conhecimentos resultado das investigações científicas, mas também para colocar as bases de problemáticas de investigações originais.

Para aqueles que estão interessados mais especialmente pela ergonomia da informática, é claro que este sector em desenvolvimento oferece possibilidades interessantes tanto para a investigação como para a aplicação, de maneira muito diversificada. Uma formação informática complementar é vivamente desejável.

BIBLIOGRAFIA

- DANIELLOU, F. (1986). *L'opérateur, la vanne, l'écran*. Montrouge: Éditions de l'ANACT, coll. Outils et Méthodes.
- NORMAN, D. A. (1987). *User centered system design*. Hillsdale: Erlbaum.
- NORMAN, D. A. (1987). *Design principles for human-computer Interfaces in Applications of Cognitive Psychology*, Hillsdale: Erlbaum.
- PAVARD, B. (1987). *Métaphores, analogie et conception de postes informatisés*, in *L'ergonomie des logiciels*, pp. 63-67, Cahiers d'Entreprise n.º 4, La Documentation Française.
- PIERREL, J.-M. (1987). *Dialogue oral homme-machine*, Paris: Hermès.
- SCAPIN, D. L. (1986). *Guide ergonomique de conception des interfaces Homme-Machine*, rapport INRIA N.º 77, Rocquencourt.
- SENACH, B. (1987). *Intelligence des logiciels d'aide à utilisation et modélisation de l'activité des opérateurs*, in *L'ergonomie des logiciels*, pp. 77-79, Cahiers d'Entreprise n.º 4, La Documentation Française.
- SHNEIDERMAN, B. (1987). *Designing the user-interface*, Addison-Wesley, Reading (USA).
- SPERANDIO, J. C. (1987). *Introduction à l'ergonomie des logiciels*, in *L'ergonomie des logiciels*, pp. 15-21, Cahiers d'Entreprise n.º 4, La Documentation Française.

- SPERANDIO, J. C. (1987). *L'ergonomie du travail informatisé*, in *Traité de Psychologie du Travail*, Levy-Leboyer et Sperandio, ch. VIII, Paris: P.U.F.
- SPERANDIO, J. C. (1988a). *L'ergonomie du traitement de la parole par ordinateur*, in *La parole et son traitement automatique*, ch. VI. Paris: Masson, coll. Technique et Scientifique des Télécommunications.
- SPERANDIO, J. C. (1988b). *L'ergonomie du travail mental*. Paris: Masson (édition révisée).
- SPERANDIO, J. C. & DESSAIGNE, M. F. (1988). *Une comparaison expérimentale entre modes de présentation visuels ou auditifs de messages d'informations routières à des conducteurs automobiles*, *Le Travail Humain*, vol. 3.
- SPERANDIO, J. C. & LETANG-FIGEAC, C. (1986). *Simulation expérimentale de la synthèse vocale en dialogues oraux de communication Homme-Machine*, Papport IRAP/CNRS, Greco n° 39.
- WISNER, A. (1987). *Préface*, in *L'ergonomie des logiciels*, pp. 15-21, Cahiers d'Entreprise n° 4, La Documentation Française.