



HAL
open science

**Donner à voir, permettre d'agir. L'invention de
l'interactivité graphique et du concept d'utilisateur en
informatique et en télécommunications en France
(1961-1990)**

Benjamin G. Thierry

► **To cite this version:**

Benjamin G. Thierry. Donner à voir, permettre d'agir. L'invention de l'interactivité graphique et du concept d'utilisateur en informatique et en télécommunications en France (1961-1990). Histoire. Paris-Sorbonne (Paris 4), 2013. Français. NNT : . tel-03814761

HAL Id: tel-03814761

<https://theses.hal.science/tel-03814761>

Submitted on 14 Oct 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITE PARIS-SORBONNE (PARIS IV)
ECOLE DOCTORALE D'HISTOIRE MODERNE ET
CONTEMPORAINE

THESE

pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE PARIS-SORBONNE (PARIS IV)

Discipline : Histoire contemporaine
présentée et soutenue publiquement par

M. BENJAMIN THIERRY

le 10 décembre 2013

DONNER A VOIR, PERMETTRE D'AGIR.

**L'INVENTION DE L'INTERACTIVITE GRAPHIQUE
ET DU CONCEPT D'UTILISATEUR EN
INFORMATIQUE ET EN TELECOMMUNICATIONS
EN FRANCE (1961-1990)**

Directeur de thèse : Pr. Pascal GRISET

JURY

M. Alain BELTRAN, Directeur de recherche au CNRS
M. Christophe LECUYER, Professeur à l'Université Pierre et Marie Curie
Mme Cécile MEADEL, Professeur à l'Ecole des mines ParisTech
M. Pierre MUSSO, Professeur à l'Université de Rennes II et à Télécom ParisTech
Mme Adeline WRONA, Professeur au Celsa (Université Paris-Sorbonne)

Tables

TABLES	1
REMERCIEMENTS	18
INTRODUCTION	20
<i>Etat de l'art.....</i>	21
De l'histoire des techniques à l'histoire de l'innovation	21
L'histoire de l'informatique et des réseaux	23
Un entre-deux négligé : l'interface homme-machine	25
Un objet technique hybride	26
<i>Définition de l'approche et questionnements</i>	27
La construction de l'utilisateur, fil rouge de l'histoire des interfaces homme-machine.....	27
<i>L'interactivité et les interfaces comme objets d'histoire.....</i>	28
<i>La prise en compte du rôle de l'utilisateur en sociologie et en histoire de l'innovation.....</i>	29
Un objet d'histoire transversal	32
<i>Par delà les limites disciplinaires.....</i>	32
<i>Naissance et développement de l'interactivité.....</i>	33
<i>Articuler contextes national et international.....</i>	34
<i>Le périmètre de liberté de l'utilisateur</i>	34
<i>Archives utilisées et itinéraire proposé</i>	35
Présentation des sources utilisées	35
<i>Une place particulière de l'iconographie et des archives numériques</i>	36
<i>La mémoire vive des témoins</i>	37
Itinéraire proposé	37
PARTIE I. DES SYSTEMES AVEUGLES AUX PREMIERS ECRANS INTERACTIFS : LA NAISSANCE DE L'UTILISATEUR (DE LA FIN DES ANNEES 1950 A LA FIN DES ANNEES 1970)	39
<i>Le Cautra, projet matriciel.....</i>	41
<i>La naissance de l'utilisateur et de l'interaction graphique.....</i>	42
<i>une chronologie centrée sur l'utilisateur.....</i>	42
<i>Le berceau de l'ergonomie de l'informatique</i>	43
<i>Une révolution copernicienne des rapports homme-machine</i>	44

<i>Vers le grand public</i>	45
CHAPITRE 1. DE LA NUMERISATION A LA VISUALISATION DU CIEL : L'IRRUPTION DE L'INFORMATIQUE AU SEIN DU CONTROLE AERIEN (1959- 1972)	46
I. La rencontre de l'informatique et du contrôle aérien.....	47
A. Un système technique sous contraintes	48
1. <i>Des contraintes de flux</i>	48
La massification du trafic.....	48
Les normes de sécurité.....	49
Le risque de paralysie	51
2. <i>Les outils du contrôle analogique</i>	52
Le strip	53
Le radar	56
3. <i>La tribu des contrôleurs du ciel</i>	57
B. Une solution : l'informatisation du contrôle	59
1. <i>Un visionnaire dans l'air du temps</i>	60
2. <i>Le Cena</i>	63
C. Une révolution copernicienne de la relation homme-machine	66
1. <i>De l'impossible automatisation à la coopération homme-machine</i>	66
2. <i>La rencontre avec les 'psychos'</i>	69
3. <i>Le facteur humain dans le contrôle aérien aux États-Unis</i>	72
II. Numériser et visualiser : les deux premières étapes de l'informatisation.....	74
A. La numérisation des données et l'exploration des raisonnements du contrôleur	76
1. <i>Du Plan de vol au plan de vol machine</i>	76
2. <i>Représentation du trafic et détection de conflits. La construction du concept ergonomique de « contrôleur aérien »</i>	79
L'émergence de la notion de « représentation » du trafic.....	80
La détection de conflits	84
3. <i>La mémoire opérationnelle</i>	88
L'image opérative contre la <i>running memory</i>	90
L'étendue de la mémoire	94
L'organisation du contenu mémorisé.....	96
B. L'image radar : pivot du projet d'informatisation	98
1. <i>Une innovation attendue</i>	98

2. <i>La numérisation des données radar</i>	100
3. <i>Extraire l'information et la corrélérer : une information juste et précise</i>	105
C. De l'image numérisée à l'image augmentée.....	108
1. <i>La naissance des étiquettes</i>	108
2. <i>Les premiers travaux d'ergonomie sur les représentations synthétiques</i>	110
3. <i>Des réactions positives</i>	112
III. Une grammaire graphique pour le contrôle aérien.....	113
A. Les apports de la visualisation synthétique	114
1. <i>Productivité et normes de sécurité</i>	114
2. <i>Une déstabilisation organisationnelle et cognitive</i>	115
B. Un développement « human centered », un utilisateur accompagné.....	117
1. <i>Le rôle de l'utilisateur dans la mise en place de l'innovation</i>	117
2. <i>Visualisation synchrone et asynchrone</i>	119
C. Une ergonomie du visuel	121
1. <i>Un nouveau codage de l'information</i>	121
La pratique du doute	122
Routes et balises.....	124
2. <i>Le calibrage de l'image radar</i>	126
Matérialisation de la position passée ou future des appareils	127
Les étiquettes et le risque de surcharge informationnelle.....	129
3. <i>Micup et la formation</i>	132
De la formation analogique « sur le tas » à MICUP	133
<i>La formation initiale à l'Enac</i>	133
<i>La simulation et la progressivité</i>	134
La formation au radar.....	137
CHAPITRE 2. L'INVENTION DE L'INTERACTIVITE ET DE L'UTILISATEUR ...	142
I. L'invention de l'interactivité ou la naissance de l'utilisateur	143
A. Une interaction initialement collective.....	144
1. <i>Une informatisation en avance sur son temps</i>	146
2. <i>L'interactivité dissociée, première étape de l'autonomisation du</i> <i>contrôleur face au calculateur</i>	149
La télévision asservie.....	150
Des claviers en position de contrôle	153

3. <i>Panne et mobilisation sociale : la fin de l'expérimentation des claviers en position de contrôle</i>	155
B. Le Digitatron : l'interactivité individualisée.....	157
1. <i>Pourquoi le Digitatron ?</i>	158
2. <i>Fonctionnement</i>	164
Un écran tactile	164
Le dialogue et ses méandres	166
3. <i>Une visualisation adaptée à l'interactivité</i>	169
C. Encadrement des pratiques et gestion de l'erreur humaine et technique.....	170
1. <i>Erreurs de composition</i>	170
2. <i>Erreurs de désignation et lisibilité</i>	172
Désignation	172
Lisibilité des caractères et des champs	173
Une IHM limitée	174
3. <i>Etablir la confiance entre l'homme et la machine : le dysfonctionnement et ses conséquences</i>	177
II. Des recherches marginales et marginalisées.....	182
A. « Du maçon et de la secrétaire ».....	183
B. Discrétion et marginalité à l'Iria.....	184
C. Par humanisme et par solidarité : les soutiens à l'ergonomie de l'informatique.....	190
1. <i>L'humanisme technique d'André Danzin</i>	190
2. <i>La « solidarité sainte de l'artisanat » au Cena</i>	194
3. <i>Une marginalité l'autre</i>	197
III. Le filet de sauvegarde.....	201
A. La coordination inter-secteur interactive.....	201
B. La genèse du filet de sauvegarde	205
1. <i>Des ambitions portées par l'exemple américain</i>	206
Le Système NAS et l'influence américaine	207
<i>La mise en place du système NAS et du CAS</i>	208
<i>Le rôle du contrôleur et l'absence de l'ergonome aux États-Unis</i>	209
Visualisations	213
2. <i>Le filet de sauvegarde</i>	214
La rigueur des données	214
<i>Les conditions de repérage du conflit et les limites du système</i>	215

Alerter et respecter	216
<i>Les expérimentations de 1976 et 1977</i>	216
<i>La visualisation dans l'anticollision</i>	217
L'ergonomie mis en périphérie ou le retour de l'automatisation.....	218
CHAPITRE 3. LA DIFFICILE PRISE EN COMPTE DE L'UTILISATEUR DE L'INFORMATIQUE (SECONDE MOITIE DES ANNEES 1970)	220
I. L'accélération de l'informatisation et le « virage vers l'utilisateur »	222
A. La multiplication des écrans	222
1. <i>La percée des écrans et de la bureautique</i>	223
La logique du nombre	223
Les usages	225
2. <i>Entre attentes, déceptions et craintes</i>	229
3. <i>L'Iria, acteur de l'informatisation de la société</i>	234
4. <i>Le rôle du livre blanc du CCRI</i>	237
B. L'ergonomie, discipline en cours de structuration	244
1. <i>La Self et la promotion d'une ergonomie « francophone »</i>	245
Une naissance américaine	246
Des filiations européennes	250
2. <i>Une rénovation francophone sous influence américaine : une ergonomie de l'esprit et des tâches invisibles</i>	253
Des influences américaines multiples	253
Une volonté d'entre soi	255
3. <i>Une ergonomie des corps qui perdure</i>	257
Physiologistes et médecins du travail	258
Entre laboratoire et terrain	260
Une ergonomie cognitive de l'informatique toujours isolée.....	261
II. Des réponses nouvelles	264
A. Des chantiers neufs pour l'équipe d'ergonomie de l'Iria : entre anciennes méthodes et nouvelles problématiques	265
1. <i>La supervision de processus</i>	265
L'incontournable étude diagnostique.....	267
La résolution de conflits et la prévention des incidents	269
L'enjeu de la formation.....	270
2. <i>De nouveaux enjeux et de nouveaux terrains</i>	272
La communication entre opérateurs	272

Le dialogue au terminal	273
La programmation.....	275
B. La « burotypique », objet charnière et sans lendemain	277
1. Du bureau automatisé au bureau informatisé.....	279
2. L'influence américaine en matière de régime d'interaction	284
3. Les « non-informaticiens » ancêtres du « grand public » ?	287
Conclusion : la naissance d'un humanisme technique ?	291
PARTIE II. L'INVENTION DE L'INTERACTIVITE GRAND PUBLIC (1978-1984).....	296
<i>La télématique, la rencontre de l'informatique et des télécommunications.....</i>	298
<i>Une histoire nationale des prémices.....</i>	299
<i>Le facteur humain au cœur du processus d'innovation.....</i>	301
<i>Concepteurs, utilisateurs et affordances des dispositifs.....</i>	303
<i>Une chronologie des interfaces</i>	305
CHAPITRE 4. L'ENTREE EN SCENE DU « GRAND PUBLIC ».....	307
I. 1978, annus mirabilis	309
A. L'informatisation et les télécommunications : un mariage de raison.....	310
1. Le rapport Nora-Minc et « l'informatisation de la société »	310
2. La télématique, fille du rattrapage téléphonique et de la téléinformatique	312
3. Antiope et le vidéotex.....	314
4. Le contexte international aiguillonne la recherche française.....	318
B. Equiper le grand public.....	319
1. Le grand public, notion prétexte.....	320
Antiope contre Tic-Tac : devenir un service grand public, gage de succès.....	322
Le télécopieur grand public et l'émergence du client « grand public ».....	328
2. Convivialité et facilité d'emploi.....	330
Un slogan	330
Un dispositif et un objectif paradoxal	331
De l'annuaire imprimé à l'annuaire numérisé : l'établissement d'un objet-référence et d'un motif pour l'informatisation.....	332
II. Un écran interactif pour tous	337
A. Donner à voir : l'écran du terminal Annuaire Electronique	338
1. Un écran en cours de définition.....	339

Un écran de taille variable	339
Normes d'affichage.....	340
Zones de l'écran.....	342
<i>2. Lisibilité et form factor</i>	<i>343</i>
La lisibilité des écrans.....	343
Le form factor	345
Les recommandations de Bertin Ergonomie en matière de form factor	346
<i>3. L'irruption de la question de la métaphore.....</i>	<i>349</i>
B. Permettre d'agir : les dialogues homme-opérateur.....	350
<i>1. Un dialogue « naturel » et « conversationnel ».....</i>	<i>351</i>
Types de dialogues.....	352
Premiers tests de dialogues	355
<i>2. Le poids des usages antérieurs</i>	<i>356</i>
La recherche de particuliers et de professionnels.....	356
Le particulier est un professionnel comme les autres	357
<i>3. « Dessiner les dialogues »</i>	<i>358</i>
<i> La composition des pages, géographie nouvelle de l'information sur écran.....</i>	<i>359</i>
<i> La notion de champs.....</i>	<i>359</i>
<i> Touches de fonction.....</i>	<i>360</i>
C. Lent ou rapide, familier ou débutant.....	365
CHAPITRE 5. AU RISQUE DE L'UTILISATEUR. LES EXPERIMENTATIONS DE LA	
TELEMATIQUE	370
<i> Entre spectacle, innovation sociale et marketing.....</i>	<i>372</i>
<i> Le facteur humain à l'honneur</i>	<i>377</i>
I. La mise en place des expérimentations.....	379
A. Deux expérimentations complémentaires.....	379
<i> 1. Les expérimentations bretonnes et la définition du régime d'interactivité</i>	<i>..... 380</i>
<i> 2. Télétel 3V, creuset des services</i>	<i>382</i>
<i> 3. Les acteurs de l'expérimentation.....</i>	<i>383</i>
CCETT, Cnet et équipes-projets, les maîtres d'œuvre	383
L'Office d'Annonces, le médiateur	385
Les agences de communication et de conseil, les mercenaires.....	386
Les ergonomes, les oubliés ?	387
B. Le préalable de l'acceptabilité	389

1. <i>La recherche de l'acceptabilité et les relations avec la presse</i>	392
La guerre de l'opinion	394
Sondage contre expérimentation	396
2. <i>Convaincre</i>	398
C. Construire l'utilisateur ou la question des panels	401
II. La stabilisation du régime d'interactivité autour de l'Annuaire Electronique	406
A. La première rencontre de l'utilisateur et du terminal	407
1. <i>Le dialogue « Saint-Malo »</i>	408
2. <i>Des résultats décevants et un rapport secret</i>	411
<i>Les touches de fonctions</i>	412
<i>Fautes de frappe et imprécisions</i>	413
<i>La rapidité de la recherche</i>	414
3. <i>Un contexte politique et médiatique difficile</i>	416
B. Ecrans et dialogues	420
1. <i>Un régime d'interactivité amélioré après Saint-Malo</i>	421
« On ne parle pas à sa machine à laver ! » : la formulation des messages et consignes ...	421
Proximités sémantiques des touches de fonction	424
2. <i>L'expérimentation 1000 abonnés et ses conséquences en matière d'interactivité</i>	428
3. <i>Un régime d'interaction stable et matriciel</i>	433
C. Les dissonances du clavier	435
1. <i>Des lectures erronées des capacités du grand public</i>	435
2. <i>L'ergonomie du clavier</i>	436
3. <i>Dépasser l'alternative azerty ou alphabétique</i>	440
III. L'harmonisation des services et l'encadrement des usages	444
A. Télétel 3V, berceau des services	445
1. <i>Une offre pléthorique de services</i>	445
2. <i>Une géographie interactive en construction</i>	452
La page, le champ, le curseur et le pavé	452
La structure des services	454
Aide papier, aide on-line et phonétisation	455
B. L'harmonisation des services	457
1. <i>Le Rôle de l'ODA</i>	457
2. <i>La lisibilité et les couleurs</i>	461

CHAPITRE 6. USAGES ET USAGERS DE LA TELEMATIQUE GRAND PUBLIC...466

I. Le panoptique télématique	467
A. Les outils de suivi	468
1. Réunions et questionnaires	468
2. Les campagnes de sondage.....	470
3. Les mesures automatiques	470
4. Laisser les utilisateurs tranquilles ?	471
B. La quantification des usages	473
1. Un média de masse, mais de consultation ponctuelle	473
2. Des services diversement appréciés	475
3. Le cœur de cible : familles de cadres avec enfants.....	479
II. Classer, catégoriser et contrôler : usages de la télématique et figures d'utilisateurs... 480	
A. Qui est l'utilisateur ?	482
1. Défricheur, innovateur... les types d'utilisateurs	482
Des catégories prescriptives.....	482
Les angoisses collectives	483
2. Entre fragmentation des rôles et consensus	488
Une appréciation globalement positive.....	491
La facilité d'emploi et la facilité d'accès : le succès de l'interface	492
B. Des pratiques nouvelles	494
1. De nouvelles formes de lecture ?	494
2. Le processus d'apprentissage de la télématique	497
3. Utilisateurs leaders.....	498
Conclusion.....	500
<i>Une deuxième étape dans l'informatisation de la société</i>	<i>501</i>
<i>Acteurs, usagers ou utilisateurs ?</i>	<i>503</i>
<i>L'interface du Minitel, vélo ou tricycle ?</i>	<i>504</i>

PARTIE III. LE TRIOMPHE DE L'INTERFACE GLOBALE (1983-1990).....505

CHAPITRE 7. L'AUTONOMISATION DES USAGES ET DES UTILISATEURS DE LA MICRO-INFORMATIQUE PERSONNELLE (1978-1983)509

I. Les nouveaux visages de l'utilisateur de la micro-informatique	511
A. Entre professionnels et particuliers	514

1. <i>La presse micro-informatique</i>	515
2. <i>Les associations d'usagers et d'utilisateurs</i>	516
3. <i>Les salons et les magasins</i>	521
Salons et expositions.....	522
Magasins	524
B. Un passe-temps technique	526
1. <i>Le « hardman » : l'amateur bricoleur</i>	526
Formation et outillage non obligatoires, mais fortement recommandés.....	527
Une ouverture relative aux débutants	528
2. <i>Le « softman », l'amateur programmeur</i>	531
Au plus près de la machine, l'assembleur.....	531
Le Basic, « Le roi des langages »	532
La circulation de l'information	534
La place des calculatrices programmables.....	535
II. L'espoir d'une libération technique de l'utilisateur.....	536
A. Un renouveau du messianisme technique.....	537
1. <i>La métaphore religieuse</i>	538
2. <i>L'expérience du sacré</i>	540
B. Une libération de l'utilisateur ?	541
1. <i>Les grandes peurs perdurent</i>	542
La participation de l'utilisateur	543
Résistances et refus	545
2. <i>La libération par la micro-informatique ?</i>	552
Technophilie	553
Technophobie et néo-luddisme	555
C. Concilier élitisme et ouverture.....	557
1. <i>Elitisme technique</i>	558
2. <i>L'ouverture aux débutants</i>	559
Le parcours initiatique du débutant.....	560
Le rôle ambigu des revues et des clubs.....	562
III. L'enfant-programmeur	565
A. Le rêve de l'élève-programmeur	565
1. <i>L'expérience des 58 lycées et la naissance d'une réflexion autour de l'informatique scolaire</i>	565

2. « 10 000 micros »	567
B. À la maison et dans les clubs	571
1. <i>Petit programmeur deviendra grand</i>	571
2. <i>L'obsession de la performance</i>	573
Conclusion : vers l'interface graphique ?	575
<i>L'amateur éclairé et sa culture</i>	575
<i>Une micro-informatique aveugle</i>	576
CHAPITRE 8. L'EMERGENCE DE L'INTERFACE UNIQUE (1983-1987).....	578
<i>Une ethnologie historique de l'interactivité</i>	579
<i>Une interface pour les gouverner toutes</i>	580
I. Un marché et des publics en évolution au milieu des années 1980	581
A. Un marché et des publics en mutation	581
1. <i>L'émergence de la micro-informatique familiale</i>	582
Un marché mature	582
Un déficit de logiciels	585
2. <i>Un nouveau public ?</i>	586
La porosité entre professionnels et particuliers	587
Usages et usagers de la micro-informatique personnelle domestique	588
Des usages en devenir	589
3. <i>Les espaces d'échange et de découverte</i>	591
Une presse partisane ?	591
<i>Développer le lien avec les lecteurs</i>	591
La micro-informatique à la télévision	593
Des clubs tournés vers l'initiation	594
<i>Les débutants</i>	594
<i>Les clubs, relais de la communication des marques</i>	595
B. De la ligne de commande aux interfaces textuelles	596
1. <i>Touches de fonction et lignes de commande</i>	597
2. <i>Consignes et arborescences</i>	599
Manuels et notices	600
3. <i>Absence de routine d'utilisation</i>	601
C. Entre-deux	602
1. <i>Thomson et le crayon optique</i>	602
2. <i>Progiciels sans métaphore</i>	603

II. L'interface graphique Wimp, nouveau paradigme dominant de l'interaction homme-machine	604
A. Naissance outre-Atlantique du paradigme Wimp.....	606
1. <i>De NLS au Xerox Star, un décentrement de perspective</i>	607
2. <i>Lisa et Macintosh et leurs interfaces graphiques</i>	612
B. Une homogénéisation progressive	614
1. <i>L'ordinateur pour tous</i>	614
2. <i>Le succès de la souris</i>	616
Un outil d'encadrement de l'utilisation	617
La multiplication des rongeurs.....	621
III. Un régime d'interaction global.....	623
A. La métaphore du bureau	624
1. <i>Une multiplication des « intégrés » et des « environnements graphiques »</i>	625
2. <i>Apple contre GEM et l'émergence du modèle Windows</i>	628
B. Une interface universelle ?	631
1. <i>Le rôle central du traitement de texte dans l'adoption du paradigme Wimp</i>	631
Métaphores incomplètes	632
« What you see is what you get »	635
2. <i>Professionnels et particuliers</i>	636
3. <i>Un effet d'entraînement</i>	638
CHAPITRE 9. LA FRANCE FACE A L'HEGEMONIE DE L'INTERFACE UNIQUE (1987 – DEBUT DES ANNEES 1990).....	644
I. Concurrences et complémentarités interactives	646
A. Une interactivité des relations textuelles	650
B. Hybridations et usages interactifs nouveaux	654
1. <i>La trahison des puristes</i>	654
2. <i>Le minitel face au micro-ordinateur</i>	656
3. <i>Le refuge de l'amateur éclairé : l'hybridation du Minitel et du Micro-ordinateur</i>	657
C. De nouveaux espaces de rencontre	659
1. <i>Echanges et piratages</i>	660
2. <i>L'âge d'or des fanzines</i>	663

II. Phénoménologie de l'expérience informatique dans la seconde moitié des années 1980	666
A. Limitations et bug.....	667
1. <i>Limitations ou encadrement ?</i>	668
2. <i>Bugs</i>	671
B. Nouveaux paysages interactifs	675
1. <i>Fragmentation</i>	677
2. <i>Apprentissages et ultimes homogénéisations</i>	680
III. Des grands systèmes à la normalisation : l'ergonomie française face à l'hégémonie des interfaces Wimp	682
A. Une ergonomie des recommandations.....	683
1. <i>L'ergonomie de la programmation</i>	684
2. <i>Des réponses nouvelles face à la profusion des interfaces</i>	686
Mutation de l'économie de l'informatique	687
Un intérêt renouvelé pour l'ergonomie de l'informatique.....	688
De l'étude de cas à la généralisation.....	691
3. <i>Les recommandations</i>	693
L'utilisateur novice	694
Les qualités d'une bonne interface	695
Des dialogues nouveaux et graphiques	696
B. La modélisation et la normalisation.....	697
1. <i>Méthode Analytique de description des tâches</i>	698
Un objet-frontière.....	702
2. <i>La postérité du formalisme Mad</i>	703
Le retour au contrôle aérien	703
3. <i>La normalisation</i>	705
CONCLUSION	709
L'interactivité et l'utilisateur comme objets d'histoire.....	709
<i>Rétablir un continuum entre conception et utilisation</i>	713
<i>Utilisateurs et usagers</i>	714
<i>La diversité des acteurs impliqués</i>	715
<i>Une voie française ?</i>	716
BIBLIOGRAPHIE ET ANNEXES	719

ÉTAT DES SOURCES CONSULTÉES	719
Inria Rocquencourt	719
Armoires	720
<i>Armoire 2</i>	720
<i>Armoire 3 et 5</i>	721
<i>Armoire 4</i>	722
<i>Armoire 6</i>	722
<i>Armoire 9</i>	722
<i>Armoire 11</i>	723
<i>Armoire 12</i>	723
<i>Armoire 21, 22 et 25</i>	726
<i>Armoire 23</i>	728
Cartons.....	728
Les Archives et Patrimoine Historique de France Telecom (APHT).....	730
Documentation historique	730
Cartons.....	734
Archives du CNET	735
Archives du CCETT	736
Archives Nationales	738
Télécommunications	739
Bureautique	739
Archives de la Société d’Ergonomie de langue française	740
Archives de l’IEA.....	746
Archives du Cena (en ligne).....	749
Archives personnelles.....	762
Archives personnelles d’André Bisseret	762
Généralités	762
Correspondance.....	763
Archives imprimées.....	763
Ouvrages publiés à valeur de sources.....	763
<i>Contrôle aérien</i>	763
<i>Ergonomie</i>	765
<i>Informatique et micro-informatique</i>	771

<i>Télécommunications</i>	774
<i>Bureautique</i>	775
Périodiques sur la micro-informatique	776
01 Informatique	776
Amiga News	778
Amstar	778
L'Atarien	780
La Commode	781
Echos Sinclair.....	781
Golden	781
Hebdogiciel	782
Informatique et Gestion.....	786
Led Micro	788
Microstrad	790
Microtom	790
L'Ordinateur Individuel	791
L'ordinateur de poche	792
Pom's.....	792
Science & Vie Micro	795
ST Magazine.....	799
Périodiques sur la télématique.....	801
Bulletin de l'Afutt	801
Bulletins de l'Idate	801
L'écho des Recherches.....	802
La lettre de Télétel.....	805
Réseaux	806
La Revue du Minitel.....	809
Télématique magazine.....	809
Périodiques sur la psychologie, l'ergonomie ou les interfaces homme-machine.....	810
Artificial intelligence.....	810
L'année psychologique.....	810
Applied Ergonomics.....	811

Bulletin du Cerp	811
Ergonomics.....	811
Journal of experimental psychology.....	812
Psychologie et éducation	812
Bulletin de psychologie	812
Revue de psychologie appliquée	813
Le Travail humain	813
Périodiques et quotidiens sur l'informatique et les télécommunications	813
Sources et articles en ligne	819
Collection personnelle de l'auteur.....	821
Iconographie.....	823
Entretiens.....	824
BIBLIOGRAPHIE.....	825
Histoire de l'innovation et des techniques	825
Histoire de l'innovation et des techniques généralités	825
Histoire de l'utilisateur et sociologie des usages.....	829
Histoire de l'informatique	836
Généralités.....	836
Bureautique	841
Micro-informatique	842
EAO.....	847
Histoire de l'aviation civile et du contrôle aérien	848
Ergonomie, histoire de l'ergonomie et des interfaces	850
Télécommunications et réseaux	859
Actes de colloque	868
SOURCES ET ICONOGRAPHIE REPRODUITES.....	875
TABLE DES ANNEXES	875
ANNEXES DE LA PARTIE I	880
ANNEXES DE LA PARTIE II	907
ANNEXES DE LA PARTIE III.....	959
INDEX	1005

Remerciements

« Il en est de la gratitude comme de toutes les autres vertus : c'est le cœur seul qui en fait le prix¹. »

La thèse de doctorat est probablement l'œuvre personnelle la plus collective qui soit. En effet, les efforts et les sacrifices qu'elle demande pendant plusieurs années impliquent famille et proches alors que les réflexions qui s'y développent doivent beaucoup aux amitiés intellectuelles nouées pendant son élaboration. Dans ces deux domaines, ma dette est immense.

Ma gratitude va en premier lieu à M. le Professeur Pascal Griset dont la bienveillance et l'attention constantes ont dépassé de beaucoup ce que l'on peut attendre d'un directeur de recherche. Elles m'honorent et m'obligent.

Je souhaite ensuite remercier celles et ceux qui, au sein du Centre de Recherche en Histoire de l'Innovation, ont permis au jeune chercheur de trouver la voie à suivre par leurs remarques, leurs conseils et leur exemple : Alain Beltran, Yves Bouvier, Léonard Laborie, Muriel Le Roux et Jean-Pierre Williot.

Mes plus sincères remerciements vont également tout naturellement aux acteurs de cette histoire qui ont accepté de me recevoir et d'ouvrir leur mémoire au regard de l'historien : Dominique Alvarez, Jean Bellec, André Bisseret, André Danzin, Annie Drouin, François Du Castel, Josiane Jouët, Marie-Pierre Laborne, Francis Kretz, Marie Marchand, Jacques Martin, Jean-Paul Maury, Eunika Mercier-Laurent, Jean-Yves Merrien, Najah Naffah, René Patesson, Mathilde Perrier, Alain Roussel, Daniel Sainthorant, Dominique Scapin, Suzanne Sébillotte, Christiane Schwartz et Jacques Villiers.

¹ Sénèque, *Des bienfaits*, livre IV, p. 239. (éd Charles Du Rozoir, 1833).

Je ne peux manquer de remercier tous les responsables et employés des différents fonds d'archives et bibliothèques qui m'ont accueilli, orienté, aidé. Claude Aubrie et Marie-Pierre Diquelou à l'Inria savent ce que je dois à leur patience et à la rigueur de leur travail. Merci à Michel Cottin d'Orange pour ses conseils avisés qui ont conduit à la découverte des archives du CCETT encore inédites. Merci à Irmine Vieira et à toute l'équipe des Archives de France Télécom ainsi que de la Bibliothèque des Postes et Télécommunications, à Jean-Marc Alliot pour avoir mis à ma disposition les archives du Centre d'Étude de la Navigation Aérienne, au personnel des archives départementales de Seine-Saint-Denis, des Archives Nationales du centre de Fontainebleau, de la Bibliothèque Nationale de France et du Conservatoire des Arts et Métiers.

Pour leur disponibilité, leurs encouragements et parfois par leur seule présence qui a su adoucir les duretés du travail et apaiser les doutes de l'écriture, merci à mes collègues et amis Alexandra Baudinault, Bertrand Pleven, Yann Calbérac, Anne-Sophie Molinié, Frédéric Bouvier, Stéphanie Le Gallic et au Professeur Alain Frugière. Merci également à Mathieu Flonneau, Arnaud Passalacqua, Sébastien Richez et Étienne Faugier.

Une place toute particulière est occupée par Valérie Schafer, indéfectible amie et relectrice infatigable à qui ce travail doit tant.

Enfin, pour ce qu'ils sont et pour leur patience infinie, merci à mes parents, à mon épouse ainsi qu'à Cosme et Antonin, toujours présents à mes pensées.

Introduction

« I have always wished for my computer to be as easy to use as my telephone; my wish has come true because I can no longer figure out how to use my telephone². »

Bjarne Stroustrup, 1990.

La place prise depuis une trentaine d'années par l'informatique dans nos existences est sans conteste l'un des plus éclatants exemples de la diffusion rapide d'une technologie devenue omniprésente. En effet, le lien étroit qui unit aujourd'hui l'individu contemporain à tous les dispositifs numériques qui l'entourent, parfois l'augmentent, lui permettent de créer, de communiquer ou de se divertir est probablement l'une des évolutions globales les plus importantes de la fin du siècle précédent et des premières années du suivant. Rien n'échappe plus aujourd'hui au numérique, nouvel « équivalent universel³ ».

Il n'en a pourtant pas toujours été ainsi. En effet, de la naissance des premiers calculateurs durant la Seconde Guerre Mondiale jusqu'à la toute fin des années 1970, l'informatique n'a rien d'une technologie du quotidien. Réservés à quelques usages spécifiques comme les sciences, le calcul balistique ou la gestion, les premiers ordinateurs n'ont que faire de l'homme de la rue, et réciproquement. Manipulés par des personnels triés sur le volet, ils entretiennent une distance avec le monde extérieur aux salles climatisées qui les nimbent de mystère.

² http://www.stroustrup.com/bs_faq.html#really-say-that

³ Au sens que Karl Marx donnait à l'expression pour désigner l'argent dans le premier tome du Capital (MARX Karl, *Le Capital. Livre I*, Presses universitaires de France, Paris, 2009, p. 27.).

Comment passe-t-on en moins d'une cinquantaine d'années d'une remarquable étrangeté à l'invisible banalité pour des dispositifs dont la complexification de fonctionnement a pourtant été exponentielle ? Par quelle ruse une machine deux mille fois plus puissante que celle qui a permis de calculer la trajectoire de la mission Apollo 11⁴ sert-elle aujourd'hui à taper ces quelques lignes ?

Etat de l'art

Un début de réponse peut être recherché dans les nombreux travaux dont l'informatique, associée ou non par la convergence avec les télécommunications dans la mise en réseau du monde, est devenue l'objet d'étude.

L'histoire de l'informatique et des réseaux est la benjamine d'un champ étendu que l'on résume souvent sous l'appellation d'histoire des techniques. Longtemps déconsidérée, l'histoire des techniques, malgré les vœux pieux des fondateurs de l'Ecole des Annales⁵ et en dépit des études pionnières de Maurice Daumas⁶ et de Bertrand Gille⁷ est restée jusqu'aux années 1980 une branche marginale de la recherche historique française⁸.

De l'histoire des techniques à l'histoire de l'innovation

Dans un article récent⁹ de la revue « Histoire, économie et société », Pascal Griset et Yves Bouvier retracent le parcours qui a néanmoins conduit à la rénovation de l'histoire

⁴ O'BRIEN Frank., *The Apollo guidance computer : architecture and operation*, Springer, New York, 2010, 439 p.

⁵ La revue des Annales propose en 1935 un numéro spécial sur l'histoire des techniques qui voit Marc Bloch et Lucien Febvre promouvoir un champ presque entièrement déserté par les historiens (Lucien Febvre, *Réflexion sur l'histoire des techniques*, *Annales d'histoire économique et sociale*, n°36, 1935, p. 531-535.)

⁶ DAUMAS Maurice, *Histoire générale des techniques*, Presses Universitaires de France, Paris, 1962, 5 volumes.

⁷ Gille Bertrand, *Histoire des techniques : technique et civilisations, technique et sciences*, Gallimard, Paris, 1978, 1652 pages.

⁸ Les raisons du divorce entre les élites et la technique a été maintes fois analysé pour expliquer le désintérêt des chercheurs en sciences humaines, mais également des élites politiques et intellectuelles (Flichy Patrice, *L'innovation technique : récents développements en sciences sociales, vers une nouvelle théorie de l'innovation*, Editions la Découverte, Paris, 2003, 250 pages ; Woronoff Denis, *Histoire de l'industrie en France : du XVIIe siècle à nos jours*, Editions du Seuil, Paris, 1994, 664 pages).

⁹ GRISET Pascal & Bouvier Yves, *De l'histoire des techniques à l'histoire de l'innovation. Tendances de la recherche française en histoire contemporaine*, in *Histoire, économie & société*, vol. 2, 2012, p. 29-43.

des techniques grâce à l'émergence de l'histoire de l'innovation initiée par François Caron au sein du CRHI¹⁰ de l'université Paris-Sorbonne à partir des années 1980. Ses nombreux travaux¹¹, depuis l'histoire des chemins de fer jusqu'aux synthèses de référence sur l'histoire économique du XXe siècle¹² et sur les processus d'innovation¹³ ont initié un mouvement de recherche pérenne et diversifié, résolument séparé de l'histoire « internaliste » et « technicienne » pratiquée alors¹⁴.

Appuyée sur de nouvelles sources dont celles des entreprises qui commencent à ouvrir leurs portes à l'historien, héritière d'une partie des méthodes de l'histoire économique¹⁵, l'histoire de l'innovation explore un terrain encore vierge et se structure autour de quelques grandes thématiques fédératrices : monographies d'entreprise¹⁶, histoire de l'énergie¹⁷, des transports¹⁸, du luxe¹⁹, de l'industrie²⁰ et des télécommunications²¹.

¹⁰ Centre de Recherche en Histoire de l'Innovation (UMR Irice).

¹¹ Sans volonté d'exhaustivité : Caron François, *Histoire économique de la France, XIXe-XXe siècles*, Armand Colin, Paris, 1981, 320 pages ; *Le résistible déclin des sociétés industrielles*, Perrin, Paris, 1985, 330 pages ; Caron François, *Histoire économique de la France : XIXe-XXe siècle*, Armand Colin, Paris, 1995, 451 pages ; *Histoire des chemins de fer en France*, Fayard, Paris, 1997, v. <1-2 pages.

¹² CARON François, *Les deux révolutions industrielles du XXe siècle*, Albin Michel, Paris, 1997, 525 pages.

¹³ CARON François, *La dynamique de l'innovation : changement technique et changement social, XVIe-XXe siècle*, Gallimard, Paris, 2010, 469 pages.

¹⁴ Citons dans le champ des télécommunications et de la télématicque l'exemple des travaux de François TRUCHET, ancien ingénieur du CNAM et du CNET dont la thèse de doctorat s'abreuve largement aux sources d'une expérience personnelle et d'une technique décrite dans ses moindres détails ou les travaux de Louis-Joseph Libois (Libois Louis-Joseph, *Genèse et croissance des télécommunications*, Paris, Masson, 1983, 415 p.).

¹⁵ BARJOT Dominique (sd.), *Où va l'histoire économique aujourd'hui ?*, *Historiens et Géographes* n° 380, 2002, 380 p.

¹⁶ BOUVIER Yves, *La Compagnie générale d'électricité : un grand groupe industriel et l'Etat. Technologies, hommes et marchés, 1898-1992*, Thèse de doctorat sous la direction de Pascal Griset, soutenue le 10 décembre 2005 à Paris IV Sorbonne ; BUSSIERE Eric., *Paribas, l'Europe et le Monde. 1872-1992*, Anvers, Fonds Mercator, 1992, 320 p. ; D'ANGIO Agnès, *Schneider et Cie et la naissance de l'ingénierie. Des pratiques internes à l'aventure internationale. 1836-1949*, Paris, CNRS Editions, 2000, 320 p. ; Le Roux Muriel, *L'entreprise et la recherche. Un siècle de recherche industrielle à Péchiney*, Paris, Institut d'histoire de l'industrie et Editions Rive Droite, 1998, 499 p.

¹⁷ BELTRAN Alain, *L'électrification de la région parisienne de 1878 à 1946*, Thèse de doctorat d'Etat, Université Paris IV Sorbonne, 1995, 1011 p. ; BELTRAN Alain & WILLIOT Jean-Pierre, *Le noir et le bleu. 40 ans d'histoire de Gaz de France*, Paris, Belfond, 1992, 333 p. ; WILLIOT Jean-Pierre, PAQUIER Serge (sd.), *L'industrie du gaz en Europe aux XIX^e et XX^e siècles. L'innovation entre marchés privés et collectivités publiques*, Bruxelles, Peter Lang, 2005, 603 p. ; WILLIOT Jean-Pierre., *Naissance d'un service public : le gaz à Paris*, Paris, Editions Rive Droite, 1999, 778 p.

¹⁸ BOUNEAU Christophe, Yves MACHEFERT-TASSIN, Girolami RAMUNNI, Laurence BADEL & Marie-Noëlle. POLINO, *Electricité et chemin de fer : cent ans de progrès ferroviaire en France par*

C'est en son sein qu'émerge l'histoire de l'informatique et des réseaux.

L'histoire de l'informatique et des réseaux

Du fait de l'ancienneté de ses objets d'analyse probablement, c'est l'histoire des télécommunications et en particulier des grands réseaux qui fait entrer l'histoire de l'innovation dans l'étude des technologies de la communication. La thèse de Pascal Griset intitulée « Les télécommunications transatlantiques de la France : entreprise, technologie et souveraineté, XIX^e-XX^e siècles » publiée en 1996 ou ses travaux sur le téléphone²², la recherche et l'industrie des télécommunications²³ ouvrent la voie.

Les premières publications en histoire de l'informatique apparaissent quant à elles au début des années 1980. Elles portent sur les matériels et les dimensions techniques à l'image des ouvrages de René Moreau²⁴ ou de Robert Ligonnière²⁵. C'est durant les années 1990²⁶ et 2000 qu'une histoire de l'innovation appliquée à l'objet neuf qu'est

*l'électricité : actes du colloque organisé par l'Association pour l'histoire des chemins de fer en France et par l'Association pour l'histoire de l'électricité en France (4e colloque de l'AHICF/10e colloque de l'AHÉF), Paris, Union internationale des chemins de fer, 17-19 mai 1995, Association pour l'histoire de l'électricité : Association pour l'histoire des chemins de fer en France, Paris, 1997, 521 pages ; CHADEAU Emmanuel, *Le rêve et la puissance. L'avion et son siècle*, Paris, Fayard, 1996, 437 p.*

¹⁹ DE FERRIERE Marc, *Christofle. Deux siècles d'aventure industrielle. 1793-1993*, Paris, Le Monde-Editions, 1995, 456 p.

²⁰ BELTRAN Alain & alii, *Des brevets et des marques. Une histoire de la propriété industrielle*, Paris, Fayard, 2001, 294 p. ; FRIDENSON Patrick, *Histoire des usines Renault, t. 1 : Naissance de la grande entreprise, 1898-1939*, Paris, Seuil, 1972, 359 p. ; ; HACHEZ-LEROY Florence, *L'aluminium français. L'invention d'un marché, 1911-1983*, Paris, CNRS Editions, 1999, 376 p. ; Pébereau Georges, GRISSET Pascal, *L'industrie, une passion française*, Paris, Presses Universitaires de France, 2005, 270 p.

²¹ GRISSET Pascal, *Les télécommunications transatlantiques de la France : entreprise, technologie et souveraineté, XIX^e-XX^e siècles*, Paris, Institut de l'Industrie, Rive droite, 1996, 735 p.

²² GRISSET Pascal, *Le développement du téléphone en France depuis les années 1950. Politique de recherche et recherche d'une politique*, in *Vingtième Siècle. Revue d'histoire*, vol. 24, n°1, 1989, p. 41-54. Citons également CARRE Patrice, *Un développement incertain : la diffusion du téléphone en France avant 1914*, in *Réseaux*, vol. 9, n°49, 1991, p. 27-44 ; BERTHO-LAVENIR Catherine, *Télégraphes et téléphones : de Valmy au microprocesseur*, Le livre de poche, Paris, 1981, 538 pages ; BERTHO Catherine, *Le réseau téléphonique de Paris 1879-1927*, in *Revue des Télécommunications*, n°58, 1986, p. 80-89.

²³ GRISSET Pascal, *Grands systèmes techniques et stratégie : les choix en matière de télécommunications intercontinentales dans le premier quart du XX^e siècle*, in *Flux*, vol. 12, n°26, 1996, p. 5-15.

²⁴ MOREAU René, *Ainsi naquit l'informatique : les hommes, les matériels à l'origine des concepts de l'informatique d'aujourd'hui*, Dunod, Paris, 1981, 222 p. pages.

²⁵ LIGONNIERE Robert, *Préhistoire et histoire des ordinateurs : des origines du calcul aux premiers calculateurs électroniques*, Robert Laffont, Paris, 1987, 356 pages.

²⁶ En 1988 a lieu le premier colloque consacré à l'histoire de l'informatique en France,

l'informatique se constitue. Les travaux menés par Pascal Griset²⁷, Alain Beltran²⁸, Christophe Lecuyer sur les Etats-Unis²⁹ ou encore Pierre-Eric Mounier-Kuhn³⁰ rompent avec les mémoires ou les ouvrages commémoratifs et font la part belle aux entreprises jusque-là délaissées au profit des seules structures publiques³¹.

Fille de son temps, l'histoire de l'innovation a enfin porté récemment son regard sur la convergence des télécommunications et de l'informatique avec des travaux qui mettent au centre de ses préoccupations les nouveaux réseaux à l'image de la thèse³² de Valérie Schafer publiée en 2012.

Hors de nos frontières, l'histoire de l'informatique et des télécommunications s'est également lancée depuis une vingtaine d'années dans une rénovation de ses objets et de ses méthodes. Aux Etats-Unis, elle est sans surprise très bien représentée au risque de parfois rester centrée sur la seule histoire nord-américaine, y compris lorsqu'elle aborde la question de la mise en place des réseaux mondiaux. Des colloques y sont organisés dès la fin des années 1970³³ et des institutions spécialisées voient le jour à la même période pour sauvegarder le patrimoine, notamment oral à l'image du Charles Babbage Institute de l'université du Minnesota fondé en 1979 par Erwin Tomash. Les revues spécialisées comme « Annals of the history of computing » font également leur apparition à cette période et les associations professionnelles ou académiques comme l'IEEE³⁴, la Business

²⁷ GRISSET Pascal, *Informatique, politique industrielle, Europe, entre Plan Calcul et Unidata*, Institut d'histoire de l'industrie, Editions Rive droite, Paris, 1998, 588 pages ; Griset Pascal, *Du 'temps réel' aux premiers réseaux : une entreprise rêvée, une informatique à l'épreuve du quotidien (des années 1960 au milieu des années 1970)*, in *Entreprises et Histoire*, n°60, 2010, p. 98-121.

²⁸ GRISSET Pascal & Alain Beltran, *Histoire d'un pionnier de l'informatique. 40 ans de recherches à l'Inria*, EDP Sciences, Paris, 2007, 287 pages.

²⁹ LÉCUYER Christophe, *Making Silicon Valley : innovation and the growth of high tech, 1930-1970*, MIT Press, Cambridge, 2006, 393 p.

³⁰ MOUNIER-KUHN Pierre-Eric, *Les premiers réseaux informatiques en France*, in *Entreprises et Histoire*, vol. 29, n°1, 2002, p. 10 à 20 ; Mounier-Kuhn Pierre-Eric, *L'informatique en France. De la seconde guerre mondiale au Plan Calcul. L'émergence d'une science*, Presses Universitaires de Paris-Sorbonne, Paris, 2010, 718 pages.

³¹ MOUNIER-KUHN Pierre-Eric, *Le traitement à façon : un survol historique*, in *Entreprises et Histoire*, vol. 40, n°3, 2005, p. 52-86.

³² SCHAFFER Valérie, *La France en réseaux (tome 1) La rencontre des télécommunications et de l'informatique (1960-1980)*, Nuvis, 2012, 384 pages.

³³ En 1978 notamment à Los Alamos

³⁴ IEEE Computer Society est fondée en 1946 dans l'orbite de l'American Institute of Electrical Engineers devenu par la suite l'Institute of Electrical and Electronics Engineers.

History Conference, la SHOT³⁵, ou le Massachusetts Institute of Technology se saisissent des problématiques historiques. En leur sein, des historiens de l'informatique comme Paul Ceruzzi³⁶, Janet Abbate³⁷, Manuel Castells³⁸ ou plus récemment Nathan Ensmenger³⁹ réfléchissent aux multiples interactions entre le contexte américain et la naissance des principales innovations en matière d'électronique, d'informatique et de réseaux dans la seconde moitié du XXe siècle.

Un entre-deux négligé : l'interface homme-machine

En dépit de ces nombreux travaux, un point aveugle subsiste. Il se trouve à la jonction de l'offre (recherche, industrialisation et commercialisation) et de la demande (utilisateurs, pratiques et représentations) qui constituent encore les deux parties d'une dichotomie commode pour penser les trajectoires de l'innovation, mais souvent sous l'aspect d'une opposition factice. En effet, dans la zone grise située à la croisée des pratiques prescrites et des pratiques réelles se trouvent un lieu de rencontre et de négociation entre concepteurs et utilisateurs des dispositifs numériques encore peu ou pas étudié : les interfaces homme-machine ainsi que leur conception et leur rôle de médiateur entre utilisateur et système technique.

A l'exception de quelques articles rédigés par des praticiens qui souhaitent jeter un regard rétrospectif sur leur domaine d'activité comme Michel Beaudouin-Lafon⁴⁰ qui revient sur « 40 ans d'IHM⁴¹ » ou Brad Myers, professeur au *Human Computer Interaction Institute* de la *Carnegie Mellon University*, dans son article « A brief history of

³⁵ The Society for the History of Technology

³⁶ CERUZZI Paul, *A history of modern computing*, MIT Press, Cambridge, 2003, 446 pages ; CERUZZI Paul, *Internet alley : high technology in Tysons Corner, 1945-2005*, MIT Press, Cambridge, 2008, 242 pages ; CERUZZI Paul, *Reckoners : the prehistory of the digital computer, from relays to the stored program concept, 1935-1945*, Greenwood Press, Westport, 1983, 181 pages.

³⁷ ABBATE Janet, *Inventing the internet*, MIT Press, Boston, 2000, 264 pages.

³⁸ CASTELLS Manuel, *High technology, space, and society*, Sage Publications, Beverly Hills, 1985, 320 pages ; CASTELLS Manuel, *Critical education in the new information age*, Rowman & Littlefield, Lanham, 1999, 176 pages ; CASTELLS Manuel, *The network society : a cross-cultural perspective*, Edward Elgar Pub., Cheltenham, UK ; Northampton, MA, 2004, xx, 464 pages.

³⁹ ENSMENGER Nathan, *The computer boys take over : computers, programmers, and the politics of technical expertise*, The MIT Press, Cambridge, 2010, 255 p.

⁴⁰ Professeur d'Informatique à l'Université Paris-Sud spécialiste des interactions homme-machine.

⁴¹ BEAUDOIN-LAFON Michel, 40 ans d'interaction homme-machine. Points de repères et perspectives (fichier pdf de l'auteur), in A la rencontre de l'interaction. Journée Asti 2001, 2001, p. 1-9.

human computer interaction technology » de 1998⁴², il n'existe pas encore de travaux consacrés à l'histoire des interfaces homme-machine.

Un objet technique hybride

Dans son sens le plus général, le terme d'interface désigne une limite ou une frontière au travers de laquelle peuvent circuler des informations entre deux éléments distincts. En informatique et en télécommunications, les interfaces homme-ordinateur permettent ainsi la communication entre la composante humaine et la composante informatique du système. Ces interfaces sont marquées au sceau d'une grande diversité. Elles regroupent d'abord l'ensemble des dispositifs matériels de production d'informations à destination de l'ordinateur comme les claviers et les systèmes de pointage (lightpen, trackball, souris⁴³), mais également imprimantes et écrans qui permettent de communiquer avec les utilisateurs. Loin de n'être qu'un ensemble de matériels, les interfaces regroupent également toutes les composantes logicielles impliquées dans la mise en scène de cette communication.

Etant donnée la variété des matériels et des logiciels impliqués, la communication homme-machine est aujourd'hui un champ d'intervention hybride où voisinent des disciplines, des concepts et des acteurs très différents. L'ingénieur s'y consacre à la mise en place d'organes matériels et logiciels de commandes⁴⁴, le psychologue-ergonome à l'analyse de situations de travail qui unissent utilisateur⁴⁵ et ordinateur⁴⁶ quant le

⁴² MYERS Brad A., A brief history of human computer interaction technology, in ACM Interactions, vol. 5, n°2, 1998, p. 44-54.

⁴³ BEAUDOIN-LAFON Michel, 40 ans d'interaction homme-machine. Points de repères et perspectives (fichier pdf de l'auteur), in A la rencontre de l'interaction. Journée Asti 2001, 2001, p. 1-9.

⁴⁴ VAN DER VEER Gerrit, Cognitive ergonomics in interface design. Discussion of a moving science, in Journal of universal computer science, vol. 14, n°16, 2008, p. 2614-2629.

⁴⁵ RABARDEL Pierre, Les hommes et les technologies, approche cognitive des instruments contemporains, Armand Colin, Paris, 1995, 239 pages.

⁴⁶ FALZON Pierre, Ergonomie, conception et développement. Conférence introductive au 40ème congrès de la Self (2011, http://ww1.cnam.fr/ergonomie/equipe/falzon/articles_pf/ergo_concep_develop_05.pdf).

cogniticien se soucie de la formalisation des raisonnements⁴⁷ pour leur adapter les dialogues proposés par la machine.

Fruits de la rencontre de l'informatique, de la psychologie, de l'ergonomie et parfois également du design, les interfaces homme-machine se trouvent donc à la croisée d'influences conceptuelles très différentes et couvrent des domaines d'application tout aussi variés.

Définition de l'approche et questionnements

Souhaiter faire l'histoire des interfaces homme-machine représente d'abord un enjeu du seul fait de la profusion des dispositifs, des réalisations, de leurs fonctionnements et d'acteurs qu'il serait à la fois vain et fastidieux de saisir par un catalogage attentif de leurs différentes caractéristiques.

La construction de l'utilisateur, fil rouge de l'histoire des interfaces homme-machine

Pour éviter une approche internaliste synonyme d'enfermement dans les étroites limites d'une histoire technique de la technique, nous avons privilégié une entrée transversale dont le fil rouge est constitué par l'étude de la construction de l'idée d'utilisateur dans la mise en place des interfaces homme-machine en informatique et en télécommunication.

En effet et aussi étonnant que cela puisse paraître, l'informatique n'a pas d'utilisateur jusqu'au début des années 1960. Le terme existe, mais désigne alors la qualité de client d'une entreprise qui loue une machine auprès d'un manufacturier ou d'une administration qui a recours à la puissance de calcul d'un grand système⁴⁸. L'ordinateur est alors utilisé de manière collective au travers de la médiation d'un personnel nombreux, aux tâches à la fois fractionnées et précisément définies, dans le cadre d'une organisation

⁴⁷ RABARDEL Pierre, *Les hommes et les technologies, approche cognitive des instruments contemporains*, Armand Colin, Paris, 1995, 239 pages.

⁴⁸ BRETON Philippe, *Histoire de l'informatique*, Editions du Seuil, Paris, 1987, 239 p.

du travail largement héritée de la mécanographie⁴⁹. De leur côté, les chercheurs et informaticiens de métier entretiennent une grande familiarité avec les dispositifs dont ils sont le plus souvent les créateurs⁵⁰ et visent dans leurs rapports avec la machine à l'efficacité avant de se soucier d'une quelconque facilité d'usage.

C'est seulement au début des années 1960 lorsqu'apparaît la nécessité de doter des individus de moyens informatiques utilisables de manière autonome dans le cadre d'une activité qui ne peut en passer par une médiation collective avec l'ordinateur qu'apparaît le concept d'utilisateur sous son acception actuelle et par voie de conséquence les premières réflexions sur ce que doit être l'interactivité et la manière de la mettre en scène.

L'INTERACTIVITÉ ET LES INTERFACES COMME OBJETS D'HISTOIRE

L'interactivité ne naît donc pas de la mise au contact de l'individu avec la machine, mais de la recherche des moyens à mettre en œuvre pour rendre l'opérateur autonome dans la manipulation de celle-ci. Cette manipulation s'apparentant à un dialogue au sein duquel la machine et son utilisateur échange des informations de natures parfois très différentes (textes, codes, gestes, etc.). Un ordinateur tel que ceux qui sont couramment utilisés dans les laboratoires et les sous-sols des entreprises durant les années 1960, servi par une noria de techniciens et nourri par un pool de dactylographes, ne peut être compris comme un système interactif parce qu'il n'entretient pas de dialogue avec ceux qui le font fonctionner. Dans un article de 1983, Francis Kretz, spécialiste en interaction homme-machine, résume cette opposition fondamentale en rappelant « qu'on ne saurait qualifier de dialogue le fait d'actionner, même plusieurs fois, un interrupteur⁵¹ ».

⁴⁹ Particulièrement bien décrit dans l'ouvrage d'Antoine Mas qui constitue un témoignage irremplaçable sur le sujet (MAS Antoine, *L'Introduction du machinisme dans le travail administratif. Ses aspects technique, économique et social : essai de synthèse précédé d'une étude des moyens en mécanographie*, Dunod, Paris, 1949, 476 p.) et analysé au prisme des automatismes de gestion dans les travaux de Cédric Neumann (NEUMAN Cédric, La construction sociale d'une catégorie, les automatismes de gestion, in *Entreprises et Histoire*, n°52, 2008, p. 85-95.).

⁵⁰ Au moins en ce qui concerne les logiciels utilisés.

⁵¹ KRETZ Francis, Dialogue, service, interactivité et leurs composantes : aspects de conception et d'évaluation, in *Bulletin de l'Idate*, n°11, 1983, p. 77-103.

Aussi nous faut-il comprendre l'interactivité avant tout comme un projet, comme l'un des objectifs de la mise en place d'un système informatique ou de télécommunication avant d'être une qualité de ce système tel que l'entendent aujourd'hui les ergonomes et les spécialistes de l'IHM.

C'est ce projet et sa réalisation que nous nous proposons d'étudier. Comment en vient-on à réifier l'utilisateur ? Quelles sont les méthodes, les enjeux de celle-ci et en quoi l'interactivité est-elle directement issue de l'anticipation des utilisations à venir ?

En effet, nous postulons que c'est au moment de la conception que l'anticipation par l'ensemble des acteurs impliqués de ce que sont les futurs utilisateurs, de leurs capacités supposées à comprendre et à interagir avec les dispositifs élaborés donne naissance à l'interactivité. C'est donc l'idée d'utilisateur qui oriente, structure et motive tout projet de système interactif et c'est cette idée qu'il s'agit de saisir pour faire toute la lumière sur les choix, les conflits et les réalisations menées en matière d'interfaces homme-machine sans en rester à une description, certes nécessaire, mais forcément incomplète du système interactif achevé ou déjà en fonctionnement.

LA PRISE EN COMPTE DU RÔLE DE L'UTILISATEUR EN SOCIOLOGIE ET EN HISTOIRE DE L'INNOVATION

Le rôle de l'utilisateur dans le processus de conception puis d'adoption de l'innovation est un sujet depuis longtemps débattu. En sociologie, il a donné lieu à de nombreuses publications notamment dans le sillage du mouvement de la *social construction of technology* qui réhabilite l'utilisateur comme « co-constructeur » de la technologie dans la lignée des travaux de Wiebe Bijker⁵². Des travaux qui rompent avec les anciennes conceptions d'un utilisateur considéré comme un agent rationnel et passif face à l'innovation. En effet, pour Pinch et Bijker les groupes sociaux d'utilisateurs participent à la construction de la technologie en ne faisant pas que la recevoir de manière

⁵² BIJKER Wiebe & PINCH Trevor, The social construction of facts and artifacts : or how the sociology of science and the sociology of technology might benefit each other, in *Social studies of science*, n°14, 1984, p. 399-431.

passive. De plus, des groupes sociaux différents construisent de manière différente les technologies qu'ils utilisent ce qui prouvent l'importance de leur action de réception active et de modification.

Ces approches nouvelles et stimulantes se sont diffusées en France notamment par le truchement du Centre de Sociologie de l'Innovation de l'Ecole des Mines de Paris et des ouvrages de Bruno Latour⁵³, Michel Callon⁵⁴ ou Madeleine Akrich⁵⁵ dont la flexibilité méthodologique des approches permet de caractériser des réseaux hétérogènes constitués d'éléments en relation les uns avec les autres et qui peuvent être des humains, des documents, des machines, des institutions ou tout autre entité susceptible de jouer un rôle dans les négociations qui donnent sa forme à l'innovation.

Sensibles aux temporalités qui rythment le développement des innovations, Pierre Musso⁵⁶ dans le domaine des Sciences de l'information et de la communication ou Patrice Flichy⁵⁷ dans celui de la sociologie explorent le rôle des imaginaires en ouvrant d'utiles perspectives sur les mentalités et les représentations et leur influence dans la mise en place⁵⁸ des dispositifs.

Enfin, c'est dans le sillage de la sémiotique que se trouvent les travaux les plus susceptibles d'inspirer une recherche sur l'histoire de l'idée d'utilisateur et son rôle dans la conception des interfaces homme-machine. Très proches de la notion de script défendue

⁵³ LATOUR Bruno, *Aramis ou l'amour des techniques*, La Découverte, Paris, 1992, 248 p. ; LATOUR Bruno & LEMONNIER Pierre, *De la préhistoire aux missiles balistiques. L'intelligence sociale des techniques*, Editions La Découverte, Paris, 1994, 352 p..

⁵⁴ CALLON Michel, *Réseau et coordination*, Economica, Paris, 1999, 194 p. et CALLON Michel, LAW John & RIP Arie, *Mapping the dynamics of science and technology : sociology of science in the real world*, Macmillan, Basingstoke, 1986, 242 p..

⁵⁵ AKRICH Madeleine & MÉADEL Cécile, Problématiser la question des usages, in *Sciences sociales et santé*, vol. 22, n°1, 2004, p. 5-20. et AKRICH Madeleine, Les objets techniques et leurs utilisateurs. De la conception à l'action, in *Raisons Pratiques*, n°4, 1993, p. 35-37..

⁵⁶ MUSSO Pierre, *Télécommunications et philosophie des réseaux*, Presses Universitaires de France, Paris, 1998, 400 p. ; MUSSO Pierre, *Critique des réseaux*, Presses Universitaires de France, Paris, 2003, 374 p.

⁵⁷ FLICHY Patrice, *L'innovation technique : récents développements en sciences sociales, vers une nouvelle théorie de l'innovation*, Editions la Découverte, Paris, 2003, 250 p. et FLICHY Patrice, *Une histoire de la communication moderne. Espace public et vie privée*, Editions La Découverte, Paris, 1991, 289 p.

⁵⁸ FLICHY Patrice, La place de l'imaginaire dans l'action technique. Le cas de l'internet, in *Réseaux. Communication - Technologie - Société*, vol. 5, n°109, 2001, p. 52-73.

à la fin des années 1980 par Madeleine Akrich⁵⁹, Steve Woolgar est l'un des premiers à avoir exploré les voies de la sémiotique pour expliquer les relations entre l'utilisateur et l'artefact en filant la métaphore du texte et du lecteur. Dans son article intitulé « Reconfiguring the user⁶⁰ » de 1991, il met à jour la flexibilité interprétative à laquelle un utilisateur est confronté face à un dispositif dont les logiques de fonctionnement ont été prévues par d'autres. C'est, à la différence des interprétations issues de la SCOT, dans ce périmètre que se joue la relation entre individu et artefact plutôt que dans la sphère de la négociation entre groupes sociaux ou acteurs. Pour Woolgar, la mise en place de machines initie un processus de « configuration⁶¹ » de l'utilisateur comme un livre encadre une pratique de lecture par sa forme, sa mise en page, les caractères utilisés, sans jamais totalement laisser le lecteur libre de son mode de lecture, mais également sans pouvoir le contraindre à un mode de lecture particulier non plus. Cette approche met l'accent sur les relations entre les « designers » et les utilisateurs dans la perspective d'une anticipation des premiers sur les besoins, les attentes et les capacités des seconds.

Thierry Bardini, sociologue lui aussi, utilise en partie ces approches en les appliquant à l'analyse des dispositifs numériques comme le clavier Qwerty⁶² ou la souris⁶³ et en montrant toute l'importance de l'anticipation menée par le concepteur sur les utilisations ultérieures de son dispositif. Thierry Bardini réhabilite l'étude approfondie du projet technique non comme simple description de l'objet à naître, mais comme prédiction d'usages futurs.

⁵⁹ La notion de script est au cœur des travaux de Madeleine Akrich et Bruno Latour. Il permet de comprendre comment les objets technologiques rendent possibles ou contraignent les relations humaines aussi parfaitement que les relations entre individus leur donnant un statut d'acteur. Pour Akrich, la phase de conception de l'objet anticipe l'intérêt, les compétences, les motivations et les comportements des futurs utilisateurs. Les représentations de l'utilisateur sont donc comprises dans la conception même de l'objet (AKRICH Madeleine, Comment décrire les objets techniques, in *Techniques et Culture*, n°9, janvier-Juillet 1987, p. 49-64.).

⁶⁰ WOOLGAR Steve, Reconfiguring the user : the case of usability trials, in *Law John (ed.), A sociology of monsters : Essays on Power, technology and Domination*, Routledge, 1991, p. 57-90.

⁶¹ « Defining the identity of putative users, and setting constraints upon their likely future actions. » (Ibid.).

⁶² BARDINI Thierry, Le clavier avec ou sans accord. Retour sur une controverse oubliée, in *Réseaux. Communication - Technologie - Société*, vol. 16, n°87, 1998, p. 45-74.

⁶³ BARDINI Thierry, *Bootstrapping : Douglas Engelbart, coevolution, and the origins of personal computing*, Stanford University Press, Stanford, 2000, 284 p.

En histoire, c'est un peu paradoxalement hors du champ des télécommunications et de l'informatique qu'il faut chercher les réflexions sur le rôle de l'utilisateur face à l'innovation. En la matière, l'histoire du design, de l'alimentation et de la radio sont les trois domaines qui ont mené les analyses les plus poussées. Dans le domaine de l'alimentation comme l'a bien montré Jean-Pierre Williot parce que l'évolution des goûts du consommateur est une donnée importante pour les entreprises⁶⁴ de manière tout à fait similaire à ce qui est pratiqué dans le domaine du design⁶⁵. Dans le domaine de la radio ensuite parce que l'étude des auditeurs est depuis longtemps un champ qui explore les liens de la réception et de la participation⁶⁶ et qu'il a ouvert la voie de la prise en compte des passe-temps techniques avec l'étude des sans-filistes⁶⁷ partie intégrante des cultures populaires techniques⁶⁸ que l'on retrouve ensuite dans la micro-informatique⁶⁹.

Un objet d'histoire transversal

PAR DELÀ LES LIMITES DISCIPLINAIRES

L'interactivité, que l'on peut résumer comme le projet consistant à rendre utilisable un dispositif dans le cadre d'un dialogue mené au travers d'une interface avec un utilisateur autonome, se rencontre donc sans distinction dans le domaine des télécommunications et de l'informatique en faisant fi des limites disciplinaires. Ici encore, nous posons l'hypothèse que si les populations d'utilisateurs ne sont pas forcément les mêmes, leur définition a priori joue un rôle déterminant dans la forme et le fonctionnement des interfaces réalisées, l'interactivité peut s'y étudier de manière

⁶⁴ DROUARD Alain, WILLIOT Jean-Pierre & BARRIÈRE Jean-Paul, *Histoire des innovations alimentaires : XIXe et XXe siècles*, L'Harmattan, Paris, 2007, 302 p.

⁶⁵ LEYMONERIE Claire, *Des formes à consommer. Pensées et pratiques du design industriel en France (1945-1980)*, EHESS, Thèse de doctorat sous la direction de Patrick Fridenson et Franck Cochoy, 2010, 633 pages.

⁶⁶ MÉADEL Cécile, *Quantifier le public : Histoire des mesures d'audience de la radio et de la télévision*, Economica, Paris, 2010, 288 p. et MARQUIS Alice, *Written on the wind. The impact of radio during the 1930s*, in *Journal of contemporary history*, vol. 19, n°3, Juillet 1984, p. 385-415..

⁶⁷ HARING Kristen, *Ham radio's technical culture*, MIT press, Cambridge, 2007, 220 p.

⁶⁸ FLICHY Patrice, *Le sacre de l'amateur : Sociologie des passions ordinaires à l'ère numérique*, Editions du Seuil, Paris, 2010, 96 p.

⁶⁹ THIERRY Benjamin, « Révolution 0.1 ». Utilisateurs et communautés d'utilisateurs au premier âge de l'informatique personnelle et des réseaux grand public (1978-1990), in *Le Temps des médias*, vol. 1, n°18, 2012, p. 54-64.

similaire et qu'elle constitue l'un des moteurs de la pénétration des dispositifs informatiques puis micro-informatiques et de télécommunications au sein de groupes d'utilisateurs toujours plus importants.

En outre, les interfaces qui sont des objets hybrides par nature convoquent un grand nombre d'acteurs différents dans le cadre de leur élaboration. Des ingénieurs-concepteurs intéressés à leur programmation ou à la fabrication de leurs supports (écrans, claviers, dispositifs de pointage, etc.) aux spécialistes de l'ergonomie qui passent pendant les années 1960 et 1970 de l'étude des corps au travail à celui des esprits, les interfaces, l'interactivité et la compréhension de l'utilisateur se constituent en objet frontière⁷⁰ qui nous offre l'occasion d'étudier les rapports parfois conflictuels et les processus de négociation entre des communautés très diverses.

NAISSANCE ET DÉVELOPPEMENT DE L'INTERACTIVITÉ

Du point de vue de la chronologie, il s'agira dans ce travail de déterminer le moment de naissance du souci d'interactivité que nous pensons synchrone avec l'émergence du concept d'utilisateur entendu sous une acception individuelle. En France, cette émergence se fait sous l'effet des besoins spécifiques d'un grand système technique fortement déstabilisé au début des années 1960 et qui trouve dans l'informatique le moyen de répondre aux enjeux de massification des flux qui sont les siens⁷¹ : la navigation aérienne. C'est en effet en son sein que naît le premier système informatique qui comporte en son cœur l'objectif de rendre sa manipulation aisée à ses utilisateurs, les aiguilleurs du ciel qui constituent donc le premier groupe d'utilisateurs de l'informatique. C'est ensuite au fil des évolutions du « public cible », c'est-à-dire des utilisateurs anticipés par les concepteurs, qu'il s'agit d'apprécier les continuités et les ruptures des tentatives de rapprochement entre l'homme et la machine.

⁷⁰ Au sens du « boundary object » qui permet la compréhension entre des communautés professionnelles aux vocabulaires et usages différents (STAR Susan & GRIESEMER James, Institutional ecology, translations and boundary objects : amateurs and professionals in Berkeley's museum of vertebrate zoology (1907-1939), in *Social studies of science*, vol. 19, 1989, p. 387-420.)

⁷¹ GRAS Alain, La sécurité des transports aériens : savoir-faire et informatique dans un macrosystème technique en évolution rapide, in *Réseaux. Communication - Technologie - Société*, vol. 9, n°48, 1991, p. 23-37.

ARTICULER CONTEXTES NATIONAL ET INTERNATIONAL

A la lecture de l'abondante littérature concernant les interfaces et le contexte nord-américain de leur élaboration⁷², le choix de la France comme périmètre d'investigation peut surprendre au premier abord. En effet, aujourd'hui les rétrospectives menées par les professionnels de l'interaction homme-machine et les discours diffusés par le Web accréditent l'idée que l'interactivité naît aux Etats-Unis avec les travaux du Palo Alto Research Center autour de l'interface graphique pour micro-ordinateur dont Steve Jobs, le charismatique patron d'Apple, a ensuite mondialement diffusé les principes fondateurs⁷³. Vision à la fois hagiographique et américano-centrée.

Il en va en réalité tout autrement. Les interfaces n'ont pas attendu le Xerox Parc pour apparaître. Bien entendu, elles n'ont pas dans les années 1960 la forme qu'on leur connaît à partir du milieu des années 1980, mais elles existent et elles se structurent déjà autour de l'écran, pièce-maîtresse de l'interaction homme-ordinateur. De plus, avant la déferlante de la seconde moitié de la décennie 1980, la France produit ses propres interfaces et mène une réflexion d'ampleur autour de la communication homme-machine. C'est ce contexte qu'il s'agit d'examiner pour mettre en perspective la confrontation avec les réalisations nord-américaines vulgarisées par la micro-informatique. Existe-t-il un modèle national en matière d'interactivité ? Comment s'articule-t-il aux innovations états-uniennes ?

LE PÉRIMÈTRE DE LIBERTÉ DE L'UTILISATEUR

Mis en place pour encadrer le dialogue, l'interactivité pose enfin la question du périmètre de liberté laissé à l'utilisateur. Est-elle source de contraintes ou au contraire un moyen d'accéder à des systèmes qui sans elle seraient inaccessibles au profane ?

⁷² Sans volonté d'exhaustivité citons MOGGRIDGE Bill, *Designing interactions*, MIT Press, Cambridge, 2007, 766 p. ; SMITH Douglas K. & Robert C. ALEXANDER, *Fumbling the Future: How Xerox Invented Then Ignored the First Personal Computer*, William Morrow & Co, New York, 1988, 274 p. ; ou encore la biographie d'Isaacson sur l'emblématique patron de l'entreprise qui a popularisé l'interface graphique sur micro-ordinateur ISAACSON Walter, *Steve Jobs*, Simon & Schuster, New York, 2011, 630 p.

⁷³ VENEZIA Mike, *Steve Jobs & Steve Wozniak : geek heroes who put the personal in computers*, Children's Press, New York, 2010, 32 p. et IMBIMBO Anthony, *Steve Jobs : the brilliant mind behind Apple*, Gareth Stevens Pub., Pleasantville, 2009, 112 p.

Bien entendu, la figure de l'utilisateur et en particulier la manière dont les concepteurs considèrent son degré d'autonomie face au système conditionne l'étendue de la liberté qui lui est laissée. Cette incertitude initiale forte quant aux capacités de l'utilisateur font de l'interactivité un pari autant qu'un projet. Pour réduire cette incertitude, un grand nombre de procédures sont mises en œuvre avec plus ou moins de succès : approche centrée sur l'utilisateur, expérimentations, etc.

Enfin, le moment de la confrontation entre l'utilisateur final et l'interface permet de juger de la pertinence des réalisations et de questionner la capacité de l'utilisateur à échapper, au moins en partie ou non, aux prédictions du concepteur.

Archives utilisées et itinéraire proposé

Le caractère volontairement transversal de notre questionnement impose un recours à des sources variées pour parcourir trente années d'élaboration et d'utilisation d'interfaces homme-machine en France.

Présentation des sources utilisées

Assez classiquement d'abord, nous avons eu la chance d'avoir accès aux archives de l'Institut National de Recherche en Informatique et Automatique (Inria) où la première équipe française de psychologie ergonomique de l'informatique s'est constituée dans les années 1960. Complétées par les archives du Centre d'Etudes de la Navigation Aérienne, elles nous ont permis de reconstituer avec précision les cheminements de la mise en place du Cautra tant sur le plan technique et ergonomique que sur le plan institutionnel et administratif.

Les archives de la Société d'Ergonomie de Langue Française (Self) et de l'International Ergonomics Association (IEA) nous ont permis de mieux saisir le fonctionnement de la discipline et de ses membres.

En ce qui concerne les télécommunications, les archives du Cnet, les archives historiques de France Télécom ainsi que la volumineuse documentation disponible à la Bibliothèque Historique des Postes et Télécommunications nous ont été d'une grande aide

pour aborder l'histoire de la télématique. Nos recherches nous ont également permis de consulter les archives du CCETT, encore inédites, où se trouvent l'essentiel des documents liés à l'interface de l'Annuaire Electronique, galop d'essai pour la mise en place de l'interactivité grand public française à la fin des années 1970 et au début des années 1980.

Aborder l'histoire de la micro-informatique, de ses utilisateurs et de leurs pratiques interactives n'a pas été aisée. Pour ce faire, nous avons dépouillé la plus grande partie des revues spécialisées disponibles à la Bibliothèque Nationale concernant la période 1977-1990, soit une quinzaine de périodiques. Cette consultation s'est accompagnée de celle de la documentation technique éditée en France et aux Etats-Unis concernant les systèmes et les interfaces de cette période.

UNE PLACE PARTICULIÈRE DE L'ICONOGRAPHIE ET DES ARCHIVES NUMÉRIQUES

Aborder l'histoire de l'interactivité et de l'idée d'utilisateur sans avoir recours à l'analyse des écrans nous a semblé impossible. C'est pour cela que nous avons constitué dans nos annexes, sur la base de nos dépouillements, une iconographie composée de captures d'écrans issues de différents systèmes pour compléter l'analyse des interfaces déjà permises par les autres sources.

L'accès aux archives numériques constituées en ligne par ceux qui ont pris la suite des amateurs des années 1980 que nous avons étudié nous a également permis d'avoir recours à plusieurs dizaines de logiciels sortis sur le marché français de la fin des années 1970 à la fin des années 1980 et encore utilisables grâce à plusieurs logiciels d'émulation décrits dans le développement. Cette archéologie numérique permet de dépasser l'aspect figé que l'iconographie donne inmanquablement aux reproductions d'écrans et de mieux saisir les logiques de dialogue mises en place par les concepteurs d'interface.

LA MÉMOIRE VIVE DES TÉMOINS

Enfin, les témoins qui ont accepté de nous recevoir ont jeté une lumière tout à fait inédite sur les sujets abordés en nous permettant non seulement de préciser les points les plus obscurs, mais en livrant également ressentis et appréciations qui donnent de la chair aux propos exposés ici. Vingt-trois entretiens ont ainsi été réalisés.

Itinéraire proposé

Sur la base de cette documentation, nous proposons un itinéraire composé de trois parties qui s'organisent autour de trois temps forts.

La première couvre la période 1961 à 1978 et voit naître les premiers systèmes interactifs dont le plus emblématique, parce que le plus précoce, est le Cautra⁷⁴. C'est lui qui engendre non seulement les premiers questionnements sur l'interactivité menés en informatique, mais qui permet également les balbutiements de l'ergonomie de l'informatique française.

Les années 1970 sont également le moment des premières interrogations collectives sur les effets parfois délétères d'une informatisation qui prend la bureautique comme principal véhicule de sa diffusion et s'impose sans considération pour la majorité de ses utilisateurs en provoquant déceptions et rejets. Cette « informatisation aux forceps⁷⁵ » permet de souligner la dualité profonde entre un petit nombre de projets qui font une place à la réflexion sur la place de l'utilisateur en cherchant à lui adapter les dispositifs qu'il doit utiliser et la vaste majorité des initiatives qui ne prennent pas en compte le facteur humain au moment de faire pénétrer l'ordinateur dans les bureaux.

La deuxième période commence en 1978 avec la décision de mener une informatisation généralisée de la société au travers du projet de télématique grand public et se poursuit jusqu'en 1984, date de l'ouverture nationale des services de l'Annuaire Electronique. C'est durant ces quelques années que la spécificité française en matière

⁷⁴ Coordination Automatique du Contrôle Aérien.

⁷⁵ DEVOZ-PETITPREZ Christine, Enquête sur un poste de travail au-dessus de tout soupçon, in *Informatique et Gestion*, n°82, novembre 1976, p. 36-38.

d'interface homme-machine se construit autour d'un projet ambitieux dont l'étendue des grandes expérimentations de la période 1980-1982 symbolise à la fois le volontarisme et l'originalité. Parenthèse avant l'invasion des interfaces américaines de la seconde moitié de la décennie ou véritable « voie à la française » en matière d'interactivité, le Minitel s'établit comme une étape incontournable de la diffusion des dispositifs interactifs au plus grand nombre.

Enfin, dernier temps de cette histoire de l'interactivité, la marche vers l'interface unique qui fait irruption à partir de la fin de la première moitié de la décennie 1980 dans un contexte de développement de la micro-informatique familiale et professionnelle. Les icônes, la souris et les menus déroulants s'imposent en quelques années tout en se stabilisant autour de quelques principes fondamentaux qui installent une véritable hégémonie de l'interface graphique interactive qui dure jusqu'à aujourd'hui.

Partie I. Des systèmes aveugles aux
premiers écrans interactifs : la naissance de
l'utilisateur
(de la fin des années 1950 à la fin des
années 1970)

« Il ne faut pas mépriser l'homme, si l'on veut obtenir des autres et de soi de grandes choses. »

Alexis de Tocqueville

Aussi étonnant que cela puisse paraître, l'ordinateur n'a pas d'utilisateur à la fin des années 1950. À cette date, l'ordinateur a des concepteurs qui maîtrisent le fonctionnement de ses rouages et jouent le rôle d'intermédiaires avec ceux qui souhaitent utiliser sa puissance : laboratoires, grandes entreprises et administrations. Pierre-Eric Mounier-Kuhn a bien montré comment ces scientifiques, ingénieurs ou mathématiciens font sortir l'ordinateur du laboratoire et structurent une offre de puissance de calcul⁷⁶. Les clients sont alors des usagers collectifs de l'ordinateur, mais ils n'entretiennent pas avec lui une relation directe. Ils ne le manipulent pas et sont des entreprises de grandes tailles, des administrations ou des structures de recherche, en aucun cas des individus. Enfermés dans des salles spécialement aménagées et climatisées, les calculateurs sont servis par une noria de personnels qui ne l'utilisent pas non plus à proprement parler. Ce sont les vastes pools de dactylographes, héritières des perforatrices de l'ère mécanographique, qui le nourrissent de données à traiter ou les techniciens en blouses blanches qui s'assurent de sa bonne marche dans le cadre d'une parcellisation des tâches qui n'a rien à envier au taylorisme industriel.

Concepteurs, clients et serviteurs, voilà la tripartition fonctionnelle de l'informatique de la fin des années 1950 et l'utilisateur individuel n'y a pas encore sa place.

⁷⁶ MOUNIER-KUHN Pierre-Eric, *L'informatique en France. De la seconde guerre mondiale au Plan Calcul. L'émergence d'une science*, Presses Universitaires de Paris-Sorbonne, Paris, 2010, 718 p.

LE CAUTRA, PROJET MATRICIEL

En France, c'est à la faveur d'une crise que l'utilisateur et les réflexions autour du rapprochement entre la machine et l'homme apparaissent. En effet, à la fin des années 1950, pris entre la massification du trafic et l'augmentation de la vitesse des appareils, le contrôle aérien civil voit les anciennes procédures de surveillance et de résolution de conflits entre avions arriver au bout de leurs possibilités. L'informatique est alors considérée comme la solution idéale pour augmenter les capacités de traitement et automatiser une partie des tâches traditionnellement dévolues aux contrôleurs.

Du fait de la technicité des opérations de contrôle, il n'est pas envisageable d'avoir recours à l'ordinateur de manière centralisée, massive, comme on peut le voir ailleurs au même moment. Il faut l'associer aux opérateurs et créer une complémentarité aussi étroite que possible entre technique et facteurs humains. Il n'est pas concevable non plus de transformer l'aiguilleur du ciel en informaticien patenté : la machine doit se rendre compréhensible, utilisable et aussi discrète que possible.

Cet objectif original pour l'époque est celui du Cautra⁷⁷, dont la mise en place commence en 1961 et qui a été bien décrit sous la forme d'une *sociobiographie* par Sophie Poirot-Delpech⁷⁸ comme le résultat de la rencontre entre les ingénieurs du Cena⁷⁹ en charge de sa conception et les contrôleurs qui l'introduisent progressivement à leur pratique. Mais l'importance du système Cautra dépasse de beaucoup l'étroite histoire du contrôle aérien puisqu'il est à la fois le lieu d'émergence de l'utilisateur individuel de l'informatique et des premières réflexions appliquées sur les interfaces homme-machine, le berceau d'une nouvelle discipline appelée à faire florès et l'occasion d'un retournement copernicien des conceptions alors à l'œuvre en ce qui concerne les rapports entre utilisateur et systèmes informatiques.

⁷⁷ Coordination Automatique du Contrôle Aérien.

⁷⁸ Dans le cadre de sa thèse de doctorat de sociologie (POIROT-DELPECH Sophie, *Mémoire et histoires de l'automatisation du contrôle aérien : sociobiographie du CAUTRA*, L'Harmattan, Paris, 2009, 253 p.).

⁷⁹ Centre d'études de la navigation aérienne.

LA NAISSANCE DE L'UTILISATEUR ET DE L'INTERACTION GRAPHIQUE

Pour permettre à la composante humaine d'intégrer au mieux les capacités nouvelles offertes par la machine, sont élaborés en moins d'une vingtaine d'années des dispositifs originaux qui permettent la mise à disposition de la puissance de calcul de l'ordinateur à un public constitué d'aiguilleurs du ciel bien éloignés par les goûts et les aptitudes des utilisateurs-concepteurs ou des utilisateurs-serviteurs. Des premiers, ils n'ont ni les compétences, ni l'envie de connaître intimement une machine qu'ils considèrent avant tout comme un outil ; des seconds ils sont séparés par les responsabilités et la diversité des situations qu'ils ont à traiter, ne pouvant s'adapter à une informatisation taylorisée et linéaire.

C'est pour ces raisons que le contrôleur aérien est dès le début du projet considéré comme un utilisateur qui doit être rendu autonome face à l'ordinateur, c'est-à-dire maître de l'aide que ce dernier lui offre sans pour autant en dominer les arcanes intimes de fonctionnement. Le projet Cautra repose donc sur l'établissement d'une interactivité adaptée et la réalisation des outils qui la rendent possible.

Ces outils sont progressivement introduits auprès des aiguilleurs et illustrent le soin apporté au respect des pratiques préexistantes. La numérisation des premières données permet dans un second temps l'établissement d'une visualisation de l'espace aérien parfaitement intégrée aux procédures de contrôle avant que n'apparaisse un dialogue homme-machine maîtrisé qui fait du Cautra un véritable système interactif, c'est-à-dire qui permet le dialogue entre l'homme et l'ordinateur et non plus la seule fourniture d'informations dans un sens ou dans l'autre. C'est à partir de ce moment que l'on peut réellement qualifier la relation entre l'opérateur et la machine de dialogue.

UNE CHRONOLOGIE CENTRÉE SUR L'UTILISATEUR

Habitée aux découpages commodes en générations successives de matériels, l'histoire de l'informatique a encore aujourd'hui trop souvent tendance à prendre le point de vue de la technique pour rythmer son propos. Au contraire, nous nous proposons ici de montrer que l'informatisation du contrôle aérien n'est pas réductible aux versions

successives du Cautra, mais peut s'entendre également comme la mise à disposition de fonctions d'aide à l'interaction : numérisation des données, mise en place d'outils de visualisation, puis d'interaction et enfin, ultime étape, délégation de certaines fonctions et responsabilités à la machine. Numériser, montrer, permettre d'agir et automatiser constituant les rythmes d'une informatisation vue depuis l'utilisateur et non depuis l'ordinateur, rupture nécessaire avec l'internalisme des premiers temps de l'histoire de l'informatique. Si, comme le souligne Nathan Ensmenger, « the future of the history of computing is not machines but people⁸⁰ », il s'agit de ne pas se focaliser uniquement sur les concepteurs, mais de faire une place également aux utilisateurs.

L'originalité et la précocité de ces réalisations pionnières imposent une analyse au plus près des acteurs et des dispositifs, une histoire du laboratoire vue du laboratoire. En effet, cet angle permet non seulement de lever le voile sur les arbitrages, les errements et de restituer la sinuosité du processus d'innovation. Cela n'est possible qu'au prix de l'analyse précise de l'abondante littérature technique et administrative issue des archives du Cena et de l'Inria qui confrontent utilement le point de vue des acteurs recueillis par entretiens, mais dont l'affect et la propension à la reconstruction a posteriori si elle n'a rien d'original, imposent un recours constant à l'archive sous peine de ne pouvoir restituer qu'impressions et souvenirs. Il s'agit également de confronter deux approches rendues complémentaires, mais pourtant très différentes : celle de l'ingénieur et celle du psychologue-ergonome, le Cautra constituant le berceau de l'ergonomie dite « de l'informatique » française.

LE BERCEAU DE L'ERGONOMIE DE L'INFORMATIQUE

« Quoique les hommes se flattent de leurs grandes actions, elles ne sont pas souvent les effets d'un grand dessein, mais plus souvent les effets du hasard⁸¹. »

⁸⁰ ENSMENGER Nathan, Power to the people : toward a social history of computing, in *IEEE Annals of the History of Computing*, vol. 1, n°26, 2004, p. 94-96.

⁸¹ François de la Rochefoucauld, *Maximes*.

Aux tentatives de globalisation que suscitent les théories à la mode dans les sciences humaines, l'histoire vient parfois rappeler que les contingences peuvent avoir une importance déterminante sur le cours des événements et que tout ne se modélise pas. La rencontre de l'équipe de psychologues appelée à faire naître l'ergonomie de l'informatique et des ingénieurs du Cena est de ces aléas qui infléchissent le cours des événements.

Permis par le hasard de la présence de Jacques Leplat et d'André Bisseret à Orly à la toute fin des années 1950, les études sur l'informatisation du contrôle aérien constituent le substrat sur lequel croît et se développe l'ergonomie de l'informatique, branche marginale de l'ergonomie encore préoccupée principalement durant les années 1960 et 1970 par le fonctionnement des corps et pas encore par celui des esprits.

Marginale, l'ergonomie de l'informatique est une pratique confidentielle jusqu'à la première moitié des années 1970, moment à partir duquel les velléités des psychologues à prôner une conception de systèmes informatisés qui laisse une place à l'étude des facteurs humains commencent à être ressentis comme une menace par certains informaticiens sur leur sphère traditionnelle de pouvoir. Au sein de l'Institut de Recherche en Informatique et Automatique qui les accueille depuis 1969, des voix s'élèvent pour s'étonner ou même critiquer la présence de ces « chercheurs » dont on à peine à imaginer ce qu'ils peuvent avoir en commun avec leurs homologues spécialistes d'algorithmie ou de programmation. Mais les indiscutables réussites auprès du contrôle aérien poussent les plus clairvoyants, au premier rang desquels André Danzin, deuxième directeur de l'Iria, à défendre cette nouvelle manière d'envisager l'informatique. Ces soutiens se doublent d'un intérêt en nette hausse à partir du milieu de la décennie pour une méthode qui semble porter ses fruits et que l'on convoque dans d'autres cadres que l'aérien à l'image de la navigation maritime, l'obstétrique ou l'informatisation des impôts.

UNE REVOLUTION COPERNICIENNE DES RAPPORTS HOMME-MACHINE

Ces propositions de nouveaux terrains d'étude qui permettent à l'équipe de se diversifier et de s'étoffer interviennent également au moment où, les outils de bureautique commençant à se diffuser, la problématique de la place de l'utilisateur de l'informatique sort de l'indifférence. En effet, il ne s'agit plus uniquement à cette date d'utiliser de

grands systèmes centralisés, mais d'envisager l'équipement de personnels qui, à presque quinze ans de distance, proposent des contraintes analogues aux contrôleurs aériens du début des années 1960 : utilisation autonome de la machine, formation lourde proscrite et activité préexistante à prendre en compte. Les phénomènes de défiance et de rejet qui émergent dans ce cadre commencent à faire couler l'encre de la presse spécialisée et les cadres, qui constituent le cœur de cible de la « buretique », n'ont pas l'échine aussi souples que leurs secrétaires qui subissent les effets de l'informatique imposée depuis déjà plusieurs années.

Le projet porté par l'ergonomie profite de cette percée des écrans dans le monde professionnel et des problèmes qui en découle pour s'imposer comme une voie possible pour une informatisation respectueuse du facteur humain, mais les coûts qu'impose une étude ergonomique dans les formes et l'allongement des phases de conception qu'elle implique sont en grande partie responsables de cette victoire à la Pyrrhus de l'ergonomie dans la seconde moitié des années 1970 : si le vocabulaire et le projet s'imposent, les pratiques ne suivent pas.

VERS LE GRAND PUBLIC

Au contraire, la bureautique préfère s'abreuver aux avancées en matière de Communication homme-machine nées outre-Atlantique dont le travail essentiel repose sur la conception d'interfaces graphiques structurées par des métaphores tirées du monde réel, sensées aider à la compréhension du fonctionnement de l'ordinateur. En France, dès 1978, un projet est mené à l'Iria dans cette perspective et constitue un moment charnière de basculement vers un nouveau public cible pour l'informatique, l'utilisateur grand public.

CHAPITRE 1. DE LA NUMERISATION A LA VISUALISATION DU CIEL : L'IRRUPTION DE L'INFORMATIQUE AU SEIN DU CONTROLE AERIEN (1959-1972)

« Quand j'ai eu mon diplôme, mon père m'a dit : « c'est bien, tu es ingénieur, soit ingénieur maintenant ! » Je crois que c'est ce que j'ai essayé de faire⁸² ... »

À la fin des années 1950, le contrôle aérien français entre dans sa première grande crise de croissance. Le nombre et la vitesse des appareils imposent un renouvellement profond des manières d'organiser le ballet des aéronefs et une modernisation des outils utilisés dans ce but.

Assez classiquement, l'ordinateur est alors considéré comme la solution idéale permettant d'augmenter les capacités de gestion des flux, mais les spécificités de cette activité de supervision toute entière gouvernée par le dogme du « risque zéro » ne peuvent tolérer une informatisation aux forceps et qui ne répondrait pas parfaitement au contexte d'exercice de ses acteurs principaux, les aiguilleurs du ciel.

⁸² THIERRY Benjamin, *Entretien avec Dominique Alvarez* (14 juin 2013)

C'est du fait de ces contraintes particulières que l'informatisation du contrôle aérien prend dès son lancement au début des années 1960 un tour tout à fait original. Sous l'impulsion de Jacques Villiers, responsable du projet Cautra, se met progressivement en place une méthodologie dont le principe central est d'adapter le dispositif technique à l'homme plutôt que l'inverse, ce qui est pourtant encore partout la règle. Grâce à la participation d'une équipe de psychologues réunis autour de Jacques Leplat puis d'André Bisseret, émerge alors pour la première fois l'idée d'un utilisateur individuel de l'ordinateur, placé quotidiennement au contact de la machine rendue pour lui compréhensible et utilisable par le truchement de dispositifs originaux qui signent l'apparition du concept d'interactivité.

I. LA RENCONTRE DE L'INFORMATIQUE ET DU CONTROLE AERIEN

Du fait des contraintes de sécurité qui pèsent sur l'organisation de son activité, l'aviation civile entretient une relation particulière avec les crises qui déstabilisent cycliquement ce Grand Système Technique⁸³. Comme le rappelle Alain Gras, un accident entre deux aéronefs en 1947 est « *l'occasion, comme c'est souvent le cas dans les systèmes techniques, d'une remise en cause radicale, matérielle et humaine*⁸⁴ » et conduit en 1949 à la création du corps des ingénieurs de l'Aviation Civile qui marque la première étape de la modernisation de l'aérien français dans l'après-guerre.

Quelques années plus tard, au début des années 1960, ce n'est pas un nouvel accident, mais l'augmentation de la vitesse⁸⁵ des appareils et de leur nombre qui engendrent à nouveau une forte instabilité du macro-système technique aérien.

⁸³ J'emprunte ici le concept de Grand Système Technique (*Large Technical System*) à Thomas Hugues, voir Thomas P. Hughes, *Networks of Power : Electrification in Western Society, 1880-1930*, Baltimore, Johns Hopkins UP, 1983.

⁸⁴ GRAS Alain, La sécurité des transports aériens : savoir-faire et informatique dans un macrosystème technique en évolution rapide, in *Réseaux. Communication - Technologie - Société*, vol. 9, n°48, 1991, p. 23-37.

⁸⁵ THIERRY Benjamin, *Entretien avec Dominique Alvarez* (14 juin 2013)

C'est dans ce contexte que l'informatisation se constitue peu à peu en solution pour permettre le maintien d'un niveau de sécurité satisfaisant, mais surtout une augmentation de la capacité de contrôle des structures sans augmentation sensible des personnels.

A. Un système technique sous contraintes

Sous les effets conjugués de la massification du trafic, de l'augmentation de la vitesse des appareils et de la volonté de conserver des normes de sécurité importantes, la Navigation Aérienne est un grand système technique sous contraintes à la fin des années 1950 et au début des années 1960. Elle vit en situation de déséquilibre, à la limite de la rupture notamment quand les variations quotidiennes de trafic augmentent brutalement durant les heures de pointe.

Le système technique de gestion du ciel hérité de l'entre-deux-guerres, malgré l'apparition du radar principal dans les années 1950, est passablement sous-dimensionné pour répondre aux exigences du moment et les aiguilleurs du ciel, collectif professionnel bien structuré et particulièrement rétif aux injonctions de sa hiérarchie, parachèvent l'impression de blocage que ressentent les responsables de la DGAC.

1. Des contraintes de flux

La massification du trafic

Au premier rang des contraintes qui pèsent sur la régulation des flux aériens à la fin des années 1950 et au début de la décennie 1960 se trouvent l'accroissement du nombre des vols et l'augmentation de la vitesse des aéronefs⁸⁶. Durant les années 1950⁸⁷, se multiplient les avions pressurisés à turbo-hélices puis, à la fin de la décennie,

⁸⁶ « Ce qui apparaît à la fin des années 1950, ce sont les réacteurs. Cela permet aux avions de voler à très haute altitude, donc on a des radars qui voient tout juste là-haut. » (Ibid. ; voire également POSTEL Claude, Quelques aspects de la croissance du transport aérien (1950-1960), in *Revue économique*, n°5, 1961, p. 781-817.).

⁸⁷ CHADEAU Emmanuel, Etat, industrie, nation : la formation des technologies aéronautiques en France (1900-1950), in *Histoire, économie et société*, vol. 4, n°2, 1985, p. 275-300.

apparaissent les premiers appareils à réaction comme le Boeing 707, la Caravelle ou le DC8.

En parallèle, le nombre des passagers augmente dans des proportions importantes :

« De 1950 à 1960, l'ensemble des entreprises groupées dans l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale a vu son trafic progresser de 28 à 111 milliards de passagers/km, soit un taux moyen annuel de développement de 15%. Parallèlement le nombre de passagers transportés par ces mêmes entreprises est passé de 31 millions à 108 millions, soit une progression annuelle moyenne de 13,5 %. La différence dans les deux taux de développement indique évidemment que la distance moyenne de parcours par passager a augmenté, passant de 875 km à 1030 km⁸⁸. »

Les conséquences sur les centres de contrôle sont importantes : en 1951, au centre de contrôle d'Orly, 300 avions sont gérés par jour. En 1957, ce chiffre passe à 660. À Bordeaux, on passe de 50 à 140 avions gérés quotidiennement⁸⁹. Au centre de contrôle régional Nord, on compte 278 000 mouvements annuels en 1961 et 530 000 en 1969. Durant la seule année 1962, certains jours de pointe voient les pics d'occupation de l'espace aérien atteindre 1600 appareils⁹⁰ qu'il faut gérer simultanément.

Les normes de sécurité

Aux vitesses en augmentation constante et à la multiplication des passagers s'ajoutent les normes de sécurité qui permettent de satisfaire le dogme du « risque zéro collision » si cher à la Navigation Aérienne, mais qui limite fortement le nombre d'appareils présents simultanément dans le même espace.

Avant le recours systématique au radar durant les années 1960⁹¹, un espacement de 10 minutes est conservé entre deux avions au même niveau de vol⁹². Deux avions suivant

⁸⁸ POSTEL Claude, Quelques aspects de la croissance du transport aérien (1950-1960), in *Revue économique*, n°5, 1961, p. 781-817.

⁸⁹ *60 ans de contrôle aérien "en-route"*, DGAC, Paris, 2007, 36 p.

⁹⁰ Ibid.

⁹¹ Un radar primaire de 23 cm, avec antenne au ras du sol, est mis en service à Athis-Mons en 1960 (ER 410) (Ibid.).

la même route dans le même sens sont quant à eux séparés de 2000 pieds soient 600 mètres sur le plan vertical et, lorsqu'ils suivent une route opposée, ils sont séparés de 1000 pieds soit 300 m.

Dans son ouvrage sur le contrôle aérien, Charles Floquet explique que ces espacements sont essentiellement dus à la difficulté de prévoir, puis de maintenir les heures de passage au-dessus des différentes balises et donc, par la même occasion, les écarts entre les appareils :

« Un inconvénient majeur : l'inexactitude des heures prévues pour les avions. Ces heures provenant soit du plan de vol, soit de la coordination, soit des contacts aux radios avec le pilote, pouvaient être décalées avec la réalité de plusieurs minutes. C'est pourquoi le contrôleur devait prévoir une marge de sécurité de 10 minutes entre deux avions, pour tenir compte du décalage⁹³. »

Ces mesures peuvent sembler extravagantes tant les écarts sont importants. Pourtant, dans le contexte de massification importante des années 1960⁹⁴, les écarts entre appareils servent aux contrôleurs à gérer les dizaines d'avions dont ils ont la charge et non plus à simplement assurer la sécurité des passagers. Les diminuer aurait des conséquences sur les normes de sécurité tout autant que sur les capacités de gestion des différents secteurs.

⁹² C'est-à-dire dans la même couche d'altitude.

⁹³ FLOQUET Charles, *Ceux qu'on appelle aiguilleurs du ciel*, Editions France empire, Paris, 1983, 245 p.

⁹⁴ « L'âge d'or du transport aérien, de 1960 à 1970, concrétisé par un accroissement moyen annuel de 15% du trafic passagers, ne va pas sans quelques difficultés. » (BRIMEUR Denise, FERRY Vital, PELLISSIER Bernard & SUEL Marc et al., *Regards sur l'aviation civile. Histoire d'une administration*, Cepaduès Editions, Toulouse, 1992, 175 p.)

Le risque de paralysie

Aussi, si l'on en reste au cas français⁹⁵, les 30 000 km² d'espace aérien autour de Paris, divisés en trente couches d'altitude utilisables, sont saturés dès que plus de 50 avions y évoluent simultanément au début des années 1960⁹⁶.

La responsabilité de l'écoulement du trafic est à cette date partagée entre les centres de contrôles régionaux (CCR) et les tours de contrôle des aéroports. Le domaine d'action d'un centre de contrôle régional est partagé entre plusieurs secteurs confiés chacun à un ou plusieurs contrôleurs aériens⁹⁷. La compétence d'un secteur s'étend donc à une portion limitée du volume total géré par le centre de contrôle régional⁹⁸.

Bien entendu, ces secteurs sont en augmentation rapide depuis les années 1950 et entraîne celle du nombre de contrôleurs. À Paris on comptait deux secteurs en 1950, ils sont 6 en 1955, et 13 en 1960⁹⁹. Les années 1960 confirment cette tendance à l'accroissement du trafic et à la fragmentation de l'espace aérien¹⁰⁰ qui constitue alors la seule manière d'augmenter un tant soit peu les capacités de gestion.

Outre la massification globale, c'est la distribution du trafic dans le temps et les pics d'occupation du ciel qui posent les problèmes les plus aigus. L'aéroport d'Orly, pour ne prendre que cet exemple, reçoit pendant la seule heure de pointe 12 % des avions atterrissant au cours de la journée¹⁰¹. En 1966, durant les jours de pointe, le volume du trafic est en hausse de 20 % en comparaison de l'année précédente¹⁰². Un centre de

⁹⁵ L'analyse serait la même du côté britannique ou américain (BRIDDON Arnold E., CHAMPIE Ellmore A. & MARRAINE Peter A., *FAA historical fact book. A chronology, 1926-1971*, Federal Aviation Administration, Office of Information Services, Washington, 1974, 315 p.).

⁹⁶ VILLIERS Jacques, Reproduction de l'article intitulé 'Perspectives sur l'automatisation du contrôle de la circulation aérienne', in *Navigation. Revue technique de navigation maritime, aérienne et spatiale*, vol. IX, n°35, 1961, p. 269-282.

⁹⁷ C'est l'utilisation de la radio entre le contrôle au sol et les pilotes qui imposent la notion de secteur de contrôle, qui recouvre à la fois une zone géographique une bande de fréquences.

⁹⁸ Ibid.

⁹⁹ Ibid.

¹⁰⁰ Organisation de l'aviation civile internationale, *Trafic 1961-1971*, Organisation de l'aviation civile internationale, Montréal, 1972, 540 p.

¹⁰¹ VILLIERS Jacques, Reproduction de l'article intitulé 'Perspectives sur l'automatisation du contrôle de la circulation aérienne', in *Navigation. Revue technique de navigation maritime, aérienne et spatiale*, vol. IX, n°35, 1961, p. 269-282.

¹⁰² VILLIERS Jacques, Reproduction de l'article intitulé 'L'automatisation de l'exploitation : l'exemple du contrôle de la circulation aérienne' (*Bulletin du PCM*), 1967 (Inria Rocquencourt, Armoire 25)

contrôle comme celui de la région nord, qui surveille la moitié de la France, achemine 2000 avions par jour. Chacun des 17 secteurs de contrôle entre lesquels cet espace est divisé peut être survolé simultanément par 15 à 20 aéronefs¹⁰³.

Aux enjeux de gestion de l'activité du contrôle et de sauvegarde des niveaux de sécurité s'ajoutent des enjeux financiers importants : garder un appareil en vol pour des raisons d'encombrement est un gaspillage : en 1967, une minute de vol d'un long courrier coûte 200 fr.¹⁰⁴.

Face à cette augmentation du trafic aérien, la multiplication des contrôleurs n'est pas une solution envisageable. En effet, cette augmentation risque de provoquer une paralysie, car elle complexifie l'organisation du contrôle et notamment de la communication entre contrôleurs pour gérer chacun des espaces aériens placés sous leur responsabilité et en interactions constantes :

« Le bénéfice de l'addition d'un membre à l'équipe [de contrôle] est inversement proportionnel à son effectif préalable¹⁰⁵. »

Ainsi, au début des années 1960, le ciel français est au bord de l'asphyxie et les solutions traditionnelles semblent impuissantes face à l'augmentation rapide du trafic.

2. Les outils du contrôle analogique

Ces modifications des conditions de la gestion des flux entraînent partout en Europe Occidentale et aux États-Unis une réflexion sur les moyens à mettre en œuvre dans le cadre d'une réorganisation du contrôle en vol et en approche¹⁰⁶ dès la fin des années 1950.

¹⁰³ Ibid.

¹⁰⁴ Ibid.

¹⁰⁵ VILLIERS Jacques, *Reproduction de la conférence 'Perspectives sur le contrôle de la navigation aérienne dans les phases avancées d'automatisation : 'la méthode des filtres'*, 1968 (Archives Inria Rocquencourt, Armoire 25).

¹⁰⁶ Organisation de l'aviation civile internationale, *Trafic 1961-1971*, Organisation de l'aviation civile internationale, Montréal, 1972, 540 p.

C'est essentiellement la dimension technique du contrôle, c'est-à-dire l'ensemble des outils employés, qui est considérée comme le paramètre principal à améliorer pour suivre, puis espérer devancer la courbe de l'augmentation du trafic.

En effet, pour se faire le chorégraphe d'un tel ballet, le contrôleur peut compter sur plusieurs outils qui constituent les éléments essentiels de la dimension matérielle du macro-système technique de la navigation aérienne. Durant la décennie 1950, la configuration technique en vigueur dans le cadre du contrôle aérien est entrée dans une phase de transition entre l'ère de la navigation à vue et celle assistée par ordinateur qui s'installe pendant les années 1960 et 1970. Instable, elle est aussi matricielle avec l'affirmation d'outils qui formeront à partir de 1960-1961 les éléments de base des procédures progressivement dématérialisées.

Le strip

Le contrôle dans chaque secteur s'effectue à l'aide d'un tableau comprenant des bandes de papier que l'on nomme « strip ». Chaque strip correspond à la portion de vol d'un avion¹⁰⁷, en général dans un secteur de contrôle donné. Le contrôleur analyse son tableau de strips en prenant connaissance de manière synoptique de la situation actuelle et future des vols sous sa responsabilité grâce aux strips rassemblés selon un même paramètre (balises, heure ou altitude¹⁰⁸).

En temps normal, le contrôleur reçoit les strips concernant chaque vol avant que l'avion ne se présente dans son secteur. Le strip est établi manuellement par un personnel spécialisé qui reçoit ces informations par l'intermédiaire d'un service fixe¹⁰⁹ de télétype ou téléphonique et qui les distribue ensuite aux secteurs intéressés¹¹⁰. Les renseignements

¹⁰⁷ Figure 1. Un strip avec les annotations du contrôleur (vers 1970).

¹⁰⁸ VILLIERS Jacques, Reproduction de l'article intitulé 'Perspectives sur l'automatisation du contrôle de la circulation aérienne', in *Navigation. Revue technique de navigation maritime, aérienne et spatiale*, vol. IX, n°35, 1961, p. 269-282.

¹⁰⁹ BRIMEUR Denise, FERRY Vital, PELLISSIER Bernard & SUEL Marc et al., *Regards sur l'aviation civile. Histoire d'une administration*, Cépaduès Editions, Toulouse, 1992, 175 p.

¹¹⁰ « Un des rôles majeurs des strips découle de l'organisation du tableau de strips. En effet, c'est un réel support à la planification et à la communication tacite entre contrôleurs. » (MERTZ Christophe & VINOT Jean-Luc, Conception par maquettage rapide : application à des écrans tactiles pour le contrôle aérien, in *Actes d'ErgoIA*, Edition électronique des actes d'ErgoIA 1998, 1998, p. 1-11.).

présents sur le strip constituent des prévisions, aussi le contrôleur doit tenir à jour le strip en fonction des éléments que lui communiquent les avions en vol et informer les unités de contrôle adjacentes à son secteur pour pouvoir prendre des décisions et les notifier aux avions¹¹¹.

La collecte des informations nécessaires à la tenue à jour du tableau des strips absorbe la quasi-totalité du temps du contrôleur et de ses adjoints. Parfois, les renseignements souffrent d'imprécisions et de retard. Cela complexifie considérablement la tâche du contrôleur qui doit à la fois communiquer par liaison VHF¹¹² avec les avions, mais également par téléphone avec les autres secteurs¹¹³.

En outre, le strip est également le support dynamique de la surveillance du déplacement des l'appareil autant qu'un aide-mémoire constamment mis à jour :

« Les contrôleurs aériens utilisent des bandes de papier appelées strips. Un strip est imprimé automatiquement quelques minutes avant l'entrée du vol dans le secteur. Les informations imprimées concernent le plan de vol et les contrôleurs y notent beaucoup d'informations nécessaires à leurs activités¹¹⁴. »

Le nombre d'avions que peut contrôler simultanément un seul et unique contrôleur est essentiellement limité par la saturation de la mémoire de l'opérateur et par les tâches

¹¹¹ VILLIERS Jacques, Reproduction de l'article intitulé 'Perspectives sur l'automatisation du contrôle de la circulation aérienne', in *Navigation. Revue technique de navigation maritime, aérienne et spatiale*, vol. IX, n°35, 1961, p. 269-282.

¹¹² « Very high frequency », soit la bande des très hautes fréquences qui est la partie du spectre radioélectrique s'étendant de 30 MHz à 300 MHz : « « Le premier moyen nécessaire est une liaison radio avec les avions, fonctionnant en mode conférence. C'est ainsi que les premiers services de contrôle dans le monde ont fonctionné. Beaucoup fonctionnent encore uniquement avec ce seul moyen. Chaque pilote assure la conduite individuelle de son vol et renseigne le contrôleur sur sa progression. Le contrôleur fait la synthèse de la situation et délivre des autorisations de poursuite du vol . » (BOUJU Francis, *Recommandation ergonomique applicable à l'élaboration d'un meuble de contrôle (N79-076)*, 1979 (Les amis du Cena, Notes)).

¹¹³ BRIMEUR Denise, FERRY Vital, PELLISSIER Bernard & SUEL Marc et al., *Regards sur l'aviation civile. Histoire d'une administration*, Cépaduès Editions, Toulouse, 1992, 175 p.

¹¹⁴ MERTZ Christophe & VINOT Jean-Luc, Conception par maquettage rapide : application à des écrans tactiles pour le contrôle aérien, in *Actes d'ErgoIA*, Edition électronique des actes d'ErgoIA 1998, 1998, p. 1-11.

annexes liées à l'acquisition des informations nécessaires à la tenue à jour du tableau de progression¹¹⁵ constitué par les strips.

Cette méthode de gestion des flux n'est pas propre à la France : aux États-Unis et dans les autres pays développés, les procédures de contrôle reposent sur les mêmes bandes de papier qui peuvent néanmoins varier dans la forme qu'elles adoptent. C'est d'ailleurs aux États-Unis que les strips ont commencé à remplacer progressivement le « plotting », mis en place dans le cadre du contrôle aérien militaire :

« La méthode du stripping a été inventée aux États-Unis où elle a remplacé progressivement celle du plotting. Cette dernière méthode consistait à déplacer des plots sur une grande carte représentant l'espace aérien contrôlé a permis d'affiner les processus d'organisation du trafic et de détection des conflits, avec l'augmentation du trafic, de plus en plus nombreux¹¹⁶. »

Comme la DGAC en France, la *Federal Aviation Agency* expérimente durant les années 1960 des procédés qui permettent l'impression automatique des nouvelles données sur les strips en cours d'exploitation¹¹⁷. L'administration hollandaise utilise également un tableau de progression ne comprenant plus de papier, mais des dispositifs électromécaniques positionnant des caractères disposés comme dans un strip classique¹¹⁸. Aucune de ces solutions ne permettra la disparition du strip jusqu'au milieu des années 1990, période de remise en cause de ce support papier que l'on cherche à remplacer par le

¹¹⁵ VILLIERS Jacques, Reproduction de l'article intitulé 'Perspectives sur l'automatisation du contrôle de la circulation aérienne', in *Navigation. Revue technique de navigation maritime, aérienne et spatiale*, vol. IX, n°35, 1961, p. 269-282.

¹¹⁶ POIROT-DELPECH Sophie, *Mémoire et histoires de l'automatisation du contrôle aérien : sociobiographie du CAUTRA*, L'Harmattan, Paris, 2009, 253 p.. Une autre méthode est testée en 1957 quand le plotting est abandonné, la méthode du « graphique chemin de fer », qui consiste à matérialiser une route donnée par un axe sur lequel on interpole la position des avions en fonction de l'heure et de leurs messages. Cette méthode a été rapidement abandonnée également car elle n'était pas adaptée aux zones de fort trafic et donnait une image aux contrôleurs illisible par sa trop grande complexité.

¹¹⁷ NOLAN Michael S., *Fundamentals of air traffic control*, Delmar Cengage Learning, Clifton Park, N.Y., 2011, 654 p.

¹¹⁸ VILLIERS Jacques, Reproduction de l'article intitulé 'Perspectives sur l'automatisation du contrôle de la circulation aérienne', in *Navigation. Revue technique de navigation maritime, aérienne et spatiale*, vol. IX, n°35, 1961, p. 269-282.

« tout écran¹¹⁹ », et il forme le support central de l'activité de contrôle pendant plus de quarante ans¹²⁰.

Le radar

Aux côtés des strips se trouve également le radar dont le premier exemplaire est implanté à Orly en décembre 1954. Il sert à la fois au contrôle en route et au contrôle d'approche.

Le radar permet d'avoir une idée précise de la position d'un mobile sur le plan horizontal :

« Le radar apporte [...] une aide au contrôle du trafic, mais on connaît fort bien les limitations de ce dispositif. Actuellement, le radar ne fournit, en effet, aucune information sur l'altitude et l'indicatif des avions ayant donné naissance à un écho sur son écran cathodique. Le contrôleur peut effectuer une corrélation entre les renseignements du radar et ceux du tableau de strip et remédier à cette carence au prix, cependant, d'un effort d'attention et d'une dépense de travail non négligeable¹²¹. »

Pour pallier ces limitations, on multiplie durant les années 1960 le recours aux radars dits « secondaires¹²² » et aux transpondeurs au sein des appareils. Ces derniers sont

¹¹⁹ « Le Centre d'Études de la Navigation Aérienne (CENA) étudie les évolutions possibles des postes de travail des contrôleurs aériens. Une partie des informations inscrites aujourd'hui au stylo sur les strips par les contrôleurs devra être connue des futurs outils informatiques d'aide au contrôle comme ERATO développé au CENA. » (MERTZ Christophe & VINOT Jean-Luc, Conception par maquettage rapide : application à des écrans tactiles pour le contrôle aérien, in *Actes d'ErgoIA*, Edition électronique des actes d'ErgoIA 1998, 1998, p. 1-11.) voir également CHATTY Stéphane & LECOANET Patrick, *Un poste de travail avec reconnaissance de gestes pour le contrôle aérien*, 1995 (Cena, CENA/PII&ICS/95.616).

¹²⁰ Une analyse philosophique de ce rôle tout à fait spécifique dans l'étonnant ouvrage de Daniel Parrochia (PARROCHIA Daniel, *L'homme volant : Philosophie de l'aéronautique et des techniques de navigation*, Editions Champ Vallon, Paris, 2003, 317 p.).

¹²¹ VILLIERS Jacques, Reproduction de l'article intitulé 'Perspectives sur l'automatisation du contrôle de la circulation aérienne', in *Navigation. Revue technique de navigation maritime, aérienne et spatiale*, vol. IX, n°35, 1961, p. 269-282.

¹²² Le radar secondaire reprend le principe de l'IFF (*Identification Friend or Foe*) à l'œuvre dans l'aviation militaire américaine pendant la Seconde Guerre Mondiale. Les avions « amis » répondent suivant un code aux impulsions radar, pas l'ennemi, ce qui permet une identification simple des appareils. Pour les civils, un code alloué à chaque avion autorise une identification parfaite sans parasite. Orly reçoit son premier radar secondaire en 1962. Il a été mis au point aux Etats-Unis en 1961 (*Secondary Surveillance Radar*) (DELOM Georges, *Le radar secondaire*, Ecole Nationale de l'Aviation Civile, Toulouse, 1971, 63 p.). En 1967, la

rendus obligatoires pour les avions à réaction à partir de juillet 1966 et pour les avions à hélices à partir de juillet 1967¹²³. Ils permettent au contrôleur de prendre connaissance de l'identité de l'avion et de son altitude sans avoir à entrer en communication avec le pilote de l'appareil.

Avant la mise en service de ces derniers, c'est sur la seule base d'un écho radar « muet¹²⁴ », donnant une représentation succincte des positions des avions dans l'espace plan et par le truchement des échanges radio que les contrôleurs du ciel organisent le ballet des appareils dans le ciel français.

3. La tribu des contrôleurs du ciel

Aux côtés de l'augmentation des flux et de la nécessaire modernisation des outils, la navigation aérienne civile française doit également composer avec « la tribu des contrôleurs aériens¹²⁵ ». Ce groupe professionnel jouit d'une très forte cohésion et d'usages bien établis qui ne permettent pas la modification des situations de travail sans consultation et acceptation préalables des personnels :

« Ce caractère tribal de la communauté des contrôleurs avec un espace social spécifique caractérisé par son horizontalité, une gestion diffuse du pouvoir, une autogestion du temps, un usage spécifique des techniques rend complexe la cohabitation avec la structure administrative hiérarchisée de l'institution de la Navigation Aérienne¹²⁶. »

C'est par le décret du 7 juin 1948 qu'est créé le corps de la navigation aérienne qui comprend les ingénieurs de la navigation aérienne, les ingénieurs de l'exploitation, les contrôleurs et les agents de la navigation aérienne. Après la création du corps en 1948,

DNA impose l'emport d'un répondeur secondaire à tous les appareils commerciaux survolant la France (60 ans de contrôle aérien "en-route", DGAC, Paris, 2007, 36 p.).

¹²³ BRIMEUR Denise, FERRY Vital, PELLISSIER Bernard & SUEL Marc et al., *Regards sur l'aviation civile. Histoire d'une administration*, Cépaduès Editions, Toulouse, 1992, 175 p. ; BLANCHARD Yves, *Le radar 1904-2004 : histoire d'un siècle d'innovations techniques et opérationnelles*, Ellipses, Paris, 2004, 428 p.

¹²⁴ C'est-à-dire ne fournissant pas d'information sur le vol considéré.

¹²⁵ THIERRY Benjamin, *Entretien avec Jacques Villiers* (14 novembre 2011)

¹²⁶ POIROT-DELPECH Sophie, *Mémoire et histoires de l'automatisation du contrôle aérien : sociobiographie du CAUTRA*, L'Harmattan, Paris, 2009, 253 p.

3400 agents deviennent fonctionnaires et 400 restent contractuels. Cette situation est génératrice de fortes tensions sociales qui culminent en 1955 avec presque deux mois de grève¹²⁷ qui paralysent le trafic.

De plus, la période qui va de la création du corps à l'arrivée de l'informatique au début des années 1960 est marquée par un alourdissement continu des tâches et une pénurie constante de personnels. Les contrôleurs sont contraints par l'obligation de continuité de service et les grèves du zèle¹²⁸ deviennent alors courantes, seul moyen de faire valoir sont mécontentement. C'est également durant cette période qu'une véritable « culture du contrôle » apparaît. Cinquante ans plus tard, elle est toujours vivace et comme le soulignent Pascale Baboulet-Fougens ou Caroline Moricot et Sophie Poirot-Delpech, structure toujours la profession selon des valeurs de cohésion et d'horizontalité qui la rende particulièrement peu perméable aux injonctions de la hiérarchie :

« Les contrôleurs restent entre eux » affirment les autres personnels du centre. C'est effectivement un trait qui les caractérise. Ils travaillent dans un même site, 'la salle', vaste lieu clos presque aveugle [...] Le tutoiement est de rigueur et certains s'appellent camarades supprimant la distance entre collègues [...] Ils sont nombreux à utiliser la métaphore de la 'famille' pour exprimer leur cohésion et l'intimité de leurs relations¹²⁹. »

« Les contrôleurs en revanche travaillent en groupe au sein d'une organisation sociale beaucoup plus horizontale où ils font corps. Des équipes de 10 à 20 personnes occupent tour à tour ou simultanément la salle de contrôle. Le chef d'équipe a un rôle régulateur et, comme pour le

¹²⁷ Dès 1948 commencent des grèves. En 1950, l'interruption de travail est sanctionnée par le licenciement, bientôt négociées par les syndicats en mise à pied temporaire. En 1955, une grève de 55 jours sera suivie de réajustement de rémunération, notamment pour les personnels contractuels (*60 ans de contrôle aérien "en-route"*, DGAC, Paris, 2007, 36 p.).

¹²⁸ Chez les aiguilleurs du ciel, « la grève du zèle » consiste en un mouvement de protestation qui repose sur l'application scrupuleuse de toutes les mesures de sécurité devant être particulièrement appliquées aux appareils en approche ou en phase de décollage. Ne bénéficiant pas d'un droit de grève stricto sensu, les contrôleurs aériens paralysent ainsi le trafic sous le prétexte de façade de l'observance la plus rigoureuse du risque zéro. Ces grèves se multiplient durant les décennies 1950 et 1960 pour soutenir des revendications salariales (POIROT-DELPECH Sophie, *Mémoire et histoires de l'automatisation du contrôle aérien : sociobiographie du CAUTRA*, L'Harmattan, Paris, 2009, 253 p.).

¹²⁹ BABOULET-FOUGENS Pascale, Ce que peut cacher un organigramme. Dinosaures, cow-boys et casques à pointes dans un centre de navigation aérienne, in *Terrain*, n°49, 2007, p. 1-11.

chef indien décrit par Pierre Clastres, l'exercice du pouvoir n'est pas le garant de sa légitimité. De ce fait, le pouvoir n'est pas focalisé sur un seul homme. Cette organisation singulière permet aux contrôleurs d'exercer une pression collective, non seulement dans le domaine classique des revendications sociales (statut, qualification, salaire, etc.) mais dans celui des changements technologiques¹³⁰. »

Le corps des contrôleurs et ses usages particuliers (système de la clearance¹³¹ et les multiples contestations de la hiérarchie¹³²) imposent donc, dès les années 1950, à tout porteur d'une innovation ayant des conséquences sensibles en tour de contrôle de s'assurer du soutien des personnels sous peine de déclencher une opposition clandestine, mais terriblement efficace.

B. Une solution : l'informatisation du contrôle

Pour gérer la massification du trafic, la Navigation aérienne envisage donc à la fin des années 1950 de se doter d'un potentiel de calcul qui doit permettre d'automatiser une partie des tâches de contrôle. Les enjeux de cette informatisation ne sont pas minces. Dans un article séminal de 1961, Jacques Villiers, qui dirige alors le Centre d'études de la navigation aérienne¹³³ et qui est en charge de ces études, présente les perspectives qu'offre l'automatisation du contrôle de la circulation aérienne, seule solution viable dans le long terme à ses yeux face à l'augmentation continue et massive du trafic¹³⁴.

Cette solution s'incarne triplement à la fin des années 1950 dans la vision d'un homme, dans le giron d'une institution et par l'émergence d'une méthodologie

¹³⁰ MORICOT Caroline & POIROT-DELPECH Sophie, Le contrôle aérien ou la rencontre du savoir-faire avec l'informatique, in *Culture Technique*, n°21, 1990, p. 92-95.

¹³¹ Les règles du contrôle prévoient que chaque position soit « armée » de trois personnes (un contrôleur organique, un contrôleur de régulation et un assistant). Dans les faits, une position compte rarement trois personnes et des systèmes de rotation sont institués par les contrôleurs eux-mêmes (POIROT-DELPECH Sophie, *Mémoire et histoires de l'automatisation du contrôle aérien : sociobiographie du CAUTRA*, L'Harmattan, Paris, 2009, 253 p.).

¹³² Voir sur ce point Ibid.

¹³³ Le Cena, voire ci-après.

¹³⁴ VILLIERS Jacques, Reproduction de l'article intitulé 'Perspectives sur l'automatisation du contrôle de la circulation aérienne', in *Navigation. Revue technique de navigation maritime, aérienne et spatiale*, vol. IX, n°35, 1961, p. 269-282.

d'implantation de cet outil radicalement nouvelle et originale dont la portée dépasse de beaucoup le seul contrôle aérien.

1. Un visionnaire dans l'air du temps

Jacques Villiers¹³⁵ est incontestablement l'acteur principal de la première époque d'informatisation du contrôle aérien. C'est lui qui porte pendant dix ans le projet d'informatisation baptisé Cautra (Coordination Automatique du trafic aérien) lancé à partir de 1961 et en fixe les principales orientations organisationnelles, techniques, mais également ergonomiques.

À la fin des années 1950, Jacques Villiers¹³⁶ est encore un jeune polytechnicien¹³⁷ tout récemment arrivé au Service de la Navigation Aérienne (SNAé). Après quelques années de travail et face aux contraintes qui s'accumulent, son opinion est faite : les difficultés que rencontre le contrôle aérien civil ne pourront être résolues que par le recours à l'informatique.

À la fin de la décennie 1950 et au début de la décennie 1960, l'idée n'est pas très originale pour le fin connaisseur des États-Unis qu'est Villiers. En effet, les mêmes causes produisant les mêmes effets, l'automatisation du contrôle aérien civil se constitue en horizon indépassable pour toute une génération d'ingénieurs outre-Atlantique :

« L'idée d'automatiser complètement ou partiellement le contrôle civil survient aux États-Unis au milieu des années 1950. Il est vrai que la situation est grave : pour moins de 2000 avions en vol sur tout le territoire, environ 3000 personnes sont employées à les contrôler¹³⁸. »

¹³⁵ Jacques Villiers est décédé en mars 2012 à l'âge de 88 ans.

¹³⁶ Après sa sortie de l'École Nationale de l'Aviation Civile en 1950, il est entré à la Navigation Aérienne. En 1960, à la suite d'une réorganisation du SNAé, le directeur de la navigation aérienne lui permet de créer le Cena (VILLIERS Jacques, *L'approche française de l'automatisation du contrôle de la navigation aérienne (N65-008)*, 1965 (Les amis du Cena, Notes)).

¹³⁷ X 45, il entre en 1948 à l'École nationale de l'aviation civile (LAMBERT Yves, *Jacques Villiers a 16 ans en 1940*, 2001 (Les amis du Cena, Notes)).

¹³⁸ POIROT-DELPECH Sophie, *Mémoire et histoires de l'automatisation du contrôle aérien : sociobiographie du CAUTRA*, L'Harmattan, Paris, 2009, 253 p.

En Europe, le premier échange de vues international sur l'automatisation de l'ATC date de la réunion EUMED de l'OACI tenue à Paris en 1961¹³⁹. Mais, « tout le monde y pense avant¹⁴⁰ », c'est-à-dire dès 1959-1960 selon Villiers.

À cette époque déjà, les nombreuses idées exposées montrent que les services responsables ont l'intuition que les systèmes modernes de traitement de l'information peuvent trouver leur application à résoudre les problèmes posés à l'ATC par l'expansion continue du transport aérien¹⁴¹.

En comparaison de ce qui se fait aux États-Unis, deux constatations s'imposent. La première est que la France est encore dans la course durant les années 1960, voire en avance en matière d'informatisation. En effet, malgré l'avance américaine accumulée dans le domaine militaire grâce au projet Sage¹⁴², le contrôle civil assisté par ordinateur en est encore à ses balbutiements outre-Atlantique¹⁴³. La seconde, que cette vision n'est pas des plus originales. Au début de la décennie 1960, l'informatique est largement vue comme le remède aux maux les plus divers¹⁴⁴. Le transport aérien ne fait pas exception.

Si l'air du temps est à l'automatisation, on ne sait pas pour autant encore sous quelle forme l'ordinateur doit faire son entrée dans les salles de contrôle.

Aux États-Unis, dès octobre 1956, un IBM 650 est installé au contrôle aérien d'Indianapolis pour tester la capacité des ordinateurs à améliorer la phase de préparation des vols en imprimant les strips et pour familiariser les personnels avec ce type de dispositif. En mai 1957, un système d'organisation automatique des aéronefs en approche

¹³⁹ Donne naissance un peu plus tard à l'ATCAP (Air Traffic Control Panel de l'OACI) (VILLIERS Jacques, *L'approche française de l'automatisation du contrôle de la navigation aérienne (N65-008)*, 1965 (Les amis du Cena, Notes)).

¹⁴⁰ THIERRY Benjamin, *Entretien avec Jacques Villiers* (14 novembre 2011)

¹⁴¹ VILLIERS Jacques, *L'approche française de l'automatisation du contrôle de la navigation aérienne (N65-008)*, 1965 (Les amis du Cena, Notes)

¹⁴² JACOBS John F., *The SAGE Air Defense Systems : a personal history*, MITRE Corp., Bedford, Mass., 1986, 263 p.

¹⁴³ Il est important de souligner que Sage (Semi-Automatic Ground Environment) n'est pas une système de gestion de l'espace aérien, mais un environnement informatisé d'aide à la défense aérienne. Sa logique de fonctionnement est donc radicalement différente de celle adoptée ensuite par la FAA pour les espaces civils : après avoir identifier un nombre variable d'appareils ennemis, sa principale fonction est d'anticiper leur trajectoire pour permettre leur interception par les avions de la chasse (VALLEY George, *How the SAGE Development Began*, in *IEEE Annals of the history of computing*, vol. 7, n°3, 1985, p. 196-226.).

¹⁴⁴ MOUNIER-KUHN Pierre-Eric, *L'informatique en France. De la seconde guerre mondiale au Plan Calcul. L'émergence d'une science*, Presses Universitaires de Paris-Sorbonne, Paris, 2010, 718 p.

est testé pour des applications civiles. Ce type de dispositif est déjà couramment utilisé par l'US Air Force. Le 3 juin 1959, la FAA¹⁴⁵ commissionne l'entreprise Univac pour étudier la mise en place d'ordinateurs à New York et Washington dans les centres de contrôle en route. Les strips sont dès lors imprimés par ordinateur¹⁴⁶ vers les positions opérationnelles. En septembre 1961, le projet Beacon rend ses conclusions à la FAA. Il prône l'accélération de la modernisation des dispositifs par l'utilisation du radar secondaire et d'un système totalement informatisé, mais non complètement adossé à Sage¹⁴⁷ comme certains le recommandent à la même époque.

En 1963, quand commencent les travaux du nouveau bâtiment pour le contrôle en route de New York, l'on prévoit d'employer le premier ordinateur transistorisé fonctionnant en temps réel dans le contrôle aérien civil et, en septembre 1964, les fonds pour la modernisation du contrôle aérien sont débloqués.

À cette date, le système de contrôle aérien fonctionne encore largement manuellement. La seule utilisation du radar principal permet au contrôleur d'avoir une idée de la position de l'avion horizontalement, mais il doit établir une communication radio pour déterminer son altitude. De même, l'identification de l'avion est encore réalisée au moyen de petits bouts de plastique que le contrôleur déplace à la main sur son écran radar¹⁴⁸.

¹⁴⁵ *Federal Aviation Administration.*

¹⁴⁶ *Report of Department of Transportation Air Traffic Control Advisory Committee, 1969* (Archives Inria Rocquencourt, Armoire 25)

¹⁴⁷ En 1951, le *Massachusetts Institute of Technology* commence le développement du système de défense aérien dont la pièce maîtresse est un ordinateur fonctionnant en temps réel développé au MIT. Le système est pleinement opérationnel en 1958 et est baptisé SAGE pour *Semi-Automatic Ground Environment* (JACOBS John F., *The SAGE Air Defense Systems : a personal history*, MITRE Corp., Bedford, Mass., 1986, 263 p.). Au début des années 1960, certains voient dans Sage le moyen de doter dans les meilleurs délais le contrôle aérien civil d'un système automatisé, mais les tâches sont trop différentes pour permettre une adaptation aisée du système militaire au contexte civil.

¹⁴⁸ *Report of Department of Transportation Air Traffic Control Advisory Committee, 1969* (Archives Inria Rocquencourt, Armoire 25)

L'utilisation de l'ordinateur doit permettre d'informatiser toutes ces étapes et notamment de fournir aux contrôleurs directement sur l'écran radar les informations relatives à l'avion considéré (altitude, identification, vitesse¹⁴⁹).

Ce n'est qu'au milieu des années 1960 que le contrôle civil voit les premiers effets de l'informatisation se concrétiser. La FAA entre alors dans une décennie de modernisation intense :

« From 1965 to 1975, the FAA installed a computerized system that for the first time wedded data from the flight plan with readings from the radar and transponder, producing alphanumeric screen readouts of data on the plane's position, speed and altitude. Controllers could at last "see" flights in three dimensions, and do so continually. With the new automation, controllers could also connect transponder signals with flight plans and detect and correct any variations¹⁵⁰. »

En France, dès la toute fin des années 1950, Jacques Villiers commence à examiner la possibilité d'acheter un IBM 650 et contacte le manufacturier américain en 1957¹⁵¹. À cette date, et avant le premier texte d'importance paru en 1961 dans *Navigation. Revue technique de navigation maritime, aérienne et spatiale*¹⁵² qui décrit les premiers pas du système Cautra, s'impose une vision de l'ordinateur comme solution technique incontournable aux problèmes de gestion de l'espace aérien français. C'est entre les murs du Cena qu'elle mûrit et s'invente à partir de 1959.

2. Le Cena

Lui aussi d'inspiration états-unienne, le Cena naît après une visite à Atlantic City de René Bulin alors à la tête de la direction de la Navigation aérienne, qui décide de la

¹⁴⁹ NOLAN Michael S., *Fundamentals of air traffic control*, Delmar Cengage Learning, Clifton Park, N.Y., 2011, 654 p.

¹⁵⁰ Natca, Air trafic history

(<http://www.natca.org/ULWSiteResources/natcaweb/Resources/file/Media%20Center/ATCHistory.pdf>)

¹⁵¹ THIERRY Benjamin, *Entretien avec Jacques Villiers* (14 novembre 2011)

¹⁵² VILLIERS Jacques, Reproduction de l'article intitulé 'Perspectives sur l'automatisation du contrôle de la circulation aérienne', in *Navigation. Revue technique de navigation maritime, aérienne et spatiale*, vol. IX, n°35, 1961, p. 269-282.

mise en place du Centre d'études et d'expérimentation de la navigation aérienne (Ceena), rebaptisé ensuite Cena, sur le modèle du *National Aviation Facilities Experimental Center* (Nafec) américain qui l'a beaucoup impressionné. Créé en août 1959, le Centre d'études de la navigation aérienne est l'un des services techniques centraux de la Direction de la navigation aérienne (DNA¹⁵³) :

« Il effectue les études des expérimentations pour la navigation aérienne. À ce titre, il participe à des études de définition des systèmes de la navigation aérienne. Celles-ci doivent permettre de mieux appréhender les besoins et les spécifications des systèmes utilisés par les services opérationnels. Ces études conduisent à la réalisation de maquettes, prototypes ou bancs de test permettant de valider les concepts et des spécifications. Parallèlement, il est amené à évaluer les systèmes existants afin d'en détecter les dysfonctionnements, les anomalies et proposer des améliorations¹⁵⁴. »

Créé non pour mener toutes les études prospectives et de réalisation de la navigation aérienne, le Cena est plus porté à la mise en évidence des besoins d'évolution du système de navigation aérienne et d'autre part poussé à évaluer l'impact de l'application des nouvelles technologies¹⁵⁵. C'est donc naturellement lui qui porte dès le début 1960 le projet d'étude de l'automatisation du contrôle de la navigation aérienne sous la responsabilité de son directeur, Jacques Villiers.

Malgré les attentes liées à l'informatisation du contrôle, le Cena occupe une place marginale au sein de la Navigation Aérienne et est placé en concurrence avec le STNA¹⁵⁶.

¹⁵³ Alvarez Dominique, *Présentation du CENA*, 1984 (Inria Rocquencourt Armoire 25)

¹⁵⁴ *Consultation pour le remplacement de l'Iris 80 (Rapport CENA N84043)*, 1984 (Inria Rocquencourt Armoire 25)

¹⁵⁵ « A cette fin il a été constitué progressivement une petite équipe homogène dont la vocation s'étend à l'ensemble des disciplines impliquées qui couvrent à la fois les facteurs opérationnels, humains et techniques. Cette équipe exerce sa maîtrise d'œuvre depuis la conception du système jusqu'à sa mise en service, en passant par la spécification du hardware, la définition des procédures, la production du software et l'expérimentation de l'ensemble. » (VILLIERS Jacques, *L'approche française de l'automatisation du contrôle de la navigation aérienne (N65-008)*, 1965 (Les amis du Cena, Notes)).

¹⁵⁶ Service technique de la navigation aérienne, placé sous la direction de Bernard Palayret à partir de 1960.

L'originalité des sujets qu'il traite et des méthodes qu'il emploie, le font parfois qualifier durant les années 1960 de « danseuse¹⁵⁷ » par ses détracteurs.

Le Cena est implanté à partir de 1964 sur le complexe d'Athis-Mons¹⁵⁸. Ce choix d'installation est délibéré. En effet, les équipes peuvent ainsi s'appuyer sur la proximité du centre de contrôle le plus important de la région parisienne ce qui est une nécessité pour la bonne marche de la plupart des études qui sont appliquées.

La marginalité du Cena, revendiquée au moins autant qu'imposée, est sans conteste au début des études sur l'automatisation du contrôle un avantage. En effet, l'informatique est considérée comme une solution envisageable, mais sur le long terme seulement et les ingénieurs qui se livrent aux essais sur le futur Cautra sont jugés comme des « originaux » par leurs collègues attachés à des domaines plus nobles ou jugés tels comme celui des matériels embarqués.

Aux côtés de Jacques Villiers, se trouve Dominique Alvarez¹⁵⁹, responsable des études. Comme son patron, Dominique Alvarez partage l'idée que l'efficacité du Cena résulte de sa « structure commando » dont l'objectif principal est d'explorer des problématiques bien définies dans un temps restreint¹⁶⁰. Jusqu'au début des années 1970, sans compter les personnels venus de l'extérieur pour des études ponctuelles, le Cena est composé de six personnes seulement¹⁶¹.

Structure légère, isolée et certaine du bien-fondé des objectifs défendus par son directeur charismatique, le Cena représente dès l'origine un berceau particulièrement favorable à l'éclosion de solutions qui sortent des sentiers battus en matière d'informatisation du contrôle aérien. C'est en son sein que la rencontre avec Jacques Leplat et André Bisseret initie les études sur le facteur humain dans les systèmes homme-machine destinés au contrôle aérien, domaine alors complètement neuf.

¹⁵⁷ THIERRY Benjamin, *Entretien avec Dominique Alvarez* (14 juin 2013).

¹⁵⁸ ALVAREZ Dominique, *Présentation du CENA*, 1984 (Inria Rocquencourt, Armoire 25).

¹⁵⁹ X 54, formé comme Jacques Villiers à l'école nationale de l'aviation civile (1957) et affecté au Cena à partir de 1959.

¹⁶⁰ Ibid.

¹⁶¹ ALVAREZ Dominique, *Le CENA. Son programme de travail et ses problèmes (R75-015)*, 1975 (Les amis du Cena, Rapports).

C. Une révolution copernicienne de la relation homme-machine

Au début des années 1960, l'idée d'informatiser une partie des tâches du contrôle aérien n'est pas une idée atypique comme nous venons de le souligner. Les États-Unis travaillent aussi à l'introduction de l'ordinateur dans les tours de contrôle et les « cerveaux artificiels » génèrent déjà leur comptant d'utopies sur le remplacement de l'homme par la machine¹⁶².

À cette date, l'originalité radicale du Cautra encore en gestation se situe dans la méfiance à l'égard d'une informatisation aveugle à la prise en compte du facteur humain. Ce qui singularise le système de Coordination Automatique du Trafic Aérien, plus que son architecture technique, c'est la méthodologie d'insertion de la machine auprès des travailleurs qui, non seulement fait émerger la figure de l'utilisateur en dotant pour la première fois des opérateurs individuels et « novices » d'une véritable autonomie dans la manipulation d'un ordinateur, mais fait également de leur activité et de leurs capacités de compréhension l'alpha et l'oméga de l'informatisation : il n'est plus question d'adapter l'homme à la machine, mais bien de forger un outil à la mesure des capacités et des attentes de ceux qui l'utilisent, conséquence logique du poids des diverses contraintes qui pèsent sur le contrôle aérien au début des années 1960.

1. De l'impossible automatisation à la coopération homme-machine

« La circulation aérienne arrive actuellement aux points critiques et les responsables recherchent activement de nouvelles méthodes et de

¹⁶² FLICHY Patrice, La place de l'imaginaire dans l'action technique. Le cas de l'internet, in *Réseaux. Communication - Technologie - Société*, vol. 5, n°109, 2001, p. 52-73.

*nouveaux moyens pour faire face à la situation des années futures pour lesquelles une augmentation du trafic doit être prévue*¹⁶³. »,

déclare Villiers en 1961 en introduction du premier article qu'il rédige sur le rôle que l'ordinateur est appelé à jouer dans la modernisation des tâches de contrôle.

Justifiée par les contraintes particulière de ce domaine marqué par l'impératif de sécurité, l'informatisation devient réalité en 1962 avec l'acquisition du premier calculateur dans le cadre de la « phase 1 » de l'expérimentation menée par le Cena. Les attentes qui ont conduit à la location de l'IBM 650 sur lequel Dominique Alvarez teste les premiers programmes qui doivent conduire à l'impression automatique des strips ne sont pas encore clairement formalisées. Comme le relate Villiers « *le problème se pose donc de savoir [...] ce qu'un calculateur peut apporter comme aide efficace à un contrôle manuel*¹⁶⁴. » L'idée fondatrice est encore d'envisager une intégration progressive de la machine dans le but, à moyen ou long terme, d'automatiser les procédures, donc de « sortir l'homme de la boucle » du contrôle.

André Bisseret, qui a travaillé à partir de 1960 sur le projet Cautra en tant qu'ergonome comme adjoint de Jacques Leplat puis comme chef de l'équipe des psychologues d'Orly, souligne combien l'entrée de l'ordinateur a pu générer d'espoirs quant à la production d'une solution entièrement technique pour le contrôle aérien :

*« L'objectif général des ingénieurs de la navigation aérienne était d'introduire l'ordinateur peu à peu dans le contrôle aérien. Certains ont cru que dans les cinq ans on pourrait remplacer le contrôle exercé par les hommes par des machines*¹⁶⁵... »

Jacques Villiers lui-même semble avoir accordé sa confiance à une évolution qui prendrait progressivement les traits d'un remplacement de l'homme ou, au moins, de certaines des fonctions qu'il assume alors dans le système :

¹⁶³ VILLIERS Jacques, Reproduction de l'article intitulé 'Perspectives sur l'automatisation du contrôle de la circulation aérienne', in *Navigation. Revue technique de navigation maritime, aérienne et spatiale*, vol. IX, n°35, 1961, p. 269-282.

¹⁶⁴ Ibid.

¹⁶⁵ Entretien avec André Bisseret (12/11/2001).

« Il a d'abord fallu se poser la question de savoir si l'automatisation de la décision pouvait être poussée à un tel point que la machine devait remplacer l'homme [...] si un calculateur peut être capable de remplacer le contrôle manuel dans un avenir plus ou moins lointain¹⁶⁶. »

Très rapidement néanmoins, plusieurs facteurs vont contribuer à infléchir le projet vers une direction beaucoup plus originale que la simple tentative de remplacement de l'homme par la machine. Dès le début de l'année 1961, il semble que Villiers abandonne la voie « techniciste » et l'objectif du remplacement pour s'engager sur celle de la complémentarité.

Abordée dans la littérature ultérieure comme évidente¹⁶⁷, cette remise en cause d'une organisation traditionnelle de la relation homme-machine n'est pourtant pas étrangère à un contexte marqué par les limites techniques des machines utilisées et la présence d'une équipe de psychologues du travail venus pour travailler sur les revendications salariales des contrôleurs.

Ce sont bien entendu les limites techniques des matériels loués en 1962 qui ont poussé à l'exploration de pistes plus originales qu'une simple substitution de l'aiguilleur par la machine. En 1960, il est en effet parfaitement irréaliste de penser à remplacer l'ensemble des fonctions assurées par les contrôleurs par un ordinateur, aussi puissant soit-il. L'IBM 650, commandé en 1961 et mis en service en 1962, n'est doté d'un programme opérationnel que d'environ 4000 mots¹⁶⁸ et sa première tâche consiste uniquement en l'impression des strips à partir des données fournies par les opérateurs Cautra, des personnels qui travaillent en amont des fonctions de contrôle. Il n'en fera pas plus dans un premier temps.

¹⁶⁶ Ibid.

¹⁶⁷ « Il ne fallait guère être grand clerc pour pressentir qu'il me serait pas possible de progresser dans l'assistance automatisée au contrôleur sans s'interroger au préalable et en profondeur sur la nature de leur travail et sur l'enchaînement des processus cognitifs qui mettent en œuvre en temps réel sous fortes contraintes temporelles et sécuritaires. » VILLIERS Jacques, *Texte de la conférence intitulée 'La mémoire des opérateurs dans la conduite des systèmes complexes. Le cas de l'ATC'*, 2000 (Archives Inria Rocquencourt, Armoire 25)

¹⁶⁸ *Que doit-on attendre d'un langage évolué ? (N71-001)*, 1971 (Les amis du Cena, Notes)

2. La rencontre avec les 'psychos'

Autre facteur important dans la mise en place de la « révolution copernicienne » qui conduit aux premiers pas de l'ergonomie de l'informatique dans le giron de l'aviation civile, la présence d'abord inopinée, puis permanente et organisée d'une équipe de psychologues du travail menée initialement par Jacques Leplat :

« On était en 1962. On doit cette collaboration à une rencontre quelque peu providentielle, de celle que l'on ne saurait pas provoquer intentionnellement a priori entre des hommes de bonne volonté appartenant à des mondes qui s'ignorent les uns des autres. Il se fait que l'école du professeur Leplat, et notamment André Bisseret qui a conduit ensuite les travaux pendant de nombreuses années, s'intéressaient aux processus cognitifs ; au cours d'une conversation il est apparu à quel point de coopération pour être fructueuse pour les deux parties : pour le contrôle aérien évidemment, mais aussi pour offrir à ses chercheurs, en ce qui ne s'appelait pas encore la science de la cognition, la chance de pouvoir disposer d'une population nombreuse effectue en temps réel un travail complexe aux objectifs parfaitement définis ; les contrôleurs se sont révélés immédiatement très ouverts à de telles investigations, voire enthousiaste dans la mesure où, de proche en proche, ils découvraient eux-mêmes ce qu'ils ignoraient de la manière intime dont ils accomplissent leur tâche¹⁶⁹. »

La présence de Jacques Leplat auprès des aiguilleurs du ciel à la fin des années 1950 n'est probablement pas totalement étrangère à la décision de Jacques Villiers de ne pas avoir recours à une technique hégémonique qui porte seule le changement organisationnel du contrôle aérien. Psychologue du travail français de premier plan¹⁷⁰, Jacques Leplat a été contacté par la DGAC pour mener à la fin des années 1950 une étude

¹⁶⁹ VILLIERS Jacques, *Texte de la conférence intitulée 'La mémoire des opérateurs dans la conduite des systèmes complexes. Le cas de l'ATC'*, 2000 (Archives Inria Rocquencourt, Armoire 25)

¹⁷⁰ CLOUTIER Esther & GAUDART Corinne, Jacques Leplat. Entrevue guidée, in *Pistes*, vol. 7, n°1, 2005, p. 1-6.

sur les revendications des aiguilleurs du ciel. La demande émane de la DGAC qui ne souhaite pas voir se reproduire les grands mouvements de grève de 1955. Il ne s'agit à cette date que de prendre en compte les demandes d'augmentation de salaire et de déterminer, en observant les tâches et les conditions dans lesquelles elles sont effectuées, si ces revendications sont légitimes.

Leplat, qui a travaillé sous la direction de Jean-Marie Faverge¹⁷¹, s'intéresse dès les années 1950 aux travaux américains sur la place du facteur humain dans l'aviation, notamment au travers des ouvrages de John Flanagan¹⁷² :

« On était à l'époque du plan Marshall qui finançait des voyages d'études aux États-Unis. Ainsi, Faverge, qui était aussi enseignant de psychologie industrielle à l'Institut de Psychologie de la Sorbonne, est allé en Amérique avec d'autres collègues. Il a découvert des laboratoires de « Human engineering », (le mot d'ergonomie n'existait pas encore à l'époque). Il a été impressionné et séduit. Il est revenu avec un livre de Chapanis , « Applied Experimental Psychology ». Je le revois encore arrivant dans mon bureau en me disant : « Tenez, je vous donne ça, vous allez regarder ce livre et vous m'en ferez un compte-rendu. Je crois que c'est intéressant. » Cela a été le début d'une orientation nouvelle de ce service du CERP qui s'est mis à s'intéresser aux méthodes d'analyse du travail. »

De ces lectures, il tire la conviction qu'il faut agir sur le facteur humain, c'est-à-dire les opérateurs, au même titre que sur leur environnement matériel pour améliorer globalement le fonctionnement d'un système technique donné¹⁷³. Il s'agit donc de

¹⁷¹ Autre grande figure de l'ergonomie, Jean-Marie Faverge est agrégé de mathématiques et dirige le Centre d'Etudes et de Recherches Psychotechniques (Cerp) à partir de 1945. Sous la direction d'Ombredane, c'est un des premiers psychologues du travail français à explorer la voie de l'analyse du travail qui constitue l'une des bases du travail de Leplat puis de Bisseret à la Navigation aérienne (Faverge Jean-Marie, JACQUES Leplat & GUIGUET Bernard, *L'adaptation de la machine à l'homme*, Presses universitaires de France, Paris, 1958, 216 p.).

¹⁷² FLANAGAN John, *The aviation psychology program in the army forces*, Army Air Force Aviation Psychology Research Group, Washington D.C., 1948, 316 p.

¹⁷³ CLOUTIER Esther & GAUDART Corinne, Jacques Leplat. Entrevue guidée, in *Pistes*, vol. 7, n°1, 2005, p. 1-6..

travailler sur la « technologie humaine¹⁷⁴ » et sur la technologie tout court. La parenté d'idée avec celles affichées rétrospectivement par Jacques Villiers en 1965 est frappante. Que les deux hommes aient conçu tous les deux l'impératif du travail sur le facteur humain ou que la rencontre de l'ingénieur avec le psychologue ait constitué une révélation, le résultat est le même : comme le relate André Bisseret, au début des années 1960 « *certains ont cru que dans les cinq ans on pourrait remplacer le contrôle aérien [par des machines]... Mais Villiers n'y a pas cru [...] Ca c'est très original à l'époque¹⁷⁵. »*

Aux yeux de Bisseret, c'est l'intuition de Jacques Villiers qui a joué le rôle fondateur dans la mise en place du Cautra. Elle est sans équivalent au début des années 1960 du fait de sa capacité à traiter un problème classique (comment améliorer la productivité d'un système associant humains et outils) sous un angle radicalement original. En 1995, au moment de rédiger ce qui constitue encore aujourd'hui le meilleur bilan des apports scientifiques de l'étude de la navigation aérienne à l'ergonomie de l'informatique, André Bisseret remercie son vieux compagnon en des termes sans équivoque :

« Jacques Villiers, ingénieur et penseur enthousiaste de l'introduction des ordinateurs dans le contrôle ; je crois qu'il fut le premier à concevoir l'informatique en termes d'assistance à l'homme à contre-courant de l'idéologie du remplacement, dominante à l'époque. Voulant connaître qui il assistait, il se passionna pour nos recherches, nous apportant un soutien sans faille¹⁷⁶. »

Peu disponible, Jacques Leplat demande à André Bisseret d'assister Villiers pour ce qui relève de l'étude du facteur humain¹⁷⁷ au sein de l'activité de contrôle après avoir mené une « pré-étude » de trois mois sur le sujet¹⁷⁸ :

¹⁷⁴ Faverge Jean-Marie, JACQUES Leplat & GUIGUET Bernard, *L'adaptation de la machine à l'homme*, Presses universitaires de France, Paris, 1958, 216 p.

¹⁷⁵ Entretien avec André Bisseret (12/11/2001).

¹⁷⁶ BISSERET André, *Représentation et décision experte. Psychologie cognitive de la décision chez les aiguilleurs du ciel*, Octarès Editions, Toulouse, 1995, 182 p.

¹⁷⁷ « Pour revenir à mon histoire au CERP, mon statut allait y changer en 1962. Après la mort d'Ombredane, Faverge devait partir à Bruxelles pour lui succéder à la direction de son Laboratoire. Il

« Peu de temps après, j'ai été contacté par le directeur du centre de recherche du contrôle aérien à Orly. Ce centre était en train d'automatiser certains processus de contrôle, ce qui n'était pas facile. Il voulait savoir si des psychologues pourraient les aider dans ce processus d'automatisation. Nous avons fait une première pré-étude de trois mois. Quand je suis allé en présenter les résultats, les ingénieurs ont été surpris par nos propositions qu'ils n'avaient pas imaginées et qui leur démontraient une autre manière de voir certains aspects de leurs problèmes. Alors, à partir de ce moment, on a pu faire absolument tout ce qu'on a voulu comme recherche sur ce terrain entre autres plusieurs travaux sur l'activité et la formation des contrôleurs¹⁷⁹. »

Avec le début de la participation d'André Bisseret en 1962, le projet Cautra entre dans sa première phase de développement autour des deux pôles principaux qui constituent durant plus de trente ans son originalité : l'étude de la dimension informatique des outils proposés aux contrôleurs aériens et l'étude des contrôleurs eux-mêmes.

3. Le facteur humain dans le contrôle aérien aux États-Unis

À la même date, aux États-Unis, sous l'égide de l'*Office of Aviation Medicine*, des études pour mieux connaître les personnels au sol sont menées. En ce qui concerne les contrôleurs, elles sont encore très largement centrées sur les rapports entre la fatigue physique, le stress et l'efficacité de l'homme au travail¹⁸⁰, aucune ne s'approche de ce qui

quitta donc le CERP et je me suis laissé convaincre par mes collègues de prendre la direction du service de recherche. » (CLOUTIER Esther & GAUDART Corinne, Jacques Leplat. Entrevue guidée, in *Pistes*, vol. 7, n°1, 2005, p. 1-6.).

¹⁷⁸ LEPLAT Jacques, Travaux récents de technologie humaine (*Human Engineering*), in *L'année psychologique*, vol. 53, n°2, 1953, p. 517-537.

¹⁷⁹ Entretien avec André Bisseret (12/11/2001).

¹⁸⁰ « Mais c'est surtout au niveau de la conception d'ensemble que se sont posés des problèmes les plus angoissants puisque les grandes options conditionnant le succès ou l'échec de l'entreprise ont dû être prises sans qu'aucune expérience peut être acquise préalablement. »

« Il n'est pas étonnant dans ces conditions que, malgré les moyens de recherche relativement très limitée dont elle était dotée, c'était qu'ils soient parvenus à des résultats positifs, rapides et fructueux, qui n'ont pas encore, à ce jour, d'équivalent ailleurs. » (VILLIERS Jacques, Reproduction de l'article intitulé

commence à être pratiqué dans le cadre du Cautra, c'est-à-dire une réelle coopération entre psychologues et ingénieurs ainsi que la mise au cœur de la conception du système les contraintes incarnées par l'utilisateur. En effet, de l'autre côté de l'Atlantique, en 1962, la définition qui est encore donnée de la recherche « aéromédicale » sur les interactions entre l'homme et la machine sont menées sous la seule acception de la manipulation des commandes. L'étude des facteurs qui gouvernent la compréhension n'entre pas en ligne de compte :

« Aeromedical research is the scientific study of the interrelation in aeronautics of the human elements and the hardware¹⁸¹. »

En 1965, un état assez complet de l'âge, des constantes physiques et de l'état de forme des contrôleurs est rédigé sous la direction de Clyde Snow et Richard Snyder, médecins attachés à la *Federal Aviation Agency*¹⁸², mais rien qui n'implique de près ou de loin ce que l'on commence à nommer « psychologie cognitive » et qui se pratique en France dans les tours d'Orly.

Les formes particulières que prend le projet d'informatisation du contrôle aérien en France tiennent beaucoup aux contraintes spécifiques qui pèsent sur lui depuis le début des années 1950. À un enjeu somme toute assez classique de gestion des flux, s'ajoutent l'héritage des techniques antérieures de contrôle qu'il n'est pas question de faire disparaître d'un revers de main et qu'il faut adapter à l'outil informatique, au contexte social spécifique créé par la « tribu des contrôleurs » et la volonté de Jacques Villiers, influencé par Jacques Leplat puis André Bisseret, de positionner le facteur humain comme norme centrale du Cautra qui s'annonce.

Le recours à une psychologie ergonomique encore balbutiante est un facteur à la fois de différenciation et d'avance sur la recherche américaine qui, si elle peut parier sur la

'Perspectives sur l'automatisation du contrôle de la circulation aérienne', in *Navigation. Revue technique de navigation maritime, aérienne et spatiale*, vol. IX, n°35, 1961, p. 269-282.)

¹⁸¹ SNOW Clyde & SNYDER Richard, *Anthropometry of air traffic control trainees*, 1965 (Archives Inria Rocquencourt, Armoire 25)

¹⁸² AGENCY. Federal Aviation, *Civil aeromedical research : responsibilities, aims, and accomplishments*, 1962 (Inria Rocquencourt, Armoire 25)

puissance de son complexe militaro-industriel et sur son expérience en *human factors* née de la guerre, pratique encore une sélection des personnels drastique qui ignore la dimension d'adaptation des outils aux raisonnements de l'opérateur.

II. NUMERISER ET VISUALISER : LES DEUX

PREMIERES ETAPES DE L'INFORMATISATION

Aussi étrange que cela puisse paraître au non-spécialiste, dans les années 1950, le contrôleur aérien ne fonde pas l'essentiel de sa pratique sur l'utilisation de l'image radar qui préexiste pourtant à l'informatisation.

En effet, l'introduction du radar principal en 1954¹⁸³ au CRNA Nord ne fournit des informations que de distance et d'azimut au contrôleur dont la pratique repose encore essentiellement sur l'utilisation des données du plan de vol déposé par le pilote ou transmis par un autre secteur de contrôle et synthétisé sous la forme d'un strip¹⁸⁴ dans le cadre de ce que l'on nomme le « contrôle aux procédures ».

Habitué à anticiper puis à traiter les « conflits » entre avions à partir des données du plan de vol présentes sur le strip, le contrôleur ne ressent pas le besoin au début des années 1960 d'avoir une image de son espace de travail. Tout au plus vérifie-t-il la position d'un avion particulier à l'aide de son écho, mais c'est l'information textuelle qui surdétermine son fonctionnement comme le rappelle Jacques Villiers en 1961, essentiellement à cause de l'incapacité du système à identifier les échos sur l'écran :

« Actuellement, le radar ne fournit, en effet, aucune information sur l'altitude et l'indicatif des avions ayant donné naissance à un écho sur son écran cathodique. Le contrôleur peut effectuer une corrélation entre les renseignements du radar et ceux du tableau de strips et remédier à cette

¹⁸³ BLANCHARD Yves, *Le radar 1904-2004 : histoire d'un siècle d'innovations techniques et opérationnelles*, Ellipses, Paris, 2004, 428 p.

¹⁸⁴ *Le traitement radar (N73-043)*, 1973 (Les amis du Cena, Notes)

carence au prix, cependant, d'un effort d'attention et d'une dépense de travail non négligeable¹⁸⁵. »

Aussi est-il naturel aux yeux des ingénieurs dirigés par Dominique Alvarez et à l'équipe d'André Bisseret d'introduire l'IBM 650 « en périphérie », « hors de portée » du contrôleur : pour l'impression des strips, dans le cadre d'une procédure sans conditions visuelles nouvelles pesant sur le contrôleur. Cette étape, qui commence à la fin de 1961 et se poursuit au début de 1962¹⁸⁶, montre parfaitement le décalage entre la raison technique et celle de l'usage : elle est considérée par les ingénieurs du Cena comme la « phase 1 » de l'informatisation¹⁸⁷, mais reste presque invisible au quotidien pour les personnels et son impact est plus que limité sur les usages.

C'est avec l'apparition de la visualisation synthétique en 1969, grâce aux « étiquettes » qui superposent à une image radar traditionnelle des données extraites des plans de vol et des radars secondaires que le contrôle aérien et ses personnels pénètrent réellement dans l'ère du contrôle « assisté par ordinateur ». Permises par la numérisation toujours plus étendue des informations à disposition du contrôleur, elles constituent la première déstabilisation d'envergure des pratiques du contrôle et annoncent la mise en place de l'interactivité.

Cette course à la visualisation s'accompagne du côté des psychologues réunis autour de Jacques Leplat puis d'André Bisseret de la construction progressive d'une meilleure connaissance du contrôleur aérien au travail. Engagés dans ce but pour livrer aux ingénieurs du Cena les clefs de l'activité de l'aiguilleur du ciel, ils mènent de 1962 à 1970 une vingtaine d'études en explicitant le fonctionnement de la mémoire, de la résolution de conflit et la gestion de la charge de travail dans le cadre du contrôle aux

¹⁸⁵ VILLIERS Jacques, Reproduction de l'article intitulé 'Perspectives sur l'automatisation du contrôle de la circulation aérienne', in *Navigation. Revue technique de navigation maritime, aérienne et spatiale*, vol. IX, n°35, 1961, p. 269-282.

¹⁸⁶ VILLIERS Jacques, Reproduction de l'article intitulé 'L'automatisation de l'exploitation : l'exemple du contrôle de la circulation aérienne' (*Bulletin du PCM*), 1967 (Inria Rocquencourt, Armoire 25)

¹⁸⁷ VILLIERS Jacques, Reproduction de la conférence 'Perspectives sur le contrôle de la navigation aérienne dans les phases avancées d'automatisation : 'la méthode des filtres'', 1968 (Archives Inria Rocquencourt, Armoire 25).

procédures pour notamment en déduire les informations nécessaires à une bonne visualisation et la forme qu'il convient de leur donner.

Il s'agit de construire une image opératoire de l'utilisateur pour lui adapter ensuite un système de présentation d'informations, puis de dialogue. L'idée d'utilisateur, son anticipation gouverne pour la première fois le processus d'informatisation.

A. La numérisation des données et l'exploration des raisonnements du contrôleur

Avant la mise en place de la visualisation synthétique, il n'est pas exagéré de dire que le contrôle aérien est aveugle. En effet, les techniques du contrôle aux procédures sont fondées sur des raisonnements abstraits dont le support principal est le tableau de strips à partir duquel le contrôleur peut se représenter le trafic.

1. Du Plan de vol au plan de vol machine

A partir de 1962¹⁸⁸, l'entrée des Plans de Vol (PLN) en machine se fait grâce aux opérateurs Cautra. À proprement parler, il faudrait plutôt dire « grâce aux opératrices Cautra » qui, comme c'est encore la règle dans les pools de secrétaires ou de saisie¹⁸⁹, sont majoritairement des jeunes femmes.

Ce sont elles qui fournissent à l'IBM 650 les données des plans de vol déposés au bureau de piste avant le décollage ou transmis par les autres aéroports. Les capacités limitées de la machine (l'IBM 650 est doté d'un programme opérationnel d'environ 4000 mots¹⁹⁰) et le projet d'informatisation prudente et progressive voulu par Villiers imposent cette première étape aux objectifs limités.

¹⁸⁸ VILLIERS Jacques, *Reproduction de l'article intitulé 'L'automatisation de l'exploitation : l'exemple du contrôle de la circulation aérienne'* (Bulletin du PCM), 1967 (Inria Rocquencourt, Armoire 25)

¹⁸⁹ GARDEY Delphine, La standardisation d'une pratique technique : la dactylographie (1883-1930), in *Réseaux. Communication - Technologie - Société*, vol. 16, n°87, 1998, p. 75-103.

¹⁹⁰ VILLIERS Jacques, *L'approche française de l'automatisation du contrôle de la navigation aérienne (N65-008)*, 1965 (Les amis du Cena, Notes).

A partir des données qui leurs sont transmises par téléphone ou télétype¹⁹¹, les opératrices renseignent chaque partie du plan de vol (une description générale du vol, les paramètres de calcul du vol, la description de la route, la description des zones parcourues, une zone réservée aux événements radar, une zone réservée pour la coordination de ces événements et une zone réservée pour indiquer les événements se déroulant pendant le vol¹⁹²) qui est imprimé ensuite sous la forme d'un strip papier par une IBM 1050 et distribué aux contrôleurs. Jusqu'en 1970, les opératrices utilisent une imprimante IBM pour visualiser les données entrées, ce qui s'adapte parfaitement à la linéarité de la tâche (activation du calculateur dans la perspective de son utilisation, entrée d'un message, réponse du calculateur par impression, remise à zéro du calculateur¹⁹³). Les datascopes font leur entrée en 1970 et 1971¹⁹⁴. Premiers écrans interactifs, ils ne bouleversent pas les habitudes puisque la tâche reste similaire. L'entrée des données nécessite néanmoins l'utilisation d'un visualisateur cathodique car la taille moyenne des messages est de 200 caractères ce qui empêche l'utilisation d'imprimantes, trop lentes (il faut de 15 à 20 secondes pour imprimer un message de cette taille) et trop bruyantes¹⁹⁵ ce qui justifie l'installation des premiers datascopes Omera DS820 dotés d'un écran cathodique et d'un clavier à touches « fonctionnelles¹⁹⁶ ».

¹⁹¹ VILLIERS Jacques, 'Reproduction de l'article intitulé 'Perspectives sur l'automatisation du contrôle de la circulation aérienne', in *Navigation. Revue technique de navigation maritime, aérienne et spatiale*, vol. IX, n°35, 1961, p. 269-282.

¹⁹² EUROCONTROL, *Flight plan processing in the Cautra System (R74-023)*, 1974 (Les amis du Cena, Rapports).

¹⁹³ Ce type de fonctionnement est conservé en 1974 pour les cas peu fréquents comme le traitement d'un plan de vol en priorité, dans le cas d'un déroutement ou d'un plan de vol qui n'a pas été déposé par les voies normales (*Le traitement du plan de vol dans le système Cautra (R74-023)*, 1974 (Les amis du Cena, Rapports)).

¹⁹⁴ « Eux, ils rentrent les plans de vol. Ce sont des cartes perforées. Les opérateurs reçoivent sur le télétype des messages et ils les rentrent dans le système sous forme de cartes perforées. Ou bien, quand c'est un avion qui appelle directement, ou un contrôle d'un centre adjacent qui appelle sans que l'on ait le strip, ils font une petite fiche qui arrive par tube pneumatique [et qui permet de rentrer dans le calculateur un plan de vol]. Les opérateurs ont une visualisation avec écran à partir du Cautra III en 1971. Ils remplissent des champs. » (THIERRY Benjamin, *Entretien avec Dominique Alvarez* (14 juin 2013)).

¹⁹⁵ *Le traitement du plan de vol dans le système Cautra (R74-023)*, 1974 (Les amis du Cena, Rapports).

¹⁹⁶ Comprendre « touches de fonction » (Ibid.).

En 1968, les plans de vol répétitifs (RPL - qui concernent en priorité les vols intérieurs à trajets pendulaires), sont transmis au Cautra sur bandes magnétiques et traités semi-automatiquement¹⁹⁷.

A partir de 1972, les plans de vol non répétitifs, déposés auprès du bureau de piste, transitent par un réseau particulier de télécommunications, le réseau des services fixes des transmissions aéronautiques (RSFTA), qui achemine les PLN à l'autocommutateur d'Orléans chargé de les distribuer à tous les organismes qui doivent contrôler les vols concernés à partir de leur PLN¹⁹⁸. Le Cautra d'Orly reçoit quant à lui automatiquement le plan de vol par le réseau à partir de 1974. Les différentes parties du message sont alors examinées (on les appelle en 1974 « les champs » comme dans un formulaire puis une base de données) pour que soit réalisée une copie pour archivage légal et un message rédigé dans un format standard est entré dans le calculateur par une opératrice qui comprend toujours les informations caractéristiques du vol¹⁹⁹.

Que l'acheminement des données soit manuel ou partiellement automatisé à partir du début des années 1970, les données sont ensuite envoyées sur un datascope (c'est-à-dire un terminal visualisateur-clavier de modèle Omera) où l'opérateur vérifie si le format d'entrée a été correctement respecté par le calculateur et le complète en indiquant le niveau de vol (qui est un élément qui n'est pas encore traité par le calculateur dans les deux premières versions du système Cautra) et éventuellement, la route suivie en France (ces éléments sont partiellement traités par le calculateur à partir de 1972). L'opérateur valide alors l'ensemble des éléments et c'est seulement à ce moment qu'un plan de vol machine est constitué (PLNM). Le strip est alors imprimé et transmis au contrôleur trente minutes avant l'arrivée du vol dans le secteur placé sous sa responsabilité²⁰⁰.

¹⁹⁷ Depuis 1968, les vols d'Air Inter et les vols postaux de nuit sont gérés de cette manière.

Depuis 1970, plusieurs états européens se sont engagés par l'agrément de Copenhague à mettre en place les mêmes procédures pour accélérer le traitement des plans de vols répétitifs (Ibid.).

¹⁹⁸ En 1974, les messages qui ont pour origine le RSFTA constituent 59 % des plans de vol machine générés. À cette même date, les plans de vol régulier représentent 35 % des vols traités. Reste 6 % des plans de vol qui donnent lieu à une procédure particulière (*Description sommaire des principales fonctions du Cautra 3 (R76-006)*, 1976 (Les amis du Cena, Rapports)).

¹⁹⁹ Ibid.

²⁰⁰ C'est ce que l'on nomme « l'éveil » du plan de vol et qui conduit à l'impression du strip.

La procédure est longue, lourde et aucunement interactive puisque les seules activités réalisées par la composante humaine relèvent de la saisie de données et de la vérification linéaire de la conformité de données avec celles du support papier. Il n'y a pas encore à proprement parler de « dialogue » entre l'homme et la machine, mais la fourniture au système d'informations qui sont ensuite distribuées aux aiguilleurs.

Néanmoins, cette première étape, mise en place progressivement durant plus d'une décennie, crée le premier « informatisé » du contrôle : le plan de vol, qui devient par la grâce du calculateur un « plan de vol machine » (PLNM), brique élémentaire d'une informatisation plus poussée. Quant au strip, même s'il résulte maintenant d'un passage par le calculateur qui l'imprime semi automatiquement avant de le distribuer en salle de contrôle, il ne voit ni sa forme, ni ses fonctions être modifiées par ces procédures en restant le support privilégié du contrôle aux procédures.

2. Représentation du trafic et détection de conflits. La construction du concept ergonomique de « contrôleur aérien »

Durant cette période d'informatisation en périphérie des activités de contrôle, les premières études menées par Jacques Leplat puis André Bisseret ne concernent pas l'utilisation de l'ordinateur en tant que tel. Cela serait prématuré et contraire à l'idée que l'introduction du calculateur doit se faire non seulement progressivement, mais que son fonctionnement se doit d'être normalisé par le fonctionnement du contrôleur à qui il est destiné.

C'est pour cette raison que les premières recherches des ergonomes sont dédiées à la mise en place d'observations qui visent essentiellement à familiariser les psychologues avec une activité complexe très éloignée de leur champ de compétences habituel et à analyser la manière de fonctionner des contrôleurs pour en tirer les nécessaires recommandations qui seront transmises aux ingénieurs de Dominique Alvarez en train d'élaborer les premières fonctions du Cautra. Comme ces derniers, André Bisseret et Jacques Leplat abordent le problème de l'entrée de l'ordinateur en salle de contrôle « par

la bande » en formalisant les raisonnements du contrôleur dans le cadre du « contrôle aux procédures », un contrôle aveugle, sans visualisation ; certains d’y trouver les éléments qu’il s’agit ensuite de rendre visibles.

L’émergence de la notion de « représentation » du trafic

Pour comprendre les ressorts de cette première étape de l’étude de l’informatisation centrée autour de l’utilisateur, il faut se reporter au rapport rédigé par Jacques Leplat, Browaeyts et Mikolajczack en 1962 qui en constitue la première trace et en fixe les objectifs principaux. Son but premier est de mettre à jour les processus mentaux utilisés par le contrôleur durant son activité, c’est-à-dire comprendre et décrire les représentations qui guident l’action de l’opérateur sous la forme d’un réseau de simplifications qui permet de mémoriser une situation réelle et d’y agir efficacement, « d’étudier la nature du modèle d’organisation que se constitue le contrôleur²⁰¹ » lorsqu’il travaille.

Pour ce faire, Leplat utilise initialement la « technique des incidents critiques » qui repose sur la collecte systématique d’un ensemble de récits d’incidents et de comportements qui ont été inefficaces ou au contraire qui ont porté leurs fruits dans une situation donnée, mais toujours considérée par les acteurs comme critique. Le psychologue réalise sur cette base une typologie des différentes situations et des différentes solutions proposées par l’opérateur dans le cadre de l’activité étudiée²⁰².

L’expression même « d’incidents critiques²⁰³ » provient de l’article de John Flanagan rédigé en 1954 qui décrit les développements réalisés en matière d’observation participative au sein de l’*Aviation psychology program* de l’armée de l’air états-unienne durant la seconde guerre mondiale :

²⁰¹ BISSERET André, *Représentation et décision experte. Psychologie cognitive de la décision chez les aiguilleurs du ciel*, Octarès Editions, Toulouse, 1995, 182 p.

²⁰² BISSERET André, SEBILLOTTE Suzanne & FALZON Pierre, *Techniques pratiques pour l’étude des activités expertes*, Octarès Editions, Toulouse, 1999, 160 p.

²⁰³ Photocopie datée de 1963 de Flanagan John, *The critical incident technique*, in *Psychological Bulletin*, vol. 51, n°4, 1954, p. 327-358., 1963 (Inria Rocquencourt, Armoire 25)

« *The critical incident technique as such, however, can best be regarded as an outgrowth of studies in the Aviation Psychology Program of the United States Army Air Forces in World War II. The Aviation Psychology Program was established in the summer of 1941 to develop procedures for the selection and classification of aircrews*²⁰⁴. »

Jacques Leplat est à cette date fortement influencé par les travaux de Flanagan dont il a donné dès 1955 une recension élogieuse pour son ouvrage sur les incidents critiques dans *l'Année Psychologique*²⁰⁵. Cette influence est déterminante dans le cadre de l'établissement de la méthodologie employée auprès des aiguilleurs du ciel. Minoritaire aux États-Unis où les institutions en charge de l'aérien civil préfèrent encore les tests et les observations en laboratoire²⁰⁶, sa spécificité s'explique par le contexte d'étude particulier qu'est l'aviation militaire²⁰⁷ proche de celle du contrôle civil, ce qui explique en partie l'intérêt qu'y trouve Leplat au début des années 1960.

L'idée principale est que l'observation d'une activité normale ne pourra pas donner d'éléments propices à l'analyse des ressorts intimes de la tâche réalisée. Ce n'est que dans l'observation ou le récit d'incidents que se trouvent non seulement les enjeux primordiaux d'une situation, mais également les caractéristiques principales de la manière qu'à l'homme de s'y affronter. Par « incident », Jacques Leplat, dans le sillage de Flanagan, entend « toute situation entretenant avec une situation jugée normale par les règles fixées par le contrôle aérien une déviance même minime²⁰⁸ ».

²⁰⁴ FLANAGAN John, The critical incident technique, in *Psychological Bulletin*, vol. 51, n°4, 1954, p. 327-358.

²⁰⁵ LEPLAT Jacques, Recension de l'ouvrage de John Flanagan The critical incident technique, in *L'année psychologique*, vol. 55, n°2, 1955, p. 486-487.

²⁰⁶ DE MONTMOLLIN Maurice, *Les Psychopitres. Une autocritique de la psychologie industrielle*, Presses Universitaires de France, Paris, 1972, 158 p.

²⁰⁷ Méthode plus que théorie, la technique des incidents critiques de Flanagan naît dans un contexte difficile au sein duquel la compréhension et la réduction de « l'erreur humaine » dans la manipulation des dispositifs complexes que sont les bombardiers et les chasseurs de l'Air Force revêt une importance stratégique (WIENER Earl L. & NAGEL David C., *Human factors in aviation*, Academic Press, San Diego, 1988, 684 p. et Photocopie datée de 1963 de Flanagan John, *The critical incident technique*, in *Psychological Bulletin*, vol. 51, n°4, 1954, p. 327-358., 1963 (Inria Rocquencourt, Armoire 25)).

²⁰⁸ LEPLAT Jacques, *Notes manuscrites sur 8 interviews de contrôleurs aériens*, 1962 (Inria Rocquencourt, Armoire 25)

Ainsi, en 1962, Leplat et son équipe recueillent par une série d'interviews un grand nombre de situations de contrôle problématiques auprès des personnels d'Athis-Mons²⁰⁹. De ces interviews, les psychologues déterminent des catégories d'objectifs poursuivis par les aiguilleurs dans le cadre de l'exercice du contrôle aux procédures. C'est une première étape extrêmement importante puisqu'elle donne le cadre interprétatif nécessaire à l'analyse des récits d'incidents recueillis ultérieurement²¹⁰.

En 1962, les expressions « représentations mentales », « représentations de la situation » ou « modèle » sont équivalentes. Il y a en revanche une dichotomie entre ce qu'André Bisseret appelle « connaissance », qui relèvent de constructions mentales stables, et ce qu'il appelle « représentation », qui désigne une construction mentale circonstancielle, adaptée à une situation donnée. Pour lui, l'activité mentale du sujet est, en toute situation, orientée par un but. En fonction de ce but, le sujet interprète la situation et opère des traitements qui engendrent des décisions qui sont, éventuellement, suivies de comportements observables²¹¹.

En cela, la représentation est un analogue, dynamique, de la situation observée et sur laquelle agit du contrôleur. La représentation est constituée d'un ensemble d'éléments munis de propriétés structurées par des relations. Ces éléments, leurs propriétés et les relations qui les relient sont des équivalents mentaux d'entités sélectionnées par le sujet dans les situations qu'il doit gérer parmi toutes les entités, propriété et relation distinguables dans cette situation (personnes, objets, états, lieux, événements ou déroulements). La construction de la représentation est un processus de sélection et d'encodage. Ce processus se déroule selon André Bisseret en « mémoire de travail » chez le contrôleur, qui y intègre les données reçues par perception de la situation. A l'inverse, les connaissances sont stockées en « mémoire à long terme » et restent stables.

²⁰⁹ Photocopie datée de 1963 de Flanagan John, *The critical incident technique*, in *Psychological Bulletin*, vol. 51, n°4, 1954, p. 327-358., 1963 (Inria Rocquencourt, Armoire 25)

²¹⁰ LEPLAT Jacques, *Notes manuscrites sur 8 interviews de contrôleurs aériens*, 1962 (Inria Rocquencourt, Armoire 25)

²¹¹ BISSERET André, *Représentation et décision experte. Psychologie cognitive de la décision chez les aiguilleurs du ciel*, Octarès Editions, Toulouse, 1995, 182 p.

Le codage ces éléments est organisé de trois manières distinctes : les chaînes temporelles ont pour but de coder l'ordre d'un ensemble d'éléments, les images spatiales, qui organisent les configurations spatiales des différents éléments (notamment des éléments entre eux, comme les intervalles ou les positions relatives) et enfin, les propositions abstraites, qui codent les significations abstraites de la situation par le sujet (dangerosité, stabilité, attente, etc.)

André Bisseret met également à jour trois niveaux de familiarité avec la situation. Dans un premier cas, le contrôleur doit mener une exécution automatisée. Dans un second cas, le contrôleur réalise une exécution non automatisée parce que la situation est en partie au moins inédite pour lui. Enfin, le contrôleur peut réaliser une résolution de problèmes²¹², ce qui représente l'activité mentale la plus évoluée et donc la plus complexe à réaliser. Il s'agit alors de faire retourner la situation « à la normale ».

Cette première étude menée en 1962 permet de dresser une typologie des incidents rencontrés qui reposent sur quatre catégories différentes de situation : l'incompréhension mutuelle dans le cadre de la communication entre les contrôleurs (qui peuvent se méprendre par exemple sur l'identité d'un avion à prendre en charge) ; le manque d'information (situation peu courante qui implique la plupart du temps un avion militaire dont les données du vol ne sont pas connues par le centre de contrôle) ; la confusion de code entre deux appareils (qui peut conduire à des modifications des données du vol inappropriées : demander à un appareil de réduire son altitude alors que l'on pense s'adresser à un autre avion) ; le mauvais réajustement des mesures prises (souvent repéré a posteriori du règlement d'un conflit et consécutivement à une demande émanant d'un pilote qui trouble la représentation mentale que le contrôleur se fait de la situation et le conduit à donner des instructions qui créent un conflit nouveau²¹³).

Sur la foi de ces typologies, Leplat et Bisseret mettent en place un embryon de structure des raisonnements mentaux convoqués par le contrôleur sous la forme

²¹² Ibid.

²¹³ LEPLAT Jacques, *Notes manuscrites sur 8 interviews de contrôleurs aériens*, 1962 (Inria Rocquencourt, Armoire 25)

d'organigrammes²¹⁴ en 1964, première trace d'une compréhension de l'activité du contrôle « par en-dedans²¹⁵ » et qui permet de fournir aux ingénieurs du Cena un document synthétique dont la forme est connue d'eux et facilement compréhensible. Est introduite à cette occasion la notion de « représentation » comprise sous l'angle d'un réseau de simplifications qui permettent de mémoriser plus aisément une situation réelle complexe²¹⁶.

La détection de conflits

Deux expériences par « simulation statique » sont menées en 1964 pour étudier plus avant les procédures de détection de conflit qui constituent à la fois le cœur de l'activité de contrôle et sa partie la plus complexe. Dans les deux cas, la tâche proposée aux cobayes consentants qui sont recrutés parmi les aiguilleurs d'Orly consiste en une simulation réaliste, mais statique, c'est-à-dire sans évolution dans le temps. Les ergonomes notent le temps de réponse du sujet entre le moment où le problème est posé et le moment où l'opérateur formule sa décision²¹⁷.

La simulation statique a beaucoup été utilisée par les ergonomes durant les années 1960 et 1970. Elle met le sujet face à une situation de trafic présentée par un tableau de fiches de contrôle, puis plus tard face à une image radar, grandeur nature sur papier, tout à fait semblable aux outils ordinaires utilisés par le contrôleur. On appelle ce test « simulation statique » parce que durant toute la durée de l'expérience l'heure reste arbitrairement la même pour permettre une gestion en profondeur du problème considéré. La situation ne comporte pas de risque de conflit au départ. Les problèmes sont posés par de nouvelles fiches que l'expérimentateur propose au sujet, fiches qui correspondent à des avions nouveaux qui demandent à s'intégrer dans le trafic ou à des demandes de

²¹⁴ BISSERET André, *Description sous forme d'organigramme des procédures de coordinations actuelles*, 1964 (Inria Rocquencourt, Armoire 25) et

²¹⁵ Entretien avec André Bisseret (novembre 2006).

²¹⁶ BISSERET André, *Représentation et décision experte. Psychologie cognitive de la décision chez les aiguilleurs du ciel*, Octarès Editions, Toulouse, 1995, 182 p.

²¹⁷ BISSERET André & LEPLAT Jacques, *Analyse des processus de traitement de l'information chez le contrôleur de la navigation aérienne (Rapport de recherche du CERP)*, 1964 (Archives de la Self, Boite 286J90).

changement de niveau d'avions déjà présents. Les problèmes sont présentés au sujet un par un.

La première expérience de ce type menée fait varier la complexité des problèmes proposés et la qualification des sujets qui s'y soumettent. Elle est reproduite avec les mêmes sujets à un mois d'intervalle²¹⁸. La seconde expérience est constituée de 11 problèmes dont les solutions sont plus ou moins longues à trouver : les ergonomes pensent que le temps de réponse varie avec la longueur de la branche (c'est-à-dire avec le nombre des choix à prendre pour résoudre le problème considéré).

Les résultats de la première expérience montrent que le niveau de qualification des contrôleurs entre bien entendu en ligne de compte dans le temps mis pour résoudre le problème. Mais également que, quel que soit le niveau de qualification, l'ordre de difficulté des problèmes reste le même²¹⁹ : un conflit jugé complexe le sera par un contrôleur confirmé comme par un débutant. La deuxième expérience montre quant à elle que le temps de traitement croît significativement avec la longueur des branches de l'organigramme, c'est-à-dire avec la complexité de la tâche proposée.

Plus globalement, ces deux expérimentations tendent à montrer que les contrôleurs se livrent à une inspection économique des variables qui leur sont proposées : ils ne les utilisent pas toutes. Ils ne prennent en compte que les informations nécessaires à la prise de décision, le plus souvent l'altitude et la route empruntée, toutes deux sous des formes relatives et non absolues :

« Ils profitent du fait que deux des variables peuvent être à elles seules décisives : la variable « niveau relatif », lorsqu'elle prend la valeur « aucun avion au même niveau » et la variable « route relative » lorsqu'elle prend la valeur « routes futures différentes²²⁰ ».

²¹⁸ Ibid.

²¹⁹ Un problème considéré comme complexe prendra plus de temps aux contrôleurs débutants ainsi qu'aux contrôleurs confirmés, bien que ces derniers le résolvent plus rapidement que les premiers.

²²⁰ Ibid.

Bisseret en déduit que le contrôleur opère un premier tri sur la situation de contrôle qui lui est soumise et qu'il ne soumet à examen approfondi que des appareils qui interfèrent entre eux²²¹.

Pour compléter les observations, les ergonomes ont recours de 1962 à 1964 à l'explicitation dans l'abstrait qui repose sur la tenue d'entretiens dont le questionnaire ne se rattache pas à une situation de contrôle réelle, mais permet ou non de valider des hypothèses de travail sur les éléments ou l'algorithme utilisé. Cela conduit le contrôleur à décrire le processus d'analyse de la situation, par exemple lorsqu'un nouvel avion entre dans son secteur, sous la forme d'un enchaînement de choix binaires facilement formalisables par un organigramme (« si un nouvel avion entre dans le secteur et que j'en ai déjà un au même niveau... », « Si oui », « si non²²² »). André Bisseret indique qu'il a utilisé cette méthode pendant une quinzaine de jours avec les contrôleurs les plus expérimentés en 1964²²³. En effet c'est une méthode qui est longue et qui ne peut pas être appliquée à un grand nombre de sujets pour des raisons de temps. Dans le processus de travail qui se met en place progressivement dans la première moitié des années 1960 et qui constitue le socle de la pratique utilisée et perfectionnée ensuite, l'explicitation dans l'abstrait est considérée comme une étape préparatoire à l'explicitation menée ensuite sur les problèmes réels.

L'explicitation des problèmes concrets repose sur la création de situations proposée aux contrôleurs qui doivent verbaliser le raisonnement qu'ils appliquent :

« C'est une entrée sur Dijon ; je le compare avec les avions qui sont actuellement dans ce sous secteur ; il est au niveau de 100 et il en a pas d'autre à 200, donc ça va sur Dijon. Mais je regarde son itinéraire à partir de Dijon ; il ira ensuite sur Troyes ; or j'ai un autre avion qui va sur Troyes

²²¹ Ibid.

²²² BISSERET André, *Représentation et décision experte. Psychologie cognitive de la décision chez les aiguilleurs du ciel*, Octarès Editions, Toulouse, 1995, 182 p.

²²³ Thierry Benjamin, *Entretien avec André Bisseret* (novembre 2006).

au niveau 200 ; je calcule leurs estimées sur Troyes ; la séparation sera pas suffisante : donc conflit dans 16 minutes environ sur Troyes²²⁴ ».

Cette méthode permet d'interviewer un plus grand nombre de contrôleurs que l'explicitation dans l'abstrait à partir de questions générales. Les procédures extraites de ces entretiens sont assimilées par André Bisseret à des tests sur la structure algorithmique de l'activité mentale du contrôle :

Si « telle valeur »

Alors test suivant (ou décision)

Sinon teste suivant (ou décision).

Les résultats des entretiens sur la détection de conflits font progressivement découvrir à Jacques Leplat et André Bisseret que le contrôleur de la navigation aérienne utilise un ensemble de raisonnements originaux, assez surprenants parfois, en tout cas très éloignés du mode de fonctionnement de l'ordinateur en ce que l'aiguilleur du ciel ne raisonne pas sur des valeurs réelles (altitudes, vitesses, etc...) après en avoir pris connaissance, mais sur des représentations relatives comme les écarts « suffisants » ou « insuffisants ».

En effet, il ne prend pas en compte l'ensemble des éléments constitutifs de la situation placée sous sa responsabilité pour mener à bien sa tâche de résolution de conflits, mais identifie plutôt des couples d'avions qui posent potentiellement problème. Il réussit à « traiter » ces cas sans forcément avoir en mémoire les données telles qu'elles lui sont fournies par le strip, les communications téléphoniques ou les contacts radio tout en privilégiant des approximations d'altitudes ou de vitesse, des écarts entre des valeurs absolues, etc...

Cette conclusion sur les représentations lacunaires est déterminante pour la conduite du projet d'informatisation et surprend les ingénieurs qui travaillent sous la responsabilité

²²⁴ Ibid.

de Jacques Villiers et de Dominique Alvarez. L'idée préconçue qui voudrait qu'en matière de contrôle aérien comme ailleurs « qui peut le plus, peut le moins » est battue en brèche. Il ne s'agit donc pas de viser à la fourniture du volume d'informations maximal, mais de sélectionner avec précision et précaution celles qui seront utilisées et affichées, notamment quand la représentation synthétique fera son apparition à partir de 1969.

En conséquence et comme l'ont souvent rappelé Jacques Villiers et Dominique Alvarez²²⁵, le travail de l'ergonome est dans sa plus grande partie invisible dans la réalisation finale si l'on en reste à l'analyse de ce que le Cautra permet effectivement de faire. En effet, c'est d'abord par un travail de sélection des informations nécessaires et d'élimination de celles qui sont jugées inutiles à l'utilisateur que l'ergonome apporte une plus-value. Pour l'historien, cela implique de ne pas en rester à la description de ce que le Cautra permet de faire in fine, mais de reconstituer les processus d'analyse de l'activité pour rendre compte de la complexité des choix qui se sont imposés aux équipes du Cena.

3. La mémoire opérationnelle

Après le travail sur les représentations et les processus de détection de conflit dans le cadre du contrôle aux procédures, l'équipe d'André Bisseret explore le fonctionnement de la mémoire du contrôleur. De 1966 à 1970, plusieurs études sont menées pour tenter de mettre à jour la manière dont l'aiguilleur retient les éléments dont le travail mené précédemment a montré qu'ils sont structurés de manière lacunaire :

« Bisseret et Enard ont constaté que le contrôleur a en mémoire un certain nombre de données sur la situation qu'il contrôle et qu'il dispose donc d'une sorte de « dispositif complémentaire de présentation des informations qui semblent augmenter ses possibilités de maîtrise de la situation ». Cette mémoire temporaire des données actuelles a été qualifiée

²²⁵ THIERRY Benjamin, *Entretien avec Dominique Alvarez* (14 juin 2013) et THIERRY Benjamin, *Entretien avec Jacques Villiers* (14 novembre 2011).

« d'opérationnelle », pour signifier qu'elle est organisée, structurée par les processus de travail²²⁶. »

Les investigations dans cette voie ont donné lieu à l'analyse de la mémoire opérationnelle par André Bisseret en 1970²²⁷, complétée par la recherche de Jean-Claude Sperandio en 1974²²⁸.

L'idée d'un fonctionnement atypique de la mémoire chez les contrôleurs était venue à André Bisseret pendant ses observations en position de contrôle :

« Si on regarde un contrôleur, bon on part de la relève... Il arrive, un avion appelle, toc, il regarde, toc il lui répond en ayant regardé (son strip), un autre avion arrive après, il répond sans avoir regardé... Forcément, l'hypothèse c'est qu'il a une image dans la tête, une représentation mentale du trafic, une image dans la tête qui est le support de son raisonnement. Il ne regarde plus les données entre le premier et le second avion²²⁹... »

Pour affiner sa connaissance de la mémoire des contrôleurs, André Bisseret lance une série d'expériences sur la capacité de mémorisation de ces derniers au début de l'année 1970 :

« D'où l'idée d'utiliser une méthode d'étude de la restitution ... de lui cacher la situation et de voir s'il s'en souvient... Alors mais c'est influencé à l'époque, mais c'est pas moi qui ait inventé ça... C'est influencé, pas tellement par Newell et Simon à ce moment, parce que justement on leur a reproché de ne pas assez tabler sur la notion de représentation mentale, mais par un auteur russe, Ochanine, qui était

²²⁶ SPERANDIO Jean-Claude, *Analyse du travail et conception d'interface homme-machine (R88-014)*, 1988 (Les amis du Cena, Rapports)

²²⁷ BISSERET André, *Analyse de la mémoire opérationnelle du contrôleur de la navigation aérienne (Rapport Inria CO 70009-R3)*, 1970 (Inria Rocquencourt, Armoire 25).

²²⁸ SPERANDIO Jean-Claude, *Complément à l'étude de la mémoire opérationnelle des contrôleurs aériens*, 1974 (Inria Rocquencourt, Armoire 25).

²²⁹ THIERRY Benjamin, *Entretien avec André Bisseret* (12 novembre 2001).

soviétique, pour qui c'était, enfin c'est une traduction du russe, une « image opératoire ». Et il était venu, à l'époque c'est le stalinisme, je sais pas comment, il obtenait des droits de sortie, pour venir nous faire des exposés chez Leplat. Un type très sympa et très dynamique, et il est connu pour ce concept « d'image opérative »²³⁰. »

L'expérimentation est simple et participe de ces « simulations sur papier » que pratiquent souvent les ergonomes et qui constituent le *modus vivendi* entre la pratique de laboratoire et l'expérimentation de terrain que défend souvent Bisseret dans le sillage de Leplat. L'activité étudiée a lieu en dehors de la salle de contrôle. Il s'agit d'une phase de contrôle aux procédures. La simulation est arrêtée arbitrairement et soudainement et les strips sont cachés à l'aiguilleur. Le sujet doit alors placer sur une carte les différents avions en restituant ce dont il se souvient de la situation et traiter les problèmes qui lui sont à nouveau remis en mémoire par l'ergonome si nécessaire.

Le trafic étudié est entièrement conçu à l'avance et les différentes solutions que l'on peut adopter aussi. Les facteurs expérimentaux étudiés sont : le nombre d'avions, la qualification des personnels et les données de vol. Quarante-cinq contrôleurs prennent part à l'expérimentation qui se tient à Orly²³¹. Les sujets se trouvent chacun devant le même état de trafic dans un but de comparaison des réponses.

L'image opérative contre la *running memory*

Le concept sur lequel s'appuie alors Bisseret est celui d'image opérative qui vient du psychologue soviétique Ochanine²³² :

« A l'origine, Ochanine s'intéresse à l'adaptation des dispositifs de travail à l'opérateur. Ces travaux le conduiront petit à petit à s'intéresser d'avantage au fonctionnement de l'opérateur lui-même. Dès 1960,

²³⁰ Ibid.

²³¹ BISSERET André, *Analyse de la mémoire opérationnelle du contrôleur de la navigation aérienne (Rapport Inria CO 70009-R3)*, 1970 (Inria Rocquencourt, Armoire 25).

²³² OCHANINE Dimitri, Le rôle des images opératives dans la régulation des activités de travail, in *Psychologie et éducation*, n°3, 1978, p. 63-79.

Ochanine s'oriente vers les problèmes du traitement de l'information, c'est-à-dire vers une psychologie cognitive, alors qu'en France domine encore le behaviorisme. Ochanine réalise en laboratoire des expérimentations qui tentent de reproduire des situations concrètes de travail. C'est dans ce contexte qu'Ochanine introduit le concept d'Image Opérative²³³. »

Comme le rappelle Sperandio quelques années plus tard à l'occasion d'un séminaire organisé à l'université en l'honneur de celui qui est considéré parfois comme l'un des pères de l'ergonomie francophone

« Ochanine a apporté à la psychologie ergonomique une contribution capitale sous la forme d'un double postulat :
- l'ensemble du traitement de l'information par l'homme est médiatisé par un système de représentation mentale ;
- ce système de représentation est modelé par la finalité de l'action en cours²³⁴. »

Cette constatation n'est pas un simple point de doctrine dans les querelles byzantines qui agitent ponctuellement les conclaves de psychologues²³⁵, mais une innovation en regard des théories de la mémoire alors dominantes issues de la psychologie béhavioriste américaine. En effet, alors qu'Ochanine considère que la mémorisation est toujours tendue vers un but par celui qui mémorise et permet une mémorisation plus ou moins importante, voire sélective, des éléments qui lui sont présentés, les chercheurs américains considèrent la mémoire sous l'angle d'une quantité dont la capacité n'est pas directement affectée par l'action en cours. Ainsi, la « *running memory* » de Pollack en

²³³ BAILLY Béatrice, *Conscience de la situation des conducteurs : aspects fondamentaux, méthodes et applications pour la formation des conducteurs*, Université Lyon 2, Doctorat de psychologie sous la direction de Martin Robert, 2004, 280 pages.

²³⁴ SPERANDIO Jean-Claude, *Brouillon dactylographié intitulé 'Tout traitement de l'information est opératif' (intervention au séminaire de troisième cycle en ergonomie de l'Université Paris I)*, 1981 (Inria Rocquencourt, Armoire 25)

²³⁵ Alors que l'iconicité ou non des images opératives l'est déjà un peu plus (Ibid.).

1959²³⁶ est-elle affaire de listes d'items dont les longueurs sont déterminées et qu'il s'agit simplement de quantifier :

« In running memory span (Pollack, Johnson, & Knaff, 1959), each list continues for an unpredictable number of items, after which items from the end of the list are to be recalled. The mechanism of running span is of recent interest because this task has led to competing inferences about working memory²³⁷. »

Bisseret en donne une description à la fois simple et très critique :

« Il y avait d'autre part des études américaines qui étudiaient encore la mémoire des contrôleurs mais en restant ultra-béhavioriste. Y'en avait un qui prenait ces situations dans le ciel, avec les distances à parcourir, les distances de séparation ... et il étudiait ça en simulant en laboratoire avec des objets « A, B, C » avec des formes, « carré », « rond », « triangle » et des variables, « 1 », « 2 », « 3 », et je fais varier tout ça en regardant si le contrôleur est capable de retenir ces éléments. Ils ont appelé ça la « running memory ». Je dis par exemple « A rouge », « B forme carré », comme si un avion donnait ses positions. Puis tout d'un coup j'interroge... Quel est le dernier élément que j'ai cité ? Et il montrait qu'au maximum, le rappel des sujets est de l'ordre de trois éléments... n'importe quoi²³⁸ ! »

Durant l'expérimentation de 1970, l'hypothèse principale défendue par Bisseret est donc que la structure du travail de l'opérateur façonne le contenu de la mémoire. D'abord, le nombre de données élémentaires mises en mémoire, s'il est sensible à la quantité de matériel présenté doit l'être de façon différente selon les variables de la situation contrôlée : les variables importantes pour les processus de repérage des conflits doivent

²³⁶ POLLACK Irwin, JOHNSON Lawrence B. & KNAFF P. Robert, Running memory span, in *Journal of experimental psychology*, n°57, 1959, p. 137.

²³⁷ BUNTING Michael, COWAN Nelson & SCOTT SAULTS J., How does running memory span work ?, in *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, n°59, 2006, p. 1691-1700.

²³⁸ THIERRY Benjamin, *Entretien avec André Bisseret* (12 novembre 2001).

être mieux mémorisées et doivent mieux résister à l'augmentation de la quantité de matériel présenté face aux variables secondaires.

Ensuite, ce phénomène pourrait être constaté plus spécifiquement chez les opérateurs très expérimentés. En effet, Bisseret suppose que chez les débutants, qui maîtrisent moins bien les processus de traitement des données, la mémoire est moins structurée²³⁹, donc moins sensible à ces variations opératives.

L'expérience qui doit valider ces hypothèses repose sur un contrôle aux procédures dans lequel chaque avion est défini par sept variables (son indicatif, son type, le niveau de vol, la position actuelle, lors de passage, projet avant, le trajet après) à taux de changement variable : certaines d'entre elles, comme l'indicatif, ne changent que lorsqu'un avion quitte le secteur et est remplacé par un autre. D'autres varient lorsque la situation évolue (comme le niveau de vol par exemple).

L'expérimentateur « joue les pilotes », c'est-à-dire qu'il énonce les messages de position en réponse au contrôleur. De plus, c'est lui qui propose également de nouveaux avions à gérer. Le contrôleur cobaye répond aux messages de l'expérimentateur et comme dans la réalité, assure la détection des conflits en prenant les décisions nécessaires pour les éviter.

« Lorsque plusieurs solutions sont également possibles pour résoudre un problème, si le sujet ne choisit pas celle qui a été prévue, l'expérimentateur la lui propose en lui demandant de l'adopter²⁴⁰. »

Cette manière de procéder est inspirée d'une technique similaire à celle utilisée par les chercheurs dans le domaine de la modélisation par ordinateur des processus cognitifs bien illustré par l'article de Feldman en 1961²⁴¹. On la nomme « *setting-back-on-the-track*

²³⁹ BISSERET André, *Analyse de la mémoire opérationnelle du contrôleur de la navigation aérienne (Rapport Inria CO 70009-R3)*, 1970 (Inria Rocquencourt, Armoire 25).

²⁴⁰ BISSERET André, *Représentation et décision experte. Psychologie cognitive de la décision chez les aiguilleurs du ciel*, Octarès Editions, Toulouse, 1995, 182 p.

²⁴¹ Ibid.

*technique*²⁴² ». Elle permet de s'assurer que tous les cobayes soient dans la même position à chaque moment de l'expérience pour maintenir des taux de comparaison satisfaisant entre les participants, particulièrement lorsque des individus débutants participent aux côtés d'opérateurs expérimentés.

Trois situations différentes de trafic ont été testées sur le même secteur géographique. La première engage cinq avions, la seconde huit avions, la troisième onze avions. Comme chacun des aéronefs est doté de sept variables, les contrôleurs ont à gérer 35 valeurs dans le premier cas, 56 dans le second et enfin 77 dans le dernier. Cela correspond à trois situations de trafic réel dans un contexte d'affluence faible, moyenne et relativement forte²⁴³.

Trois groupes de contrôleurs ont passé les tests : le premier était constitué de « premiers contrôleurs », ce qui représente le niveau de qualification le plus élevé à la navigation aérienne ; le deuxième était un groupe de « contrôleurs » de niveau intermédiaire ; le troisième et dernier était constitué de débutants en fin de formation qui ont une expérience de trois à six mois et qui doivent encore passer le test professionnel final pour devenir contrôleur.

L'étendue de la mémoire

Le premier groupe de résultats permet de quantifier le nombre des variables mémorisées par chacun des contrôleurs. Ce test est mené après avoir permis à chacun des contrôleurs de prendre connaissance de la situation de trafic, la lui avoir cachée et lui avoir demandé enfin de la restituer sur une feuille blanche avec le maximum d'éléments possibles. En moyenne un débutant se rappelle de sept avions pourvus de trois variables, un « premier contrôleur » de 9,6 avions pourvus également de trois variables. Cela

²⁴² FEIGENBAUM Edward A., FELDMAN Julian & ARMER Paul, *Computers and thought*, AAI press, London, 1995, 550 p.

²⁴³ BISSERET André, *Représentation et décision experte. Psychologie cognitive de la décision chez les aiguilleurs du ciel*, Octarès Editions, Toulouse, 1995, 182 p.

représente 21 valeurs mémorisées par les débutants et 28,8 valeurs mémorisées par les experts²⁴⁴.

Dans une deuxième phase de l'expérience, on demande aux différents contrôleurs de restituer sur une feuille blanche la position des différents appareils telles qu'elles apparaissaient sur le radar primaire. Cette tâche fait partie de celles provoquant le plus de fatigue chez les contrôleurs qui travaillent encore sur la base d'échos non renseignés, c'est-à-dire sans informations permettant de les identifier sur le scope. Leur capacité de mémorisation est alors très sollicitée.

La plupart sont capables de se rappeler précisément des deux ou trois premiers appareils qu'ils ont mémorisé, puis de déduire les autres :

« j'avais un niveau 150 qui venait de passer et un autre à 170 et 10 minutes derrière, donc par ici²⁴⁵. »

Toujours dans l'optique de déterminer comment fonctionne la mémoire opérationnelle, André Bisseret a noté sur l'ensemble des 720 observations d'avions menées avec les contrôleurs que 32 aéronefs avaient été dessinés par les contrôleurs sur la carte qu'on leur demandait de dresser de mémoire alors qu'ils ne devaient pas y apparaître. 16 de ces aéronefs venaient en fait de quitter la situation de contrôle depuis une minute ou plus, 12 venaient de quitter la situation depuis sept à huit minutes, un depuis 30 minutes et enfin, un seul était non identifiable dans l'ensemble des avions qui avaient été fournis par l'expérimentateur²⁴⁶.

Non seulement cela montre le faible degré d'erreurs graves, mais également que la mémoire opérationnelle fonctionne grâce à la capacité d'oubli des informations qui ne sont plus pertinentes dans le cadre de la réalisation de la tâche actuelle. Les présupposés d'Ochanine sont validés expérimentalement.

²⁴⁴ BISSERET André, *Analyse de la mémoire opérationnelle du contrôleur de la navigation aérienne (Rapport Inria CO 70009-R3)*, 1970 (Inria Rocquencourt, Armoire 25).

²⁴⁵ BISSERET André, *Représentation et décision experte. Psychologie cognitive de la décision chez les aiguilleurs du ciel*, Octarès Editions, Toulouse, 1995, 182 p.

²⁴⁶ BISSERET André, *Analyse de la mémoire opérationnelle du contrôleur de la navigation aérienne (Rapport Inria CO 70009-R3)*, 1970 (Inria Rocquencourt, Armoire 25).

L'organisation du contenu mémorisé

Malgré ce que pensait Bisseret, le nombre des variables mémorisées ne diminue pas avec l'accroissement de la tâche (c'est-à-dire avec l'augmentation du nombre des avions qu'il faut prendre en compte). En fait, même dans la situation de trafic faible, le nombre de variables mémorisées par avion est limité. L'analyse des éléments mémorisés par le contrôleur montre qu'il met en place une hiérarchie entre les variables qui lui sont utiles pour le contrôle. Cela peut être la vitesse ou le niveau selon la situation envisagée²⁴⁷. Ce sont ces variables qu'il importe bien entendu de faire figurer en priorité sur un dispositif de visualisation : cela permet de soulager la mémoire de l'opérateur en lui assurant de pouvoir continuer efficacement son activité de contrôle.

De plus, dans les erreurs qui sont commises, les contrôleurs laissent apparaître des données qui sont factuellement fausses mais permettent néanmoins une analyse de la situation qui peut conduire à une action valable, ce que l'on nomme la « déformation fonctionnelle²⁴⁸ ». Par exemple, un contrôleur sait que deux avions posent problème, mais il ne se souvient plus précisément des niveaux respectifs de ces deux appareils (respectivement 80 et 100) qu'il indique « 80 ou 100 » pour les deux appareils en question. De même, le contrôleur est souvent amené à intervertir les heures de passage aux balises du couple d'avions potentiellement en conflit. Cela ne pose en fait aucun problème puisque c'est l'intervalle de temps (10 minutes) qui est la donnée essentielle pour la

²⁴⁷ Ibid.

²⁴⁸ « Exactement ! Car la connaissance est organisée : ils ont une représentation mentale de la situation, ils savent qu'ils en ont deux à l'est qui ne sont séparés que par un seul niveau, un à 200 et un à 210, mais ils peuvent faire des erreurs sans que cela ait une importance : ils vont dire, en fait, il y en a un qui est à 90 et l'autre à 100 mais le plus important c'est qu'ils soient séparés d'un seul niveau de 10 ! Il y a déformation fonctionnelle. » (THIERRY Benjamin, *Entretien avec André Bisseret* (12 novembre 2001)) Concept repris ici encore d'Ochanine qui l'a mis à jour en étudiant les médecins expérimentés et débutants en Russie : « Ochanine a étudié la manière dont des médecins spécialistes de la thyroïde représentent cet organe, par dessin ou moulage, quand ils font un diagnostic concernant un de leurs malades. Il compare ces résultats à ceux obtenus auprès de médecins novices non spécialistes. Ce qu'il constate est que les spécialistes produisent une représentation très particulière de l'objet. D'une part elle est laconique et simplifiée. D'autre part, elle est fortement déformée : certaines parties sont hypertrophiées alors que d'autres sont escamotées. Or, en analysant ces déformations, il constate que celles-ci donnent à voir la démarche d'observation et de diagnostic des spécialistes : les parties hypertrophiées sont celles qui sont importantes pour le diagnostic. Il y a donc des représentations pour l'action qui ont leurs caractères spécifiques, qui les différencient de simples représentations « cognitives », élaborées indépendamment de toute action. » (PASTRÉ Pierre, MAYEN Patrick & VERGNAUD Gérard, La didactique professionnelle, in *Revue française de pédagogie*, n°154, 2006, p. 145-198.).

résolution du conflit. André Bisseret en déduit que la mémorisation n'est pas faite sur la base de l'appareil individuel, mais sur le couple. Dans le cadre de l'exercice de reconstitution de carte de mémoire, le contrôleur est parfois amené à positionner des avions à des endroits qui sont faux, mais qui ont des orientations (les deux avions volent en face-à-face ou au contraire dans la même direction) qui permettent, elles aussi, la résolution de conflits de manière satisfaisante²⁴⁹.

Les premières études sur le contrôleur aérien menées par André Bisseret, Claude Enard et Jean-Claude Spérandio²⁵⁰ dressent un portrait précis du contrôleur au travail à partir duquel il s'agit de construire avec le concours des ingénieurs la figure de l'utilisateur du système Cautra. Développement réellement centré sur l'utilisateur, le projet Cautra fait donc une grande place au facteur humain qui est établi comme le guide principal des réalisations logicielles qui conduisent aux premières tentatives d'affichages des données à la fin des années 1960.

²⁴⁹ BISSERET André, *Analyse de la mémoire opérationnelle du contrôleur de la navigation aérienne (Rapport Inria CO 70009-R3)*, 1970 (Inria Rocquencourt, Armoire 25).

²⁵⁰ Jean-Claude Spérandio a rejoint le groupe d'André Bisseret en 1965 et y fait l'essentiel de son apprentissage du métier d'ergonome comme il le rappelle à l'occasion d'une interview en 2007 :

« J'ai découvert l'ergonomie en 1965, à la fin de mes études de psychologie, faites au retour de mon service militaire. J'ai entendu pour la première fois parler d'ergonomie, qui était alors très peu connue en France, lors d'une conférence sur les débouchés professionnels de la psychologie. Le conférencier, André Bisseret, expliquait son travail à Orly à propos de l'informatisation du contrôle aérien civil. Cela m'a tout de suite passionné parce que j'avais acquis, lors de mon service militaire, quelques notions d'aéronautiques. Comme il cherchait quelqu'un pour compléter son équipe, j'ai pris contact avec lui. L'équipe qu'il dirigeait à Orly était l'une des équipes du Centre d'Etudes et de Recherches Psychotechniques [...] dans un service dirigé par Jacques Leplat. J'ai commencé comme stagiaire, puis j'ai été embauché comme chargé d'étude [...] Bisseret a été pour moi bon pédagogue et bon chef. Il avait (il a encore) des idées personnelles sur l'ergonomie en général, mais aussi sur la recherche et le travail de terrain. L'essentiel de ce que j'ai appris à l'époque, c'est par lui et au travers du travail de l'équipe qu'il animait [...] Ce sont les séminaires hebdomadaires du CERP, les lectures de la littérature, les directives de Bisseret et les conseils de Claude Enard qui travaillait également dans cette équipe, qui ont été les principales sources de ma formation à la recherche. » (*Bulletin de la Self n°147 Septembre 2007*, 2007 (Archives de la Self, Boite 286J44)). Il est nommé en 1973 Professeur sur une chaire d'ergonomie à Paris VIII à la place de Dimitri Ochanine après sa thèse de doctorat soutenue en 1972 qui porte sur l'ergonomie du contrôle aérien.

B. L'image radar : pivot du projet d'informatisation

Après l'informatisation des données du contrôle aérien par la transformation du plan de vol en « plan de vol machine » qui permet l'impression automatique des strips, l'équipe du Cena s'attèle durant l'année 1965 à la mise en place de la seconde grande étape du projet Cautra : le traitement des données radar.

L'objectif principal est alors la numérisation des données issues des radars secondaires installés en 1962 et sur cette base l'élaboration d'une image radar dite « synthétique », c'est-à-dire pleinement utilisable dans les procédures de contrôle car pourvue d'informations nouvelles comme l'altitude et le code d'identification des appareils qui apparaissent sur l'écran. Ces modifications sont prévues pour être pleinement utilisables dans la version III du système Cautra mise en service en 1970.

1. Une innovation attendue

Pour Dominique Alvarez et son équipe, l'arrivée de la visualisation synthétique représente la continuation logique des travaux entrepris avec la numérisation des données du plan de vol. Ce dernier doit fournir les données à corréliser avec celles extraites des différents radars pour préciser la position des appareils. Le Cautra est alors considéré comme un projet global dont les différentes parties s'assemblent dans la perspective d'une progression vers l'automatisation du contrôle, horizon encore inatteignable en 1962-1965, mais toujours considéré comme l'aboutissement logique de l'utilisation du calculateur.

Dans la chronologie des versions successives du Cautra, cette étape est considérée comme la deuxième génération, le « Cautra II » dans le vocabulaire des rapports techniques et des comptes-rendus d'avancement.

Les équipes techniques du contrôle et Dominique Alvarez en attendent beaucoup. En effet, la visualisation synthétique est d'abord considérée comme le moyen de faire accepter l'ordinateur par les contrôleurs à un moment crucial durant lequel ce dernier fait irruption en tour de contrôle et ne se contente plus d'imprimer les strips. Les

conséquences sur le travail des personnels sont cette fois tangibles et il s'agit de convaincre pour ne pas dire séduire :

« En regardant un scope, un contrôleur entraîné peut mentalement lisser et même extrapoler une trajectoire de façon très satisfaisante, un traitement automatique devra donc être de bonne qualité pour que son utilité et son efficacité soient reconnues²⁵¹. »

Il s'agit également de continuer la marche vers l'automatisation des procédures que le souci prêté au facteur humain n'a pas complètement éliminée de la pensée des équipes techniques du Cena :

« Le calculateur doit autant que possible améliorer les informations du radar. Une fois ce but atteint, on pourra envisager des traitements supplémentaires comme la prévision de trajectoire, la détection de conflits²⁵². »

Pour les contrôleurs de la navigation aérienne, « l'apparition de l'image » est une rupture sans précédent dans l'organisation de leur travail, mais également plus profondément, dans les procédures mentales qu'ils mettent en œuvre pour détecter et résoudre les potentiels conflits entre les appareils de leur secteur en bouleversant le traditionnel contrôle aux procédures. Pour eux, le Cautra naît avec la visualisation, peu conscients qu'ils sont de son action avant de voir sur leur scope radar ses premières manifestations tangibles sous la formes d'étiquettes de données. Leur compréhension du développement de l'informatisation de leur activité s'inscrit donc dans des temporalités très différentes de celles perçues par les ingénieurs.

Avec les étiquettes, l'informatisation poursuit sa déstabilisation globale de l'activité en reconfigurant les manières de faire. Il s'agit d'en limiter les conséquences néfastes sur la base des travaux menés depuis 1961 par les ergonomes.

²⁵¹ *Le traitement radar (R73-012)*, 1973 (Les amis du Cena, Rapports)

²⁵² Ibid.

Enfin, pour l'équipe réunie autour d'André Bisseret, les versions II puis III du système Cautra représentent un entre-deux. Après avoir exploré le fonctionnement mental du contrôleur dans le cadre du contrôle aux procédures, il s'agit de mettre les premiers résultats obtenus à l'épreuve des enjeux nouveaux portés par la visualisation, du « travail aidé par écran²⁵³ » et d'en poursuivre l'exploration.

2. La numérisation des données radar

Nous avons déjà abordé les difficultés liées à l'usage du seul radar primaire par les contrôleurs aériens du fait de l'imprécision des données captées et ensuite représentées sur l'écran : les échos fantômes et les erreurs de position²⁵⁴ font du radar un outil analogique²⁵⁵ peu apprécié par les aiguilleurs, particulièrement quand le trafic augmente :

« Les premiers radars utilisés dans l'aviation civile donnaient des informations de distance et d'azimut des objectifs. Ils sont toujours utilisés : ce sont les radars primaires pour les renseignements sont présentés sur un indicateur panoramique sous forme de plots : c'est la visualisation brute.

Les insuffisances de ce système sont les suivantes :

- Comme pour tout appareil de mesure, il existe un taux de fausses alarmes et un taux d'alarmes non signalée : c'est-à-dire que lors d'une mesure des avions peuvent ne pas être détectés et des bruits peuvent être considérés comme des échos réels.*
- De toute façon, une réponse correspondant à un avion réel est entachée d'erreur²⁵⁶. »*

De plus, outre les erreurs, l'utilisation du radar principal nécessite un effort de mémorisation de la part du contrôleur qui doit se rappeler que tel « plot » désigne tel avion

²⁵³ BISSERET André, *Projet pour l'analyse du travail de contrôle aux normes radar*, 1967 (Inria Rocquencourt, Armoire 25).

²⁵⁴ *Le traitement radar (N73-043)*, 1973 (Les amis du Cena, Notes).

²⁵⁵ Lorsque le radar secondaire est mis en place en 1962, le décodage des informations se fait encore de manière analogique sans recours au calculateur (DELOM Georges, *Le radar secondaire*, Ecole Nationale de l'Aviation Civile, Toulouse, 1971, 63 p.).

²⁵⁶ *Le traitement radar (R73-012)*, 1973 (Les amis du Cena, Rapports)

puisqu'il n'a aucun moyen de noter l'identité des appareils sur son écran. Périodiquement, il peut engager une « procédure d'indentification » qui, non seulement est longue comme le rappelle Dominique Alvarez, mais est également couteuse pour l'appareil en terme de carburant et ne peut être réalisée dans l'urgence d'une situation critique sous la menace d'un airmiss²⁵⁷ imminent :

« [Avec] le radar primaire, c'est très difficile à utiliser : vous voyez des petits points, même si y'en a pas beaucoup, vous ne voyez que des petits points. Comment savoir que le point que vous voyez, c'est bien l'avion à qui vous parlez ? Ce que vous faites, vous lui dites : « machin-truc, tournez à gauche » et vous attendez. Alors, il tourne à gauche. « Machin-truc, reprenez votre route » et il reprend sa route. Donc vous savez à ce moment que c'est le bon avion. Alors, forcément, vous ne pouvez pas faire ça très longtemps²⁵⁸. »

Enfin, dans les cas de trafic important, le contrôleur doit garder en mémoire les plots qui le concernent, mais également être capable de repérer, pour ne pas les mélanger, les plots dont il ne s'occupe pas et relèvent d'un de ses collègues, provoquant ainsi une charge de travail supplémentaire :

*« – Pour mener à bien sa tâche, le contrôleur doit connaître l'identité des plots. Par des moyens divers, le contrôleur attribue tel plot à tel avion, suit son déplacement en gardant en mémoire l'identité de ce plot ; c'est une charge et dans certains cas, il peut aussi y avoir ambiguïté.
– Dans la visualisation brute, les plots de tous les avions « en vue » du radar sont présentés alors que chaque contrôleur n'a en compte qu'un*

²⁵⁷ « Lorsqu'un commandant de bord juge que l'espace qui lui a été octroyé n'est pas suffisant, qu'un autre aéronef vole trop près de son propre appareil, en un mot qu'il est le risque d'abordage, il peut déposer une réclamation (ou rapport airmiss) auprès de la direction du centre de contrôle incriminé. » (FLOQUET Charles, *Ceux qu'on appelle aiguilleurs du ciel*, Editions France empire, Paris, 1983, 245 p.).

²⁵⁸ THIERRY Benjamin, *Entretien avec Dominique Alvarez* (14 juin 2013)

nombre limité d'avions. On ne connaît, des avions dans l'espace, que la distance et l'azimut et non la position²⁵⁹. »

Cet état de fait est largement connu et dès 1961 la mise au point d'une image à la fois fiable et aisément utilisable est un objectif central du projet Cautra²⁶⁰. Il s'agit de donner à voir « les échos des avions [...] systématiquement poursuivis après une première identification » pour connaître « la position instantanée en quasi continu²⁶¹ ».

Pour ce faire, c'est d'abord sur la mise en place du « radar secondaire » que s'appuient Villiers et Alvarez.

Non seulement il permet de préciser les positions dans l'espace plan, mais permet également la fourniture d'informations tierces, envoyées dynamiquement par les appareils grâce à l'exploitation des modes A et C au moyen des capsules anéroïdes embarquées²⁶² :

« Le radar secondaire (SSR), d'introduction récente, pallie partiellement cette limitation du radar : les réponses des avions équipés ne sont plus passives, mais portent, d'une part, un code choisi par le contrôleur et affiché par le pilote (mode A) et, d'autre part, un code automatiquement élaboré par les appareils de mesure de l'altitude, code spécifique du niveau actuel de vol (mode C)²⁶³. »

En 1962, Athis-Mons commence à exploiter le premier radar secondaire installé en France et cinq ans plus tard, son utilisation est rendue obligatoire sur tous les vols

²⁵⁹ *Le traitement radar (R73-012)*, 1973 (Les amis du Cena, Rapports)

²⁶⁰ VILLIERS Jacques, *Les méthodes opérationnelles le contrôle au cours du cinquième plan. Propositions*, 1965 (Les amis du Cena, Notes).

²⁶¹ Ibid.

²⁶² VILLIERS Jacques, *Reproduction de la conférence 'Perspectives sur le contrôle de la navigation aérienne dans les phases avancées d'automatisation : 'la méthode des filtres'*, 1968 (Archives Inria Rocquencourt, Armoire 25).

²⁶³ VILLIERS Jacques, *L'automatisation du contrôle de la navigation aérienne*, in *Équipement, logement, transports*, n°33, 1968, p. 33-39.

commerciaux. Le Centre de contrôle régional nord reçoit alors des informations de cinq radars²⁶⁴ situés à Évreux, la Dôle, la Châtre, Contrexéville et Orly²⁶⁵.

Alors que les informations fournies par le radar principal sont analogiques, l'utilisation du radar secondaire permet d'envisager la numérisation des échos et la possibilité de les corrélérer avec les plans de vol machine. En 1965, le traitement radar numérique est mis au point²⁶⁶ par Alvarez et son équipe. Il agrège les données de la « visualisation brute²⁶⁷ » fournies par le radar principal et celles produites par le radar secondaire²⁶⁸.

Cette numérisation²⁶⁹ est permise par les extracteurs placés aux pieds de chaque radar. L'extracteur envoie les données au calculateur à chaque huitième de tour d'antenne par ligne téléphonique. Les données transitent ensuite par un générateur de plots qui assure la transformation du signal et surtout un filtrage des plots primaires pour débarrasser les éliminer le bruit qui pourrait saturer le calculateur (et qui est issu des échos parasites la plupart du temps²⁷⁰). Les données sont ensuite traitées par le système Cautra et visualisées sur le scope radar du contrôleur²⁷¹.

Pour donner à voir les trajectoires des différents appareils, il faut relier d'un tour d'antenne à l'autre les plots appartenant à un même avion afin de créer ce que l'on appelle une « piste²⁷² » grâce à la poursuite radar. Toutes les poursuites radars sont fondées sur la base du filtrage dynamique : disposer à tout instant de résultats qui résument le passé de la

²⁶⁴ Figure 3. La couverture radar en France vers 1976.

²⁶⁵ *Description sommaire des principales fonctions du Cautra 3 (R76-006)*, 1976 (Les amis du Cena, Rapports)

²⁶⁶ *Le traitement radar dans le système Cautra IV (R74-028)*, 1974 (Les amis du Cena, Rapports).

²⁶⁷ *Le traitement radar (N73-043)*, 1973 (Les amis du Cena, Notes).

²⁶⁸ *60 ans de contrôle aérien "en-route"*, DGAC, Paris, 2007, 36 p.

²⁶⁹ *Le traitement radar (N73-043)*, 1973 (Les amis du Cena, Notes).

²⁷⁰ *Le traitement radar (R73-012)*, 1973 (Les amis du Cena, Rapports).

²⁷¹ *Description sommaire des principales fonctions du Cautra 3 (R76-006)*, 1976 (Les amis du Cena, Rapports).

²⁷² Dans le système Cautra, une piste contient les informations suivantes : les coordonnées prévues de l'avion au tour d'antenne suivant, la vitesse de l'avion, son code, son altitude si l'appareil est pourvu du mode C et le nombre de manques de repérages successifs (*Le traitement radar (N73-043)*, 1973 (Les amis du Cena, Notes)).

piste en intégrant au fur et à mesure les données nouvelles devant en principe améliorer la connaissance de cette piste²⁷³.

La numérisation permet également de gérer les données créées par plusieurs radars dans les zones de surveillance se recouvre partiellement et ainsi, de ne pas faire apparaître plusieurs pistes sur l'écran du contrôleur quand il n'y a qu'un seul appareil. En fait, dans un avion suivi par plusieurs radars à la fois, le système sélectionne en général la meilleure information donnée par le radar le plus proche donc par la piste locale correspondant à ce radar²⁷⁴.

À partir de juin 1972²⁷⁵, il devient possible de présenter des images composées à partir de plusieurs radars aux contrôleurs du centre de contrôle régional Nord. Le développement logiciel pour ce faire a commencé en 1970. Il repose sur le langage Astre et la mise en place de nombreux modules destinés à l'acheminement, au traitement et à l'affichage des signaux radar²⁷⁶.

Le principal problème posé aux ingénieurs du Cena durant les années 1970 est le calibrage de la puissance des filtres appliqués aux différentes pistes et qui oscille toujours entre un filtrage sévère rendant le système peu sensible aux virages (la visualisation met alors du temps à signifier aux contrôleurs sur l'écran radar que l'appareil est en train de tourner) et un filtrage plus sensible mais beaucoup plus propice à l'apparition du bruit sur les écrans :

« Eh bien, il y avait des codes qui n'étaient pas bons et dans certains cas des duplications d'avions. Ces problèmes étaient liés au garbling et à des problèmes de réflexion. Si vous avez des obstacles massifs autour de l'antenne, vous pouvez recevoir des échos parasites qui rentrent

²⁷³ Ibid.

²⁷⁴ *Le traitement radar dans le système Cautra III (R74-002)*, 1974 (Les amis du Cena, Rapports).

²⁷⁵ *Le traitement radar dans le Cautra (R74-007)*, 1974 (Les amis du Cena, Rapports).

²⁷⁶ *Listes des tâches de programmation (N73-010)*, 1973 (Les amis du Cena, Notes).

dans le système et qu'on est incapable d'éliminer parce qu'il correspond à un véritable avion²⁷⁷. »

3. Extraire l'information et la corrélérer : une information juste et précise

Les problèmes de filtrage des différents échos radar dans la constitution de plots et de pistes obligent à corrélérer les données reçues avec celles du plan de vol pour éliminer une partie des échos parasites²⁷⁸ :

« La philosophie du Cautra est de ne présenter au contrôleur qu'une image, même au besoin par défaut. C'est pourquoi le traitement radar tel qu'il est décrit ci-dessus ne permet de visualiser que les pistes corrélérées au plan de vol. Le défaut de cette méthode est de ne pas visualiser tous les avions. Et jusqu'à présent toutes les tentatives de visualisation sans le filtre du plan de vol ont échoué car elle présentait trop de fausses pistes au contrôleur²⁷⁹. »

En dépit de la corrélation effective en 1972 et améliorée en 1974, le problème subsiste au sein du Cautra III (au sein duquel la majorité des pistes radar sont corrélérées avec les plans de vol si les appareils sont dotés d'un répondeur 4096 codes²⁸⁰. Certains avions ne donnent pas lieu à ces corrélations avec les PLN pour des raisons locales ou de non équipements en répondeurs adéquats).

En mai 1973 une nouvelle version du programme radar est mise en place à Athis-Mons. Elle se caractérise par une amélioration de la poursuite, de l'image synthétique offerte au contrôleur tout en allégeant l'occupation mémoire du calculateur du Cautra III²⁸¹.

²⁷⁷ THIERRY Benjamin, *Entretien avec Dominique Alvarez* (14 juin 2013).

²⁷⁸ *Le traitement radar dans le système Cautra IV (R74-028)*, 1974 (Les amis du Cena, Rapports).

²⁷⁹ *Le traitement radar dans le Cautra (R74-007)*, 1974 (Les amis du Cena, Rapports).

²⁸⁰ *Le traitement radar dans le système Cautra IV (R74-028)*, 1974 (Les amis du Cena, Rapports).

²⁸¹ *Le traitement radar dans le système Cautra III (R74-002)*, 1974 (Les amis du Cena, Rapports).

En 1974, dans le rapport qui décrit les évolutions souhaitables du système Cautra dans sa future version IV, Dominique Alvarez donne une description précise de l'importance d'une information radar juste pour maintenir la qualité du contrôle aérien alors que celui-ci abandonne progressivement le contrôle au procédures. Les efforts de programmation consentis depuis deux ans par les ingénieurs du Cena montrent l'importance donnée à cette quête de la précision. À l'échelle de l'ensemble du système, l'activité de traitement des signaux radar correspond à 70% de la charge processeur du Cautra (pour un traitement des cinq radars du Centre de contrôle régional nord²⁸² : Orly, Evreux, La Dole, la Chatre et Contrexéville²⁸³). En termes de mémoire occupée, cela représente un ensemble de 16 000 mots sur les 76 000 de l'ensemble du Cautra III.

Il y expose avec une certaine lucidité la nécessité de prendre encore une fois le contrôleur comme norme du bon fonctionnement du système et de ne pas en rester à la logique comptable des « techniciens » :

« Le problème est de connaître le taux de réussite du traitement radar et de savoir s'il est suffisant pour l'exercice du contrôle. Il n'est pas certain que la notion de bonne qualité soit la même pour le technicien radar et le contrôleur.

Pour le premier une probabilité de réussite de 99 % est satisfaisante. Le contrôle en général, et l'ensemble des contrôleurs, observe un grand nombre de plots c'est-à-dire un grand nombre de données et une probabilité de 1 % n'est pas forcément une probabilité faible.

Un centre ayant 100 avions en compte vus en moyenne par deux radars reçoit en 10 secondes 200 plots, soit en une heure, 72 000 plots.

Parmi ces plots, la poursuite fait une synthèse, d'autre part tous les plots n'intéressent pas le contrôleur au même titre. Il faut distinguer les avions sous surveillance radar et les autres. Une anomalie sur un avion qui n'est pas sous surveillance radar n'est pas cruciale, mais introduira un

²⁸²

²⁸³ *Le traitement radar dans le système Cautra IV (R74-028), 1974 (Les amis du Cena, Rapports).*

doute dans l'esprit du contrôleur s'il observe cet avion par hasard. La fréquence de ces cas est difficile à appréhender. Par contre, une anomalie sur un avion sous surveillance radar peut être gênante.

Les opérationnels diront : elle est à proscrire. Les techniciens diront : elle ne se produira qu'une fois sur 100. Si un conflit radar entre deux avions dure quatre minutes, le contrôleur observera $4 \times 6 \times 2 = 48$ plots, donc il verra une anomalie tous les deux conflits en moyenne [...]

On doit donc étudier des événements dont la probabilité est faible pour le technicien radar mais suffisante pour gêner le contrôle²⁸⁴. »

C'est durant la période 1975²⁸⁵-1980 que l'amélioration de la précision des positions radar franchit un cap en minimisant les effets de *garbling* encore monnaie courante de 1965 à 1975²⁸⁶. Les imprécisions de positionnement et les échos parasites qui subsistent pendant la seconde moitié des années 1960 et la première moitié des années 1970 n'empêchent nullement la mise en place de la « visualisation synthétique ».

²⁸⁴ Ibid.

²⁸⁵ *Modification du traitement radar (R76-012)*, 1976 (Les amis du Cena, Rapports).

²⁸⁶ « Quel est le lien avec ce que l'on appelle le « *garbling* » ?

Le *garbling* c'est pas du tout ça. Je vais vous expliquer ça avec une feuille de papier. C'est lié au principe même du radar secondaire.

Le radar secondaire interroge un avion qui lui envoie une réponse. La réponse en question elle dure un certain temps. Je ne sais plus combien précisément, mais je crois que c'est 20 et quelques microsecondes. Ce qui représente une certaine distance. Si vous avez un avion juste à côté du premier, vos réponses vont être brouillées. Avec la première génération de dispositifs de numérisation de cette information, on détectait bien le début d'une réponse et après c'était brouillé et on avait une fin. On sortait une seule réponse alors qu'il y avait parfois plusieurs avions...

Ce qui met fin à ces problèmes de *garbling*, c'est le traitement multi-radar ?

Non. Parce que, que vous ayez plusieurs radars ou pas, ça change pas. C'est la manière d'exploiter le radar secondaire qui va changer. On va faire un traitement non pas avec une extraction de type « fenêtre glissante » qui donnait un azimut de début et un azimut de fin, incapable de résoudre le *garbling* comme ça, mais en faisant un système qui s'appelle Monopulse qui était indispensable pour faire du Modes et on va combiner plusieurs lobes d'antennes aménagées différemment. Cela va permettre une meilleure identification. Ça ça va considérablement diminuer le *garbling*. Les premiers essais concluants datent du début des années 1980. » (THIERRY Benjamin, *Entretien avec Dominique Alvarez* (14 juin 2013)).

C. De l'image numérisée à l'image augmentée

Dès ses premiers articles dans les années 1960, Jacques Villiers envisage l'écran radar comme un élément central d'un contrôle aérien modernisé, libéré des pesanteurs du contrôle aux procédures par le truchement du calculateur :

« Il est possible de faire composer par le calculateur (par exemple sur tube cathodique) des strips constamment tenu à jour par les informations du radar²⁸⁷. »

La réalisation de cette vision est rendue possible à partir du moment où les données extraites des radars secondaires sont numérisées. Il reste alors à les présenter sur l'écran du contrôleur.

Il s'agit alors « d'augmenter » l'image radar en l'assortissant d'informations symboliques et textuelles à l'image de l'altitude ou de l'identification des appareils.

1. La naissance des étiquettes

Pour ce faire, un contrat est passé en 1965 avec la Société Nouvelle d'Electronique²⁸⁸ pour la fourniture de visualisateurs à tubes cathodiques. Un décodeur de position et un générateur de caractères permettent d'afficher des caractères sur un visualisateur de messages et sur le tube cathodique destiné à présenter l'image brute ou synthétique du radar au contrôleur. Les tubes cathodiques utilisés à ces deux fins sont des tubes classiques à phosphore à grande rémanence (à couche P19). Les extracteurs envoient les informations obtenues depuis le radar vers des générateurs de symboles. Comme pour les autres parties logicielles du système Cautra, la visualisation repose sur un ensemble de modules qui interagissent entre eux et vise à transformer les données issues des extracteurs en éléments visualisables sur les scopes²⁸⁹.

²⁸⁷ VILLIERS Jacques, *Les méthodes opérationnelles le contrôle au cours du cinquième plan. Propositions*, 1965 (Les amis du Cena, Notes).

²⁸⁸ Une filiale de Thomson-Houston, la SNE (VILLIERS Jacques, *L'approche française de l'automatisation du contrôle de la navigation aérienne (N65-008)*, 1965 (Les amis du Cena, Notes)).

²⁸⁹ *Le traitement radar dans le système Cautra III (R74-002)*, 1974 (Les amis du Cena, Rapports).

Les éléments visualisables sont appelés « étiquettes ». Elles sont testées dès 1969 :

« En 1969, le Cautra II, installé à Athis-Mons, fonctionnait sur des calculateurs IBM 7040. Outre la distribution des strips à Athis-Mons, Aix et Bordeaux, il assurait l'affichage sur les écrans d'Athis-Mons des premières étiquettes comportant l'indicatif de l'avion et le niveau de vol²⁹⁰. »

La première version testée en 1969²⁹¹ ne comporte qu'un numéro d'identification obtenu par le truchement du mode A²⁹². A partir de 1972, apparaît le niveau de vol donné par le mode C et une forme qui désigne les appareils en transit par le secteur, en vol dans les espaces supérieurs ou à destination d'Orly²⁹³.

A partir de 1974, le Cautra III, grâce aux modules BALGRIS et AFFMARK²⁹⁴, présente un symbole qui marque la position de l'avion, un « leader²⁹⁵ » lie le texte au symbole, un texte composé en première ligne pour l'identification de l'avion (code ou indicatif d'appel radio), en deuxième ligne de l'altitude mode C si elle existe et une indication de tendance d'évolution (montée, descente, stable). Enfin, en troisième ligne, l'on trouve une information supplémentaire (IDENT, HJCK, EVOL, PANR, PANM) comme la mention de la compagnie.

²⁹⁰ 60 ans de contrôle aérien "en-route", DGAC, Paris, 2007, 36 p.

²⁹¹ Figure 5. La visualisation synthétique vers 1968.

²⁹² Décodage analogique du radar secondaire.

²⁹³ Dominique Alvarez a eu l'obligeance de nous commenter le cliché reproduit en annexe intitulé « Figure 5. La visualisation synthétique vers 1968 » : « J'en viens aux étiquettes. Quand apparaissent-elles et comment fonctionnent-elles ? Pouvez-vous m'en montrer ?

A l'époque, on n'a pris aucune photo. On n'en trouve que dans les brochures.

Vous avez un symbole qui a une signification pour le contrôleur : ça correspond à des populations type d'avions par exemple. Ca, ça peut être un survol en espace supérieur, ça une arrivée à Orly ; Ensuite, on trouve l'indicatif d'appel radio de l'avion, puisqu'avec le radar secondaire, à partir du moment où l'on a mis en place la corrélation avec les plans de vol on peut lier les deux et alors on peut afficher l'indicatif d'appel de l'avion et en dessous, vous trouvez l'altitude de l'avion, donnée par l'alticodeur.

Ca ce sont les étiquettes qui ont existé avec le Cautra II, dès 1972. » (THIERRY Benjamin, *Entretien avec Dominique Alvarez* (14 juin 2013)).

²⁹⁴ *Le traitement radar dans le système Cautra III (R74-002)*, 1974 (Les amis du Cena, Rapports).

²⁹⁵ Une ligne qui relie l'étiquette à l'écho radar quelque soit la position des deux éléments.

Sur les écrans de 16 pouces²⁹⁶ utilisés alors, une étiquette est capable d'afficher près de 20 caractères sur deux lignes de neuf caractères ou sur trois lignes de six caractères²⁹⁷.

En ce qui concerne la présentation de la totalité des informations qui constituent le plan de vol sur l'écran radar, Dominique Alvarez l'exclut d'emblée car elle représente plusieurs dizaines de caractères à faire afficher dans l'étiquette²⁹⁸ ce qui alourdirait la représentation proposée à l'aiguilleur et poserait des problèmes insolubles de disposition sur l'écran.

2. Les premiers travaux d'ergonomie sur les représentations synthétiques

Le passage d'un contrôle « aveugle » à un contrôle fondé sur l'utilisation de l'image radar demande aux ergonomes d'adapter leurs méthodes de travail et leurs objectifs. En 1971, ils connaissent relativement bien les raisonnements d'un aiguilleur réfléchissant grâce à ses strips, mais encore assez mal ceux d'un opérateur confronté au repérage et à l'analyse de mobiles sur écran. C'est pour répondre à ces nouveaux enjeux et produire des recommandations sur l'information visualisée que le programme des études est réorienté au début de l'année 1971 :

« 4.1. Le contrôleur C.C.R. Dans ce secteur les études actuelles peuvent être regroupées sous deux rubriques non indépendantes :

- d'une part l'analyse des algorithmes fondamentaux du contrôleur : détection et résolution de conflit dans le cadre du travail complet c'est-à-dire incluant le radar ; c'est la poursuite du projet publié en novembre 1967, mais qui a été très ralentie du fait de la priorité qui fut donnée alors à la mise au point des méthodes de formation.

²⁹⁶ 40,64 cm.

²⁹⁷ *Comparaison des caractéristiques d'emploi des scopes 16 et 22 pouces (N75-124)*, 1975 (Les amis du Cena, Notes)

²⁹⁸ ALVAREZ Dominique, *La vie du PLN dans le système Cautra. Evolution vers le système Cautra 4 (R74-037)*, 1974 (Les amis du Cena, Rapports).

- d'autre part un ensemble d'études portant sur des processus de prise d'information nécessaires à la mise en œuvre de ces algorithmes: ces études concernent actuellement les principaux dispositifs de présentation de l'information : l'écran de radar et le tableau de strips²⁹⁹. »

André Bisseret ne part pas de zéro puisqu'il a déjà étudié le travail à l'aide du radar en 1967³⁰⁰, mais uniquement dans le cadre de l'utilisation du radar primaire, sans adjonction d'informations « synthétiques » sur le scope.

L'équipe va en particulier se concentrer sur les débutants dont la spécificité en 1971 est qu'ils n'ont pas encore été formés à l'utilisation du radar durant leur formation. Les hésitations et les erreurs que commet le débutant durant son activité permettent de ne pas être confronté à une activité dont l'observation est rendue difficile chez le contrôleur expérimenté par la rareté des actions et leur justesse souvent immédiate³⁰¹.

La question de l'estimation au point de croisement des trajectoires est particulièrement travaillée. Il s'agit d'estimer les capacités d'anticipation des contrôleurs lorsqu'ils cherchent à déterminer la séparation future de deux avions après passage à un point de croisement. Pour cette partie de l'étude diagnostique de l'insertion du radar dans les pratiques de contrôle, les traditionnelles explications demandées aux contrôleurs sur la méthode employée sont rendues compliquées par les trois états possibles de la situation : « les avions passeront », « ils ne passeront pas », « je ne sais pas³⁰² ». Bisseret suppose, sans aller plus loin³⁰³, que les données visuelles ne sont pas les seules à être prises en compte au moment de la prise de décision du contrôleur. Pour valider ses hypothèses, Bisseret souhaite mettre les contrôleurs dans une situation où la visualisation radar est de type « primaire » et laisser les aiguilleurs demander les informations supplémentaires dont ils jugent avoir besoin pour déterminer la hiérarchisation entre les appareils effectuée par chacun. Comme pour le point précédent, ces expérimentations ne sont menées à leur terme

²⁹⁹ *La division circulation aérienne (R71-007)*, 1971 (Les amis du Cena, Rapports)

³⁰⁰ BISSERET André, *Projet pour l'analyse du travail de contrôle aux normes radar*, 1967 (Inria Rocquencourt, Armoire 25).

³⁰¹ *La division circulation aérienne (R71-007)*, 1971 (Les amis du Cena, Rapports).

³⁰² Ibid.

³⁰³ L'étude sera reprise avec Girard en 1973, voir infra.

qu'en 1973 faute de moyens³⁰⁴, notamment en personnel, les ergonomes n'étant toujours que trois.

Enfin, Claude Enard mène directement les études qui portent sur le choix des représentations graphiques proposées progressivement par les ingénieurs du Cena à partir du début de 1970 et destinées à symboliser les appareils sur l'écran du radar³⁰⁵. L'hypothèse défendue par Enard est que les différentes formes choisies pour représenter les avions ont une influence sur les capacités des contrôleurs à réaliser des mesures d'angles dans la perspective de l'extrapolation des routes des appareils en mouvement. Les résultats tendent à prouver qu'il faut favoriser les marqueurs de type carré et non pas circulaires qui font baisser les capacités d'estimation moyennes.

3. Des réactions positives

Dès la période des premiers tests menés en 1969, les contrôleurs d'Athis-Mons se montrent très intéressés par la nouvelle manière de présenter l'espace aérien proposée par les ingénieurs du Cena. Alors que la solution de visualisation n'est pas encore finalisée, Dominique Alvarez a la surprise de constater qu'elle est déjà utilisée hors des périodes de tests sur les positions opérationnelles de travail :

« Absolument. Ils sont enthousiastes. C'est pourtant une rupture radicale avec le contrôle « original », mais les contrôleurs ont enfin une image de ce qu'ils sont vraiment dans l'air. Ce qu'on met en œuvre à Paris c'est ce que je vous ai montré là [...] Quand on réalise le Cautra II, notre objectif est de donner une image avec l'indentification de l'avion. Dès que les contrôleurs ont vu arriver les images avec les codes, ils ont demandé à les avoir, même avec les défauts qui subsistaient. Donc, on a été devant le fait accompli : ils ont utilisé une image qui n'était pas corrélée plan de vol,

³⁰⁴ BISSERET André & GIRARD Yves, *Le traitement des informations par le contrôleur du trafic aérien. Une description globale des raisonnements (Rapport Iria R37)*, 1973 (Inria Rocquencourt, Armoire 25).

³⁰⁵ ENARD Claude, *Lecture de positions d'avions sur le scope radar et forme des markers (Rapport CO 7105-028)*, 1971 (Inria Rocquencourt, Armoire 25).

mais elle leur apportait déjà beaucoup par rapport à ce qu'ils avaient avant, malgré les inconvénients.³⁰⁶. »

Enthousiasme confirmé par une étude menée par Jean-Claude Spérandio à l'été 1971³⁰⁷ au travers d'une trentaine d'interviews de contrôleurs.

Après des essais menés de 1969 à fin 1971, la visualisation synthétique est mise en place officiellement en salle de contrôle début 1972 et est utilisée de façon opérationnelle à partir de juin.

III. UNE GRAMMAIRE GRAPHIQUE POUR LE CONTROLE AERIEN

A partir de 1972 la représentation synthétique des données radar est stabilisée. Sa structure de fonctionnement évoluera encore, mais sa fonction au sein du contrôle et les informations qu'elle présente restent globalement les mêmes jusqu'au tournant des années 1980-1990 avec l'introduction des écrans de micro-ordinateurs³⁰⁸.

Continuation de la numérisation des données et de la programmation du Cautra, la visualisation entraîne néanmoins une déstabilisation importante des procédures de travail, mais également des capacités de traitement de l'ensemble du macro-système technique aérien.

D'autre part, la participation active des contrôleurs, mais également les études des ergonomes dirigés par André Bisseret permettent de respecter les grandes lignes du cahier des charges défini par Jacques Villiers au début des années 1960 : l'introduction de l'outil informatique ne se fait ni au détriment du facteur humain en bouleversant les pratiques

³⁰⁶ THIERRY Benjamin, *Entretien avec Dominique Alvarez* (14 juin 2013).

³⁰⁷ SPERANDIO Jean-Claude, *Note de travail sur quelques interviews menées auprès des contrôleurs du Centre de Contrôle Régional Nord au sujet de la fiabilité du Cautra (N71-017)*, 1971 (Les amis du Cena, Notes).

³⁰⁸ *Acquisition et traitement initial des données plan de vol. Traitement actuel et perspectives d'évolution à l'horizon 1990 (N80-035)*, 1980 (Les amis du Cena, Notes).

antérieures, ni en demi-teinte avec une efficacité limitée, mais bien dans le cadre d'une méthodologie originale, précurseur des approches « centrées sur l'utilisateur³⁰⁹ ».

S'élabore alors une véritable grammaire graphique, c'est-à-dire un ensemble de règles tirées des expérimentations conduites par les ergonomes en situation réelle ou simulée qui organise la construction de l'interface graphique homme-calculateur en prenant le premier comme norme de fonctionnement du second.

A. Les apports de la visualisation synthétique

1. Productivité et normes de sécurité

Assez étrangement, la navigation aérienne et le Cena ne produisent pas ou peu de chiffres à propos de la hausse de la productivité engendrée par l'arrivée des nouveaux outils. Lorsque Dominique Alvarez revient sur cette question, il semble presque surpris que l'on puisse songer à quantifier ces améliorations³¹⁰. Elles sont néanmoins réelles et la diminution continue des normes de sécurité à partir de l'apparition du radar secondaire en témoigne. Ainsi, lorsque le radar devient courant, la distance à respecter entre deux aéronefs est réduite à 9 km³¹¹ au lieu des séparations temporelles, beaucoup plus importantes en distance, utilisées dans le cadre du contrôle aux procédures :

« [Le contrôleur] détecte les avions en conflit potentiel, ce qui suppose de calculer les estimées pour toutes les intersections de route, afin d'appliquer ensuite une séparation en temps : 10 minutes de vol, voire 15 minutes si les moyens de navigation sont peu nombreux, pour tenir compte de toutes les incertitudes cumulées quant à la position réelle des avions³¹². »

³⁰⁹ *Ergonomie de l'interaction homme-système. Partie 210 : Conception centrée sur l'opérateur humain pour les systèmes interactifs (ISO 9241-210)*, International Organization for Standardization, Genève, 2010, 36 p.

³¹⁰ THIERRY Benjamin, *Entretien avec Dominique Alvarez* (14 juin 2013).

³¹¹ *L'ergonomie dans la conception des systèmes à technologie avancée (Rapport Cena N81055)*, 1981 (Inria Rocquencourt, Armoire 25).

³¹² *60 ans de contrôle aérien "en-route"*, DGAC, Paris, 2007, 36 p.

« Les règles de base de séparation entre avions ayant valeur réglementaires sont assez simples.

- s'il n'est pas prévu de séparation en plan, il devra exister une séparation en altitude qui sera au minimum de 300 m (1000 pieds) en dessous de 9000m, 600m (2000 pieds) au-dessus.

- s'il n'est pas prévu de séparation en altitude, la séparation à respecter en plan dépend des moyens dont dispose le contrôleur pour l'évaluer et s'assurer de son évolution.

Sans radar cette séparation doit être au minimum de 10 minutes.

Un tel temps représente une distance d'environ 80 à 150 km : entre avions aux vitesses couramment employées aujourd'hui. Avec radar, cette séparation est généralement réduite à 5 milles nautiques (environ 9km)³¹³. »

Par exemple, une Caravelle qui descend pour se poser à Orly à 480 km/h sera séparée d'un autre avion par un espacement standard de 10 minutes de vol ce qui représente environ 80 km. Si le contrôleur applique les normes radar courantes, les différents avions pourront être distants de 18 km seulement l'un de l'autre, ce qui permettra non pas d'avoir deux avions sur un espace de 80 km, mais six.

2. Une déstabilisation organisationnelle et cognitive

Ces changements que traduit l'abaissement des normes de sécurité permettent également d'apprécier les bouleversements que la visualisation synthétique a pu représenter pour le fonctionnement du contrôleur. Au début des années 1980, Dominique Alvarez revient sur l'écart creusé dès 1972 entre la logique nécessitée par le contrôle aux procédures et celle que demande le contrôle radar :

« En effet, les processus intellectuels à mettre en œuvre pour exploiter le tableau de strips sont très différents de ceux qui permettent

³¹³ BOUJU Francis, *Recommandation ergonomique applicable à l'élaboration d'un meuble de contrôle (N79-076)*, 1979 (Les amis du Cena, Notes) ?

d'exploiter l'image radar : il s'agit essentiellement de raisonnements logiques rigoureux par pas successifs aboutissant à un diagnostic sûr. On peut se demander s'il est réaliste de compter sur un fonctionnement permanent sans défaut de deux processus de travail aussi différents cohabitant dans l'intellect d'un même individu, d'autant que l'on sait bien qu'une représentation imagée renseignée de la situation permet des raccourcis dans leur déroulement³¹⁴. »

Il s'agit alors d'arbitrer entre suppression ou conservation de l'apprentissage du contrôle aux procédures - débat récurrent au sein de l'Enac³¹⁵ et plus globalement au sein de la DGAC - considéré comme archaïque, mais également de décider si conserver ce type original de contrôle est nécessaire en cas de défaillance du système informatique :

« Dans une telle optique, la détection des conflits dits « aux procédures », c'est-à-dire des conflits plans de vol, est vraisemblablement dépassé au profit d'une détection des conflits fondée sur l'utilisation du radar et du plan de vol en tant que déclaration d'intention du pilote³¹⁶. »

Cette impression d'impossibilité d'un retour en arrière est très présente également chez les contrôleurs dès les premiers mois de mise en place de la visualisation par étiquettes : à de rares exceptions près, l'ensemble des contrôleurs consultés par Jean-Claude Spérandio dans son enquête de juillet 1971 estime que compte tenu de l'augmentation du trafic il ne sera pas possible désormais de se passer de l'assistance du système Cautra. Le retour aux procédures manuelles entraverait considérablement la capacité globale de gestion du trafic et accroîtrait sensiblement la pénibilité du travail³¹⁷.

Assez étrangement pourtant, l'impression des strips, jugée comme un prodrome à une informatisation plus poussée, plus efficace, tout entière structurée autour de

³¹⁴ ALVAREZ Dominique, *Les oublis des contrôleurs. Note de réflexion (N81-053)*, 1981 (Les amis du Cena, Notes).

³¹⁵ Ecole Nationale de l'Aviation Civile en charge, entre autres, de la formation des contrôleurs aériens.

³¹⁶ *Le traitement radar dans le Cautra (R74-007)*, 1974 (Les amis du Cena, Rapports).

³¹⁷ SPERANDIO Jean-Claude, *Note de travail sur quelques interviews menées auprès des contrôleurs du Centre de Contrôle Régional Nord au sujet de la fiabilité du Cautra (N71-017)*, 1971 (Les amis du Cena, Notes).

l'affichage augmenté, est toujours considérée en 1971 comme l'élément le plus important apporté par le calculateur. Les traitements radars évolués sont moins souvent déclarés comme indispensables, bien que favorablement accueillis lorsqu'ils fonctionnent correctement. C'est en particulier l'usage des codes secondaires, et leur généralisation à tous les aéronefs, qui est perçue comme une aide efficace en comparaison avec l'image primaire seule³¹⁸.

B. Un développement « human centered », un utilisateur accompagné

1. Le rôle de l'utilisateur dans la mise en place de l'innovation

Pour s'assurer d'une transition sans blocage et dans la parfaite continuité des premières réalisations, les utilisateurs sont mis à contribution pour repérer et faire remonter les problèmes rencontrés avec la nouvelle image radar :

« [Les améliorations] sont le fruit de remarques faites par les utilisateurs de l'information radar, notamment lors de l'expérimentation de mars 1975 au centre de contrôle régional Nord³¹⁹. »

En cela, le Cena inaugure un fonctionnement parfaitement inédit dans le domaine de l'informatique à l'époque, mais promis à un bel avenir : l'approche centrée sur l'utilisateur. Sans jamais la formaliser théoriquement, les ingénieurs-concepteurs délèguent aux utilisateurs la tâche de repérage et de description des symptômes de dysfonctionnement ou les lacunes du système qu'ils sont en train de concevoir.

Bien entendu, cette manière de fonctionner tient également lieu de plateforme de négociation avec des personnels qui, nous l'avons vu, sont prompts à défendre leurs conditions de travail et peu enclins à se faire imposer de nouveaux outils sans donner leur

³¹⁸ Ibid.

³¹⁹ *Modification du traitement radar (R76-012)*, 1976 (Les amis du Cena, Rapports).

avis. En cela, la participation de l'utilisateur n'est pas qu'un moyen d'adaptation cognitif, mais également un moyen de convaincre ce dernier du bien-fondé des innovations qu'on lui propose :

« Nécessité d'expérimenter in vivo.

Il résulte aussi, que la progression sera difficile, d'autant plus difficile que l'éloignement du milieu opérationnel sera grand, et cela surtout pour les premières phases où l'automatisation apporte peu et réclame beaucoup. En effet, tant que l'automatisation apporte, sans participation active, avec la qualité nécessaire, des informations utilisables qui n'étaient pas disponibles jusqu'ici, on peut dire qu'elle constitue un progrès et qu'elle sera utilisée. Mais dès l'instant où il est nécessaire de faire participer le contrôleur de manière active, par exemple en demandant une tâche supplémentaire (entrée de certaines données du secteur) sans contrepartie immédiate, il faut s'attendre à des difficultés.

Il paraît irréaliste, compte-tenu de ce qu'on s'est déjà sur la manière dont le contrôleur travaille, d'aborder ces problèmes sans phase expérimentale « in vivo³²⁰ ».

Néanmoins, après la période initiale de la découverte, marquée par l'enthousiasme provoqué par le confort apporté par l'écran renseigné, certains déchantent à cause des problèmes de lisibilité :

« Elle [la visualisation synthétique, NDA] ne semble pas exciter un vif intérêt parmi les contrôleurs et au sein de l'encadrement, malgré une opération de charme incessante de notre part³²¹. »

« En ce qui concerne l'utilisation en salle, la présence d'anciens tubes sur les positions FIR³²² donne une image assez floue et fatigant à

³²⁰ *Relations entre le Cena et les centres d'exploitation dans le cadre de l'automatisation du contrôle (R73-005), 1973 (Les amis du Cena, Rapports).*

³²¹ *Point au 30 juin 1972 sur le fonctionnement du système (N72-020), 1972 (Les amis du Cena, Notes).*

regarder ; de ce faite, seuls les secteurs UIR³²³ utilisent véritablement la visualisation synthétique³²⁴. »

Le problème principal est la rémanence de l'image créée par le mauvais calibrage des tubes³²⁵. Le problème est partiellement résolu en 1974 et 1976 par une série d'améliorations des périphériques de visualisation. En effet, dès la mi-décembre 1974, de nombreux essais ont été menés sur les nouveaux matériels de visualisation radar et les visualisatrices tabulaires. Ils se poursuivent au début de l'année 1975 pour mettre au point la partie visualisation des pistes, la visualisation tabulaire et le polling concentrateur³²⁶. Durant le printemps 1975, Dominique Alvarez fait appel aux techniciens de TVT pour régler les derniers problèmes sur les postes de contrôle³²⁷. La visualisation est alors considérée comme satisfaisante en ce qui concerne la lisibilité.

2. Visualisation synchrone et asynchrone

En 1975, les remarques faites par les contrôleurs mettent le doigt sur les difficultés de visibilité des échos radar en cas de rémanence, sur l'impossibilité d'utiliser les comètes³²⁸ élaborées par le radar d'Orly car le cap et la vitesse sont illisibles, sur la gêne provoquée par un dédoublement des étiquettes dans certains cas et sur le phénomène trompeur d'accélération ou de ralentissement lors du passage du radar d'Evreux à celui d'Orly³²⁹.

Ces remarques conduisent notamment à remettre radicalement en cause le fonctionnement synchrone de la visualisation synthétique de la version III du Cautra.

³²² Une région d'information de vol (ou FIR, de l'anglais Flight Information Region) est un espace aérien de dimensions définies à l'intérieur duquel le service d'information de vol et le service d'alerte sont assurés. En espace aérien inférieur, c'est-à-dire au-dessous du FL 195, il y a 5 FIR en France.

³²³ Une région supérieure d'information de vol (ou UIR, de l'anglais *Upper Information Region*) est une Région d'information de vol en espace aérien supérieur.

³²⁴ Ibid.

³²⁵ La rémanence est une illusion optique qui continue à apparaître après que l'exposition de l'original ait cessé. Cela désigne également la sensation visuelle de persistance après la disparition du stimulus.

³²⁶ *Mise en œuvre de la visualisation TVT 570 au 1er mai 1975 (N75-044)*, 1975 (Les amis du Cena, Notes)

³²⁷ Ibid.

³²⁸ Continuation de la position de l'écho représentée sur l'écran par une trainée lumineuse qui lui donne son nom de « comète ».

³²⁹ *Modification du traitement radar (R76-012)*, 1976 (Les amis du Cena, Rapports).

Alvarez l'avait conçue avec comme objectif principal de minimiser le temps d'affichage des informations reçues et dans la perspective de maintenir un assez haut degré de simplicité dans la partie graphique du logiciel³³⁰. À l'usage elle montre des défauts que le contrôleur considère comme rédhibitoires : le renouvellement des positions se fait en effet de manière anarchique au rythme de la réception des informations du radar qui a créé la piste maîtresse. Deux avions dont les échos proviennent de radars différents progressent chacun à la vitesse de réception des informations respectives de chacun des deux radars et non en vertu de leurs vitesses réelles respectives. Cela engendre chez le contrôleur un sentiment d'insécurité récurrent puisqu'à la différence de l'image analogique « balayée », il ne sait jamais quand les représentations des avions vont changer³³¹.

De plus, avec cette méthode de visualisation, il est impossible de présenter une rémanence artificielle utilisable quand les périodes de rotation des radars sont différentes. Le contrôleur ne peut donc pas juger à vue de la vitesse des appareils qu'il contrôle³³².

En conséquence, Alvarez revoit sa copie et de nouvelles méthodes de visualisation reposant sur la mise en place d'un dispositif asynchrone sont proposées et adoptées. Elles respectent les héritages de la surveillance de l'espace aérien au moyen d'images radar analogiques et ne troublent plus les procédures des contrôleurs :

« D'autre part, les contrôleurs sont habitués avec les radars de surveillance à un renouvellement d'images toutes les 10 secondes. Il a paru donc souhaitable de fixer le rythme du processus de visualisation à 10 secondes³³³. »

La participation directe des utilisateurs est une caractéristique forte de la longue phase de conception du système Cautra. La proximité de l'utilisateur final favorise cette méthodologie de travail qui tend à créer un utilisateur accompagné durant la découverte, l'utilisation et le perfectionnement du dispositif informatique. Si les relations entre

³³⁰ Ibid.

³³¹ Ibid.

³³² Ibid.

³³³ Ibid.

ingénieurs-concepteurs et utilisateurs-aiguilleurs relèvent de la communication explicite lorsque les derniers critiquent les réalisations des premiers, elle n'en rend pas pour autant inutile le rôle de l'équipe d'André Bisseret qui se concentre sur la traduction des nombreux implicites de l'activité de contrôle assisté par ordinateur, les rend compréhensibles par le concepteur et co-construit une véritable « ergonomie du visuel » à partir de l'apparition de la visualisation synthétique.

C. Une ergonomie du visuel

L'équipe d'André Bisseret qui est impliquée dans la mise en place du système Cautra depuis 1961 a un périmètre d'action très large et une autonomie d'intervention totale. Les études se divisent à la fin des années 1960 entre interventions a priori, c'est-à-dire avant la mise en place d'un nouvel outil³³⁴, et des interventions d'accompagnement, dites parfois « a posteriori », qui consistent essentiellement dans le suivi et l'éventuelle modification d'une solution proposée. Dans ce cadre, l'irruption de la visualisation est l'occasion d'ouvrir de nouveaux chantiers.

1. Un nouveau codage de l'information

Aux yeux des ergonomes, le radar apporte des modifications radicales à la situation de supervision qu'ils ont appris à connaître dans le cadre de l'étude du contrôle aux procédures³³⁵. D'abord, les informations qui sont captées et qui rendent compte de la position des avions sont beaucoup plus exactes avec les radars secondaires. Ensuite, et de façon indépendante de cette première caractéristique, ces informations sont codées sous une forme imagée dont il s'agit d'apprécier la pertinence. Enfin, le codage imagé utilisé par le radar a comme corollaire que les informations sont représentées en continu, c'est-à-dire que le plot affiché suit le phénomène réel : ce qui est représenté au contrôleur n'est

³³⁴ « Il s'agit moins d'étudier a posteriori l'effet de l'informatisation que de permettre des applications informatiques et automatiques adaptées dès leur conception, à la logique des comportements des opérateurs humains . » (*Rapport du groupe de psychologie ergonomique de l'Iria*, 1978 (Inria Rocquencourt, Armoire 9)), les études sur la mémoire ou la résolution de conflits font partie de celles-ci.

³³⁵ BISSERET André & LEPLAT Jacques, *Analyse des processus de traitement de l'information chez le contrôleur de la navigation aérienne (Rapport de recherche du CERP)*, 1964 (Archives de la Self, Boite 286J90).

pas, comme pour les informations alphanumériques, des données sur certains états du vol (le passage aux balises à un « instant t »), mais l'ensemble des états ou si l'on veut, leur transformation continue dans le temps.

Ces modifications donnent lieu à la deuxième période d'exploration des processus mentaux des contrôleurs par André Bisseret, Yves Girard et Jean-Claude Spérandio après celle du travail aux procédures.

La pratique du doute

Avec la visualisation synthétique, la valeur de séparation dans le plan horizontal n'est plus retenue au moyen d'un calcul par le contrôleur, mais doit l'être par un processus de perception visuelle : il s'agit soit de percevoir et d'estimer une distance entre deux plots soit le plus souvent de prévoir une distance future à partir de la perception des positions actuelles des différents appareils, des directions des plots et des déplacements relatifs des autres avions du secteur. Bisseret a commencé à travailler sur cette question de l'anticipation dès 1971 quand les premières représentations radar synthétiques sont apparues³³⁶. Les conclusions qu'il en avait tiré à l'époque n'étant pas pleinement satisfaisantes, les travaux sur les estimations d'espacement entre les mobiles sont reprises à la fin de l'année 1972 et au début de 1973.

Pour saisir les structures mentales convoquées par le nouveau support de présentation, André Bisseret et Yves Girard qui a rejoint l'équipe au début des années 1970 utilisent la méthode de l'explicitation à haute voix. Dix contrôleurs de qualification maximale participent à cette étude. Avec quatre d'entre eux, tous les cas problématiques sélectionnés sont analysés de manière exhaustive grâce à une série d'interviews dont la durée totale a été pour chacune d'une quinzaine d'heures³³⁷. Une partie seulement des cas a été analysée avec chacun des six autres contrôleurs dans le seul but de vérifier les résultats obtenus avec les premiers. Comme à son habitude, André Bisseret a traduit les

³³⁶ *La division circulation aérienne (R71-007)*, 1971 (Les amis du Cena, Rapports).

³³⁷ BISSERET André & GIRARD Yves, *Le traitement des informations par le contrôleur du trafic aérien. Une description globale des raisonnements (Rapport Iria R37)*, 1973 (Inria Rocquencourt, Armoire 25).

résultats sous la forme d'organigrammes pour reproduire les cheminements des différents raisonnements.

Les résultats de cette expérimentation montrent qu'une partie importante du processus d'analyse menée par les contrôleurs repose sur des opérations logiques et mathématiques. Les contrôleurs comparent les attitudes, les vitesses et les opérations mentales sont très proches de celles utilisées dans le cadre du contrôle aux procédures.

Une partie des opérations mentales effectuées relève néanmoins d'un autre type : il s'agit des évaluations de la séparation future des avions. Ces opérations en partie perceptive seulement sont très peu explicites pour les contrôleurs : la plupart d'entre eux disent ne pas être capables d'expliquer comment ils anticipent la séparation future entre deux appareils à partir de l'image radar :

« Tout ce que je peux dire c'est qu'il y a des cas où je suis sûr que ça passe, des cas où je suis sûr que ça passe pas, et des cas où je ne sais pas, alors là, j'attends pour voir l'évolution... Quoi que si je suis très chargé je fais tout de suite comme si ça passait pas³³⁸... »

En fait, ce que montre André Bisseret c'est que ce qui pourrait passer pour n'être qu'un doute chez le contrôleur est en fait une réponse opérationnelle qui entraîne une suite particulière du processus de décision : faire comme si cela ne passait pas. Le contrôleur optimise son choix définitif en fonction de deux règles contradictoires : la première est celle de « l'intervention a minima sur le déroulement des vols » qui le pousse, lorsqu'il doute, à attendre et à surveiller l'évolution du couple d'appareils posant problème en espérant pouvoir réaliser plus tard un diagnostic certain. L'autre règle, exigée par l'impératif de sécurité du contrôle aérien, est de décider du traitement du couple d'appareils qui provoquent le doute comme s'ils étaient en conflit avec le risque qu'ils ne le soient pas en réalité.

³³⁸ Ibid.

Dans ce cadre, l'image radar renseignée joue un rôle ambigu d'amélioration du respect des règles de sécurité tout en alourdissant la gestion des conflits potentiels en poussant l'aiguilleur à en régler certains qui n'en sont pas.

La question, qui n'est pas tranchée en 1973 au terme de l'étude de Girard et Bisseret, est de savoir si la représentation visuelle engage un plus grand nombre de procédures de règlements de conflits que le contrôle aux procédures et donc, un alourdissement de la charge de travail du contrôleur. Cette problématique est pourtant de première importance puisque la mise en place de la visualisation synthétique répond avant tout à des contraintes d'amélioration de l'écoulement des flux.

Elle a néanmoins l'avantage de montrer combien l'image, aussi précise soit-elle, n'est jamais explicite par elle-même sans considération pour les raisonnements qu'elle suscite.

Routes et balises

L'année suivante, alors que la pratique de l'image radar synthétique semble bien ancrée dans la pratique des contrôleurs, Alain Michard³³⁹ mène une étude d'ampleur sur le codage des informations proposées. Après plusieurs mois d'observation, en accord avec Dominique Alvarez qui ne souhaite pas figer une fois pour toutes les outils offerts aux contrôleurs³⁴⁰, il rédige un rapport très documenté sur les manques et les modifications souhaitables dans la perspective d'une meilleure adéquation entre représentations mentales de l'aiguilleur et support d'informations.

Pour ce faire, il s'appuie sur l'« étude des informations permanentes. Infrastructure géographique des secteurs et cartes mentales du contrôleur³⁴¹ » de Claude Enard qui a

³³⁹ Alain Michard intègre l'équipe d'Orly en 1973 après ses études de psychologie à l'université Paris V (*Bulletin de la Self* n°19 Décembre 1978, 1978 (Archives de la Self, Boîte 286J41)).

³⁴⁰ « La première partie de la présente note présente quelque remarque sur les problèmes de codage des informations composant l'image radar synthétique. Ces remarques s'inspirent des études du travail du contrôleur faites jusqu'à ce jour, et de discussions sur les possibilités techniques en ce domaine avec Monsieur le chef du Cena. » (MICHARD Alain, *Proposition sur le codage des informations composant une image radar synthétique et évaluation globale (notes manuscrites R74-021)*, 1974 (Les amis du Cena, Rapports)).

³⁴¹ ENARD Claude, *Etude des informations permanentes. Infrastructure géographique des secteurs et cartes mentales du contrôleur (R18)*, 1973 (Inria Rocquencourt, Armoire 25).

montré en 1973 que le contrôleur utilise dans ses raisonnements la carte géographique de son secteur comme une référence indispensable à la prédiction du déroulement des trajectoires. En effet, dans l'esprit du contrôleur, le trafic à un instant donné est caractérisé par les positions des aéronefs, mais est contrôlé par rapport à la carte du secteur. Cette carte n'est pas reproduite sur l'écran radar, mais étudiée par le contrôleur et « superposée » mentalement pendant son activité de surveillance et de résolution de conflit.

Il paraît donc souhaitable aux yeux d'Alain Michard de matérialiser un fond représentant les éléments géographiques principaux du secteur. Comme souvent dans le cadre d'un enrichissement de l'information proposée, Alain Michard postule que cet élément sera beaucoup plus utile aux débutants qu'aux contrôleurs confirmés qui n'en font absolument pas mention dans leurs recommandations pour améliorer les outils du contrôle. Il mentionne aussi qu'il peut être utile de matérialiser les balises dans la mesure où certaines balises sont situées parfois à une intersection de deux routes (lieu propice de conflit entre appareils)³⁴². Michard recommande également de signifier clairement les zones à survol réglementé (selon des conditions d'altitude la plupart du temps) :

« Enfin, il paraît souhaitable que le contour des zones à survol réglementé ne s'affiche que lorsque celles-ci sont actives. Ces informations pourraient par exemple être entrées en machine tenue à jour par le chef de quart, un contrôleur étend ainsi immédiatement informé par son scope radar de l'activité des zones qui le concernent³⁴³. »

Mais l'ensemble de ces améliorations ne sera possible qu'à l'orée des années 1980, les capacités de traitement de l'image des versions III et IV du Cautra ne permettant pas de les implémenter :

« A l'époque, non, parce que les visualisations ne le permettaient pas. Ca a été fait quand on est passé à des générations plus sophistiquées

³⁴² MICHARD Alain, *Proposition sur le codage des informations composant une image radar synthétique et évaluation globale (notes manuscrites R74-021)*, 1974 (Les amis du Cena, Rapports).

³⁴³ Ibid.

au début des années 1980. Ce sont des vœux pieux qui ne se sont généralisés que plus tard. Comme les études sur la détection de conflits que j'avais fait sur le Cautra I. J'ai fait des programmes et des manip, puis je me suis rendu compte que c'était illusoire de poursuivre dans cette voie³⁴⁴. »

Comme dans l'étude de Bisseret de l'année précédente, la concordance du sens et de la représentation est privilégiée. Elle montre à nouveau que les considérations de « bon sens » qui président souvent à la mise en place des interfaces ne sont qu'un leurre : la volonté de ne pas « alourdir » les représentations synthétiques avait fait éliminer d'emblée la possibilité de faire figurer ce type d'informations³⁴⁵.

2. Le calibrage de l'image radar

L'absence de représentation des routes sur le scope radar est une des critiques les plus souvent faites à l'égard de la visualisation synthétique par les contrôleurs durant la première moitié des années 1970. Dans la perspective d'une meilleure anticipation des conflits, les aiguilleurs soulignent que le « calibrage » de l'image par une échelle est une aide supplémentaire :

« On sait qu'une bonne appréciation des séparations est une des difficultés du travail de détection – résolution des conflits. Il est donc important de chercher à aider le plus efficacement possible le contrôleur sur ce point, en lui présentant une image radar « calibrée », c'est-à-dire avec l'échelle matérialisée³⁴⁶. »

Le type de codage recommandé par Michard après soumission des différentes solutions possibles pour représenter les distances aux contrôleurs d'Athis-Mons est la

³⁴⁴ THIERRY Benjamin, *Entretien avec Dominique Alvarez* (14 juin 2013).

³⁴⁵ *Le traitement radar (R73-012)*, 1973 (Les amis du Cena, Rapports).

³⁴⁶ MICHARD Alain, *Proposition sur le codage des informations composant une image radar synthétique et évaluation globale (notes manuscrites R74-021)*, 1974 (Les amis du Cena, Rapports).

graduation tous les cinq milles nautiques³⁴⁷ ce qui favorise la précision de l'estimation, mais peut pénaliser la vitesse de lecture dans certains cas³⁴⁸.

Dans le cas où la décision du Cena serait de ne pas graduer toutes les routes³⁴⁹, il ne faudra en graduer aucune et proposer un ou deux axes gradués tous les 10 NM sur l'image. Dans ce cas, le taux d'erreur d'appréciation des distances passe de 7,62 % à 11,12% en comparaison avec la graduation de toutes les routes tous les cinq milles nautiques³⁵⁰ qui reste la représentation la plus performante.

Matérialisation de la position passée ou future des appareils

La représentation d'un avion en 1974 comprend sa position géographique, son niveau de vol et son cap³⁵¹. Les ergonomes ont déterminé à la fin des années 1960 durant les premières études sur les informations nécessaires à la détection de conflits que le niveau de vol était une information indispensable à tout instant. Le niveau de vol doit donc apparaître en permanence dans une étiquette³⁵².

La position géographique de l'appareil est quant à elle représentée par un plot. La manière de représenter les « états futurs » de l'avion sont quant à eux étudiés successivement :

« Deux possibilités sont offertes pour aider à l'extrapolation de la « route après immédiate » : la rémanence synthétique³⁵³ par affichage des plots âgés de 20, 30, ... ou le vecteur vitesse³⁵⁴. »

Il n'est pas possible de faire voisiner les deux représentations pour Alain Michard :

³⁴⁷ 1852 mètres.

³⁴⁸ Ibid.

³⁴⁹ Ce qui sera le cas jusqu'à l'arrivée des représentations créées sur micro-ordinateur.

³⁵⁰ Ibid.

³⁵¹ Ibid.

³⁵² Ibid. et ENARD Claude, *Lecture de positions d'avions sur le scope radar et forme des markers (Rapport CO 7105-028)*, 1971 (Inria Rocquencourt, Armoire 25).

³⁵³ La rémanence est la trace de la trajectoire antérieure de l'avion, représentée sur le scope radar par la traînée laissée par l'appareil durant les 60 à 70 dernières secondes.

³⁵⁴ MICHARD Alain, *Proposition sur le codage des informations composant une image radar synthétique et évaluation globale (notes manuscrites R74-021)*, 1974 (Les amis du Cena, Rapports).

« Nous pensons que pour ne pas surcharger inutilement l'image, et donc pour ne pas nuire à sa visibilité, ces deux codages doivent être exclusifs de l'autre³⁵⁵. »

Dans le cas d'utilisation de la rémanence³⁵⁶, l'ergonome recommande que la « route après immédiate » soit déduite par le contrôleur par extrapolation. La rémanence est considérée comme un moyen grossier d'estimer la vitesse d'un appareil et donc son évolution dans les instants suivants (position et direction). Cette représentation fonctionne sur la base du maintien de plusieurs positions antérieures de l'appareil sur l'écran pour évaluer sa vitesse de déplacement et son cap.

Lorsque l'on utilise le vecteur vitesse³⁵⁷, l'extrapolation de la « route après » en fonction des positions passées de l'aéronef est faite par la machine. La longueur minimale pour ce vecteur vitesse est évaluée à deux minutes de vol. Cela représente une longueur de 15 miles nautiques pour un avion volant à 450 nœuds. Cette seconde solution permettrait de réduire les réponses de type « doute, attente en surveillant l'évolution de l'appareil » que donnent souvent les contrôleurs dans le cas de conflit de croisement de deux trajectoires convergentes à venir.

Michard souligne néanmoins que le vecteur vitesse n'est pas un bon moyen d'anticipation dans le cas spécifique des aéronefs en virage, et qu'il serait souhaitable pour augmenter la précision des évaluations que la représentation du vecteur vitesse soit corrélée aux données du plan de vol :

« Si l'on accepte le principe qu'il est néfaste de présenter une information erronée, on admettra que le vecteur vitesse ne peut être une bonne solution pour la matérialisation de la trajectoire que dans la mesure

³⁵⁵ Ibid.

³⁵⁶ Figure 9. Codage des informations radar par rémanence.

³⁵⁷ Figure 10. Proposition de représentation du vecteur vitesse par Alain Michard.

où les algorithmes de calculs utilisés sont suffisamment puissants pour pallier à ces défauts³⁵⁸. »

L'adoption du vecteur vitesse aura également des incidences sur la lisibilité de l'ensemble du scope radar : selon le choix qui sera fait entre la rémanence ou le vecteur vitesse, il sera nécessaire de choisir des fonds d'écran adéquats pour éviter les confusions entre les différents tracés et en particulier avec les routes aériennes. Dans le cas de l'utilisation du vecteur vitesse, il sera indispensable d'utiliser des pointillés pour ne pas confondre le segment du vecteur avec les segments des routes.

Ces recommandations resteront néanmoins lettre morte jusqu'au début des années 1980³⁵⁹ quand les capacités d'affichage permettront enfin le calcul et la représentation des vecteurs vitesse³⁶⁰. Les remarques d'Enard et de Michard seront néanmoins reprises et travaillées, ce qui montre non seulement la validité des analyses, mais leur pérennité.

Les étiquettes et le risque de surcharge informationnelle

L'identification est aussi un chantier important pour l'amélioration de l'interface contrôleur-calculateur dans la période 1972-1974 après la mise en place des premières étiquettes en 1969. L'objectif principal est de proposer la bonne information au bon moment sans multiplier les tâches induites pour le contrôleur.

Dans ce cadre, le rôle des ergonomes a notamment consisté à faire émerger grâce aux contrôleurs du centre de contrôle régional nord les critères pour discriminer l'information nécessaire de l'inutile sur la base des conclusions apportées par André Bisseret concernant la mémoire opérationnelle. Il s'agit notamment de refuser la multiplication des procédures qui viendraient alourdir la tâche, non du contrôle, mais de l'interaction homme-ordinateur. Ainsi, comme le souligne déjà Sophie Poirot-Delpech dans son ouvrage sur le Cautra, avec un certain systématisme que nous souhaitons

³⁵⁸ Ibid.

³⁵⁹ Le vecteur vitesse apparaît en 1981 (GAILLARD Irène, *L'Analyse du travail et conception d'interface home-machine*. Mémoire de DEA CNAM sous la direction de Maurice de Montmollin (R88-014), 1988 (Les amis du Cena, Rapports)).

³⁶⁰ Qui donnera la position de l'appareil « à trois minutes ».

nuancer, une des marques de l'action des ergonomes est l'absence de superflu dans l'interface et les dialogues, donc une présence « en creux » :

« Mais, s'il faut faire un bilan, la marque des psychos est surtout présente par défaut : dans la trace invisible de toutes les idées, dispositifs ou fonctions qui ont été rejetés pour avoir été considérées inacceptables, techniquement, psychologiquement ou socialement, par les contrôleurs³⁶¹ :

« Ce que je dirais dans le rôle des psychos, et qui n'a peut-être pas été suffisamment perçu, c'est que ce qui a été mis en place est le résultat de ce qu'ils ont empêché de faire. Sûrement que les gens qui voulaient faire l'automatisation auraient mis beaucoup de choses en place mais, par leurs travaux, ils disaient qu'il ne faut pas faire ça. Et quand on empêche de faire quelque chose, ça ne laisse pas de traces, on ne voit que le résultat³⁶². »

Ainsi, en 1969³⁶³ par exemple, une solution de confirmation d'identification de l'étiquette par le contrôleur au moyen du clavier est très vite abandonnée. Après un test réalisé en position de contrôle, André Bisseret constate en effet qu'un grand nombre des étiquettes non confirmées par le contrôleur continuent à flasher sans que ce dernier n'éprouve le besoin de mener à son terme la procédure d'identification. L'analyse des entretiens et des observations montre que l'aiguilleur considère ce travail comme superflu, « externe » par rapport à son travail de contrôle, et parfaitement inutile du fait de l'écrasante majorité d'identifications exactes, les appareils en situation de conflit étant minoritaires.

L'indicatif est un autre exemple de refus de la surcharge informationnelle créée par la multiplication des fonctions. L'indicatif a dans le travail du contrôleur un statut particulier puisqu'il sert à l'identification de l'appareil, mais n'est pas utilisé dans le

³⁶¹ POIROT-DELPECH Sophie, *Mémoire et histoires de l'automatisation du contrôle aérien : sociobiographie du CAUTRA*, L'Harmattan, Paris, 2009, 253 p.

³⁶² Un contrôleur du Centre de Contrôle Régional Nord cité in Ibid.

³⁶³ « Rappelons le cas des étiquettes sur l'écran radar pour lesquelles il était demandé au début, au contrôleur de confirmer l'identification. Cette pratique n'a pas été adoptée. » (BISSERET André, *Vers des coordinations via calculateurs ? (R75-003)*, 1975 (Les amis du Cena, Rapports)).

travail de détection et de résolution des conflits³⁶⁴. Alain Michard recommande donc qu'il ne soit pas affiché en permanence sur l'image radar destinée essentiellement à la résolution de conflits entre appareils³⁶⁵. Le contrôleur doit pouvoir faire apparaître à volonté les informations d'identification et les faire disparaître « pour éviter à ce dernier un travail de désignation sélective, une bonne solution serait que par appui sur une touche, tous les indicatifs apparaissent dans les étiquettes³⁶⁶. »

« Il nous semble peu utile de vouloir introduire un codage plus complexe donnant plus précisément l'espace de destination [de l'appareil], l'expérience acquise en ce domaine avec le codage à six formes utilisées à l'heure actuelle au centre de contrôle régional Nord, montre que les contrôleurs :

- Distingue difficilement sur l'écran des formes trop voisines (triangle, losanges et carré),*
- N'apprennent pas (ou partiellement) un code complexe sans doute parce qu'il est redondant avec d'autres informations (strips³⁶⁷) »*

Tout au plus est-il recommandé d'utiliser un codage dichotomique entre les appareils stables ou évolutifs³⁶⁸ et de

« n'afficher en permanence que le niveau [ce qui] minimise la charge graphique de l'écran. D'autre part, pour réduire encore les risques de chevauchement une confusion d'étiquettes, on a intérêt à utiliser des leaders³⁶⁹ courts : 3 mm paraissent suffisants, au lieu de 10 actuellement. Enfin, pour permettre la lecture d'étiquettes superposées, le flashing lent

³⁶⁴ BISSERET André & GIRARD Yves, *Le traitement des informations par le contrôleur du trafic aérien. Une description globale des raisonnements (Rapport Iria R37)*, 1973 (Inria Rocquencourt, Armoire 25).

³⁶⁵ MICHARD Alain, *Proposition sur le codage des informations composant une image radar synthétique et évaluation globale (notes manuscrites R74-021)*, 1974 (Les amis du Cena, Rapports).

³⁶⁶ Ibid.

³⁶⁷ Ibid.

³⁶⁸ Une sorte de U pour les stables et une croix pour les évolutifs.

³⁶⁹ Les leaders sont les lignes qui relient l'étiquette au plot radar.

alternatif avec une période de l'ordre de la seconde est une solution qui mériterait d'être évaluée³⁷⁰. »

L'apport de l'ergonomie peut donc être considérée comme double à l'issue des travaux de la première moitié des années 1970 sur la visualisation synthétique. Comme l'ont souligné certains contrôleurs, avis repris dans le travail de Sophie Poirot-Delpech, le premier apport est la mise en conformité des représentations graphiques proposées avec les processus de travail du contrôleur en supprimant ce qui relève de l'accessoire. Mais le travail de l'équipe d'André Bisseret ne se limite pas à cet « allègement » de la charge informationnelle. En effet, la forme globale des représentations proposées (type d'information, formes des plots, préconisation d'affichage d'informations pérennes comme l'échelle ou les routes aériennes) ont constitué indéniablement un apport fondamental et constituent une véritable « grammaire graphique » qui s'appuie sur une ergonomie du visuel en train de naître.

3. Micup et la formation

À l'image des pratiques de contrôle, la formation des aiguilleurs est profondément renouvelée à partir du début des années 1970. La déstabilisation profonde qu'engendre la numérisation des outils et des usages ne peut laisser intacte la manière, encore largement empirique, dont on enseigne le contrôle à l'École Nationale de l'Aviation Civile.

C'est donc à partir des données concernant l'activité du contrôleur confronté au radar et à la visualisation synthétique qu'André Bisseret, Claude Enard et Jean-Claude Spérandio commencent à proposer à partir de 1971 une adaptation de la formation et créent en ce sens la Méthode d'Interaction Constante des Unités Programmées (Micup).

Cette nécessité de rénover l'enseignement montre encore une fois l'ampleur de la déstabilisation provoquée par l'irruption de l'informatique et plus encore, par le passage d'un contrôle aveugle réalisé « aux procédures » à un contrôle par visualisation.

³⁷⁰ Ibid.

De la formation analogique « sur le tas » à MICUP

LA FORMATION INITIALE À L'ENAC

L'École nationale de l'aviation civile est créée à l'été 1949 pour former les cadres de la navigation aérienne et en particulier les contrôleurs³⁷¹. La formation initiale dispensée par l'école pour les contrôleurs est d'un an durant les années 1950 avant que ces derniers ne soient affectés dans un centre de contrôle où ils doivent apprendre le métier sur le tas, auprès d'un contrôleur expérimenté sur une position opérationnelle. À l'heure du contrôle aux procédures, cet apprentissage par la pratique fait ses preuves et renforce l'esprit de corps. Grâce à lui, l'élève contrôleur acquiert rapidement une somme de connaissances et de réflexes tournés non pas vers une compréhension théorique du contrôle, mais vers sa pratique concrète.

Pourtant, les inconvénients de cette méthode de formation sont nombreux et commencent à concentrer les critiques dès la fin des années 1960³⁷². La première d'entre elles est que l'élève est d'emblée confronté une fois sorti de l'école à des situations de contrôle complexes qui suscitent parfois le découragement et de longues périodes d'incompréhension. La deuxième critique est qu'il n'est pas rare qu'un excellent contrôleur ne soit pas en même temps un bon pédagogue. Enfin, se pose la question du coût de la formation : chaque élève devant être placé auprès d'un contrôleur, il y a autant de formateurs que d'élèves, ce qui n'est pas considéré comme problématique lorsque l'École nationale de l'aviation civile forme une vingtaine de contrôleurs par an, mais le devient au tournant des années 1960 lorsque les promotions atteignent une cinquantaine de personnes.

³⁷¹ Située sur l'aéroport d'Orly, l'École nationale de l'aviation civile s'installe à Toulouse en 1968 (*60 ans de contrôle aérien "en-route"*, DGAC, Paris, 2007, 36 p.).

³⁷² BISSERET André & ENARD Claude, Le problème de la structuration de l'apprentissage d'un travail complexe, in *Bulletin de psychologie*, vol. XXIII, n°11-12, 1970, p. 632-648.

LA SIMULATION ET LA PROGRESSIVITE

Pour André Bisseret, il est nécessaire d'introduire une phase intermédiaire entre les cours très théoriques de l'école nationale de l'aviation civile et « le saut dans le grand bain » que représente l'arrivée sur une position contrôle.

Cette partie médiane de la formation devrait être l'occasion de proposer à l'élève contrôleur à la fois une série d'exercices à difficulté progressive pour l'aider à assimiler les rudiments, puis les opérations complexes de son futur métier, mais également de le mettre au contact de la grande diversité des situations qu'il aura à gérer plutôt que d'attendre qu'elles surviennent pendant la phase de compagnonnage. Ce dernier point est particulièrement important lorsque l'on connaît la diversité des situations qui peuvent survenir dans les différents centres de contrôles régionaux français : être affecté à Orly ne signifie pas la même chose qu'être affecté à Brest en matière de densité du trafic par exemple.

Aussi la méthode préconisée par les ergonomes est dite « analytique » ou encore « fractionnée », c'est-à-dire fortement inspirée des connaissances accumulées depuis 1961 sur les processus mentaux des contrôleurs pendant leur activité, mais également des courants récents de la psychologie de l'apprentissage.

Il s'agit pour André Bisseret de construire une typologie des situations que peut rencontrer le contrôleur en position opérationnelle, d'en prévoir les solutions adéquates et de les formaliser pour qu'elles puissent être proposées aux élèves contrôleurs. Ces éléments de formation sont des « unités élémentaires » qu'il faut d'abord maîtriser et comprendre indépendamment les unes des autres avant de les relier entre elles durant la dernière phase de formation, celle qui se déroule sous l'égide d'un contrôleur expérimenté.

En 1971, la première réalisation concrète de la formation Micup est la rédaction de livret d'exercices individuels que les élèves contrôleurs doivent travailler individuellement :

« Le stage est automatisé dans le sens où les élèves reçoivent au début un guide leur permettant de suivre toute leur formation individuellement, à leur rythme³⁷³. »

Une première série est dite « statique », c'est-à-dire qu'elle propose des exercices de contrôles qui ne sont pas soumis à des contraintes de temps³⁷⁴. L'élève y apprend les rudiments du contrôle et peut à loisir revenir sur les étapes mal comprises de tel ou tel exercice. L'ensemble des situations proposées est tiré des observations réalisées depuis une dizaine d'années par André Bisseret son équipe au centre de contrôle régional Nord. Une seconde série de livret est dite « dynamique ». Elle propose elle aussi des séries d'exercices, mais qu'il s'agit de réaliser pour les contrôleurs en un temps déterminé à l'aide d'un magnétophone, qui lui donne des informations nécessaires à sa progression selon un rythme analogue à celui du processus étudié par les ergonomes en situation de contrôle réel.

Mais cette manière de fonctionner donnait lieu à un apprentissage très « rigide » de connaissances parfois inutiles dans le cadre d'un contrôle en situation « réelle³⁷⁵ », des connaissances inadéquates au travail. Ainsi, André Bisseret rappelle une situation dans laquelle un élève contrôleur connaissait parfaitement la carte de son secteur, mais ne savait pas que certaines zones « plafonnées » ne permettent pas de descendre sous un certain niveau. L'élève est capable de placer ces zones sans faute, mais fait également descendre les avions sous ces niveaux sans y voir de contradiction... La difficulté est donc de transmettre de manière fractionnée des connaissances sans en détruire pour autant la structure qui les unit.

Pour réussir cela, André Bisseret sait qu'il peut passer soit par une formation « sur le tas » dans laquelle la tâche apprise est confondue avec la tâche effectuée soit par la

³⁷³ BISSERET André, *Représentation et décision experte. Psychologie cognitive de la décision chez les aiguilleurs du ciel*, Octarès Editions, Toulouse, 1995, 182 p.

³⁷⁴ Carte muettes à remplir ou tâches de codage-décodage pour apprendre les codes des appareils.

³⁷⁵ Ibid.

formation « fractionnée³⁷⁶ ». L'enseignement fractionné repose sur l'idée que toute connaissance peut être divisée en « unités élémentaires » que l'on fait comprendre et apprendre avant de les relier entre elles³⁷⁷ et ressemble en cela par sa structure à la méthode de compréhension de l'activité réelle menée par les contrôleurs mise au point par l'équipe d'ergonomie.

L'analyse du travail sur laquelle repose Micup distingue les « catégories de données » et les « logiques de construction ». Les catégories de données sont des données pour lesquelles l'apprenti contrôleur peut assimiler des connaissances sans devoir se préoccuper de leur structure. Le cas évoqué par Enard est typiquement l'ensemble des codes que l'élève contrôleur doit connaître comme les types d'avions ou les codes d'aéroport³⁷⁸.

À l'inverse, les logiques de construction sont l'ensemble des règles qui régissent la structuration et les rapports d'une catégorie de données avec les autres³⁷⁹.

« En ce domaine, nous avons contribué à un changement radical des méthodes utilisées à l'époque. Pour ce faire, nous avons été amené avec Claude Enard à concevoir et mettre au point une méthode d'apprentissage pratique du contrôle. Utilisée d'abord dans un centre de contrôle, elle fut appliquée ensuite directement à l'Ecole Nationale d'Aviation Civile puis adoptée par plusieurs pays étrangers³⁸⁰. »

Devant les indéniables réussites de la formation pour les contrôleurs en-route, la commission « formation des contrôleurs » de l'Ecole nationale de l'aviation civile crée en

³⁷⁶ BISSERET André & ENARD Claude, Le problème de la structuration de l'apprentissage d'un travail complexe, in *Bulletin de psychologie*, vol. XXIII, n°11-12, 1970, p. 632-648.

³⁷⁷ SPERANDIO Jean-Claude, *Compléments d'analyse pour la formation au contrôle d'approche des élèves OCCA de l'Enac (N72-031)*, 1972 (Les amis du Cena, Notes)

³⁷⁸ BISSERET André & ENARD Claude, Le problème de la structuration de l'apprentissage d'un travail complexe, in *Bulletin de psychologie*, vol. XXIII, n°11-12, 1970, p. 632-648.

³⁷⁹ Ibid.

³⁸⁰ BISSERET André, *Représentation et décision experte. Psychologie cognitive de la décision chez les aiguilleurs du ciel*, Octarès Editions, Toulouse, 1995, 182 p.

septembre 1971 un projet de formation pour les contrôleurs d'approche³⁸¹, chargés de la gestion des décollages et des atterrissages d'un aéroport donné.

La formation au radar

Dans son rapport sur la mise en place de la formation pour les contrôleurs en 1972, Jean-Claude Sperandio recommande que la formation « colle » aux évolutions du métier et que soit introduite l'image radar, dynamique et synthétique, dans la formation des contrôleurs³⁸².

Il ne s'agit nullement d'abandonner la formation par le contrôle aux procédures, considérée comme un préalable et une nécessité en cas de défaillance du système informatique, mais d'ajouter à cette étape intermédiaire entre la formation généraliste et l'apprentissage sur les positions de contrôle, les compétences nécessaires à la bonne assimilation de la pratique du radar qui est très nouvelle.

Cette adaptation aux nouveaux outils commence en 1973. Alain Girard propose à des élèves débutants une expérience qui repose sur l'analyse d'une situation de trafic figée avec tableau de fiches et image radar reproduite sur papier³⁸³. Des avions peuvent y être en conflit ou non et le contrôleur doit pouvoir le déterminer. Plusieurs configurations donnant lieu à des anticipations visuelles sont proposées : avions sur la même route engagés dans le même sens ou en sens opposé, appareils convergents sur la même balise, etc...

Les 23 débutants qui participent à l'expérience sont en cours de formation à l'Enac et ne connaissent encore que le contrôle aux procédures. C'est à l'occasion de cette expérience qu'ils découvrent l'usage du radar. Les 23 débutants passent le test trois fois : peu après leur entrée à l'école, alors qu'ils ne maîtrisent que le contrôle aux procédures,

³⁸¹ SPERANDIO Jean-Claude, *Compléments d'analyse pour la formation au contrôle d'approche des élèves OCCA de l'Enac (N72-031)*, 1972 (Les amis du Cena, Notes).

³⁸² Ibid.

³⁸³ GIRARD Yves, *Acquisition des algorithmes de détection de conflits chez les débutants*, 1973 (Inria Rocquencourt, Armoire 25)

une deuxième fois un mois plus tard et enfin, au terme de leur entraînement en poste, après la découverte de l'utilisation du radar in situ.

Le déroulement de l'expérience est toujours le même : le sujet a une minute et trente secondes pour prendre connaissance de la situation et, au bout de ce délai, est introduit ce que les ergonomes appellent le « stimulus », c'est-à-dire un nouvel avion ou un changement dans les appareils qui sont déjà présents sur la situation contrôlée. L'expérimentateur demande alors quel diagnostic envisage l'élève. En tant que groupe témoin, sept contrôleurs confirmés passent également les tests pour constituer un ensemble de données de référence.

L'évolution montre des temps de décision en nette diminution à mesure que les débutants avancent dans leur formation ce qui vient accréditer l'idée qu'elle fonctionne : en moyenne, 23, 20 puis seulement 11 secondes³⁸⁴ sont nécessaires pour élaborer une solution satisfaisante.

Jacques Villiers a résumé l'intérêt de la Micup en ces termes :

« Cette méthode a le mérite particulier, n'ont pas de rendre plus rapide la formation des meilleurs élèves, mais de rendre beaucoup plus uniforme le rythme de progression de tous, sans laisser les moins doués à la traîne³⁸⁵. »

En effet, les conséquences les plus notables de la mise en place de la formation par unités programmées sont de considérablement réduire les écarts de niveaux et de temps d'apprentissage entre les élèves.

Cette formation est également le symptôme, au moment où elle est conçue, du pouvoir d'entraînement, d'aucuns diraient « de déstabilisation », de l'informatique qui, une fois intégrée, ne laisse rien intact dans l'organisation et impose ses modes et modèles de fonctionnement.

³⁸⁴ Ibid.

³⁸⁵ VILLIERS Jacques, *Texte de la conférence intitulée 'La mémoire des opérateurs dans la conduite des systèmes complexes. Le cas de l'ATC'*, 2000 (Archives Inria Rocquencourt, Armoire 25).

Dans les années 1980, le visiteur reçu à Athis-Mons se voyait proposer une séquence vidéo introductive aux techniques du contrôle aérien. Réalisée par les personnels du centre, elle synthétisait leur activité ainsi :

« Dans un centre moderne, le contrôle peut se définir par ses trois composantes : en premier, l'information, c'est-à-dire la réunion des données du problème à résoudre. En second, la visualisation, l'outil de résolution du problème. Enfin, la décision, synthèse et solution proposée par le contrôleur. Ce dernier devant réaliser les deux objectifs habituels du contrôle : sécurité-fluidité³⁸⁶. »

Cette présentation succincte rassemble en quelques mots l'essentiel de l'activité du contrôle et ses deux objectifs primordiaux élevés au rang de dogmes incontournables par l'aviation civile : la sécurité et la fluidité. Elle souligne aussi combien la visualisation, issue directement de l'informatisation, est devenue une composante essentielle du contrôle aérien.

Si l'on ne souhaite pas adopter le découpage habituel et commode en générations successives de matériels et tenter de comprendre l'informatisation du côté des usages, la mise en place de la visualisation représente bien la première étape du recours à l'informatique pour aider l'aiguilleur dans sa tâche.

Réalisée grâce à la numérisation préalable des signaux radar et du plan de vol, elle permet en une quinzaine d'année, l'augmentation rapide du volume des données à disposition du contrôleur, structurée autour d'une nouvelle « grammaire graphique » : étiquettes, leaders, vecteur vitesse, etc.

³⁸⁶ Cité in FLOQUET Charles, *Ceux qu'on appelle aiguilleurs du ciel*, Editions France empire, Paris, 1983, 245 p..

La description des outils du contrôleur au milieu des années 1990 dressée par Stéphane Chatty et Patrick Lecoanet dans leur étude prospective sur les nouveaux postes de travail montre la grande stabilité des dispositifs et des procédures nées à partir des années 1960 et la pertinence des études menées alors :

« L'écran radar, qui est actuellement circulaire et monochrome, donne une vue en projection de l'espace aérien. Il fournit pour chaque avion une représentation graphique composée d'une icône pour sa position présente, d'icônes plus petites pour ses dernières positions passées (ce qui permet de visualiser sa trajectoire récente), d'un segment représentant sa vitesse, et d'une étiquette contenant son altitude, sa vitesse et son indicatif. Ces informations permettent au radariste d'identifier les problèmes, de leur apporter une solution en temps réel, et de surveiller l'application de cette solution. Il dispose par ailleurs de données sur les plans de vol des avions, imprimé sur des bandes de papiers rigides.

Ces « bandes de progression » (ou strips) sont imprimées par le système quelques minutes avant l'entrée de chaque avion dans le secteur. Le contrôleur organique, qui assiste le radariste et sur certaines tâches de planification et de communication avec les autres secteurs, récupère les strips à la sortie de l'imprimante. Il les range de manière conventionnelle, et signale par la voix, le geste, par un regroupement et un décalage approprié, les strips des avions posant problème. Les strips, qui contiennent l'indicatif de l'avion, l'altitude demandée par le pilote et la route prévue, servant suite d'aides au travail pour le radariste, principalement sous forme d'aide-mémoire. Il est déplacé les regroupant fonction de l'évolution de la situation, les a notre fonction des ordres donnés au pilote. Les annotations suivent en général un ensemble de conventions, documentés dans les manuels. Enfin, le départ du strip vers la

poubelle accompagne généralement de départ de l'avion vers un autre secteur³⁸⁷. »

En outre, la mise en place de la visualisation radar de 1969 à 1972 dépasse par son importance l'étroit cadre de la navigation aérienne. En effet, le recours constant aux utilisateurs au moment de la conception du dispositif et plus original encore, à des psychologues qui ont pour tâche de faire du facteur humain la norme de fonctionnement de la machine, représente une rupture sans précédent dans le domaine de l'informatique.

³⁸⁷ CHATTY Stéphane & LECOANET Patrick, *Un poste de travail avec reconnaissance de gestes pour le contrôle aérien*, 1995 (Cena, CENA/PII&ICS/95.616).

CHAPITRE 2. L'INVENTION DE L'INTERACTIVITE ET DE L'UTILISATEUR

« Apportez aux ignorants d'ingénieuses nouveautés, vous passerez pour un inutile et non pour un savant³⁸⁸. »

Le travail de l'équipe d'ergonomie et des ingénieurs du Cena ne s'arrête pas avec la mise en place de la visualisation synthétique en 1969. Le Cautra ayant été défini dès son origine comme un système global d'aide au contrôle aérien, il ne peut se cantonner à présenter des informations statiques sur lesquelles l'aiguilleur du ciel n'aura aucune prise, qu'il pourra consulter, mais ne pas modifier.

Aussi, après les deux phases initiales d'informatisation que sont la numérisation des données radar et la construction d'un système de visualisation, Dominique Alvarez et ses hommes s'attèlent à la mise au point des dispositifs permettant aux aiguilleurs d'utiliser directement le calculateur, c'est-à-dire de ne plus seulement en faire un outil d'affichage, mais bien un outil de production et de modification de l'information. Pour en arriver là, il s'agit de créer les moyens d'une interaction avec la machine, c'est-à-dire un dialogue au travers d'une interface dont l'écran radar n'en constitue qu'une partie.

Fruit de son époque, le Cautra est d'abord doté d'une interactivité *dissociée* et *collective* dans laquelle l'aiguilleur doit en passer par des personnels spécialisés pour interagir avec le calculateur. La « télévision asservie » constitue ce galop d'essai avant que

³⁸⁸ EURIPIDE, *Médée*, Les Belles lettres, Paris, 2012, 181 p.

ne soient testés des claviers expérimentaux destinés à faire communiquer le contrôleur avec le Cautra, bien vite abandonnés du fait des résistances des utilisateurs.

C'est finalement par le truchement de l'écran tactile, reconnu pour sa facilité d'utilisation, que l'interactivité individuelle fait son entrée en tour de contrôle en 1972 grâce au Digitatron. Dispositif pour le moins original, il fait du Cautra le premier système à régime d'interactivité individuelle, à une époque où les machines de grandes tailles et la noria de leurs servants sont encore la règle.

Enfin, à partir du milieu des années 1970, après une période de turbulences pour l'équipe d'André Bisseret de 1969 à 1972 qui souligne les difficultés du milieu informaticien à accepter la présence de psychologues en leur sein à l'Institut National de Recherche en Informatique et Automatique où les ergonomes trouvent refuge après leur départ du Cerp, la mise en place du filet de sauvegarde parachève l'œuvre de co-construction d'un système interactif en fournissant aux aiguilleurs du ciel un système de repérage et d'alertes automatique des appareils en conflit.

Après avoir donné à voir, le Cautra permet au contrôleur d'agir.

I. L'INVENTION DE L'INTERACTIVITE OU LA NAISSANCE DE L'UTILISATEUR

De manière presque parfaitement concomitante à la réalisation de la visualisation synthétique, les ingénieurs du Cena et les ergonomes tentent de mettre en place les outils permettant au contrôleur d'agir directement sur le calculateur, d'établir avec lui un dialogue³⁸⁹. En effet, pour moderniser les procédures de contrôle, le Cautra doit donner à voir, mais également permettre d'agir.

Dans ce but, il s'agit de doter le contrôleur d'un degré d'autonomie suffisant pour pouvoir utiliser le calculateur sans intermédiaire après lui avoir donné les moyens de

³⁸⁹ *Manuel d'utilisation du Digitatron (R73-009)*, 1973 (Les amis du Cena, Rapports).

comprendre les informations que ce dernier affiche. Il s'agit ensuite de créer les outils matériels et logiciels pour créer ou modifier l'information. Cette étape est celle de la création des procédures interactives. A l'instar de la visualisation, elle avance par tâtonnements et déstabilisations progressifs, en passant notamment d'une organisation collective symbolisée par la « télévision asservie », étape intermédiaire et un régime « interactif dissocié », à un régime « individualisé » symbolisé par l'entrée en scène du Digitatron.

A. Une interaction initialement collective

L'augmentation de l'autonomie de l'aiguilleur dans sa tâche de surveillance de l'espace aérien répond au nouvel impératif qui s'impose au début des années 1970 pour le contrôle aérien : le maintien, voire l'accroissement, de la capacité de gestion des flux aériens. À la fin des années 1960 et au début des années 1970, comme le remarque Alain Soucheleau³⁹⁰, la navigation aérienne ne cherche plus à faire du contrôle la garantie du maintien de la sécurité des passagers et des équipages, mais également un outil de réduction des coûts et de gestion des flux :

« Les choses ont maintenant changé et on devrait plutôt dire que le contrôle cherche à optimiser la fonction régularité tout en maintenant la sécurité un niveau acceptable [...] Le contrôle a une double fonction de sécurité (anti collision) et de régularité. Jusqu'à un passé relativement récent (dix ans), il a toujours été possible de ne retenir que l'aspect sécurité de cette double fonction, la densité de trafic n'étend pas suffisamment importante pour que la régularité des vols soit trop compromise. Les choses maintenant changées, et on devrait plutôt dire que le contrôle cherche à optimiser la fonction régularité tout en maintenant la sécurité à un niveau acceptable³⁹¹. »

³⁹⁰ Amélioration de la capacité du secteur de contrôle en route (R73-002), 1973 (Les amis du Cena, Rapports).

³⁹¹ Ibid.

Dans ce cadre, l'utilisation de l'ordinateur par l'aiguilleur du ciel ne passe pas uniquement par la mise en place de la visualisation, mais également par la réduction constante des médiations entre lui et la machine, esquissée au début des années 1960 par Jacques Villiers³⁹².

L'augmentation des capacités de production d'information à l'échelle individuelle du contrôleur s'inscrit dans la lignée des analyses qui dénoncent l'augmentation des personnels comme une solution pour l'amélioration du contrôle, puisqu'elle conduit inexorablement à la paralysie par la multiplication des procédures de coordination des acteurs entre eux :

« Il n'est plus nécessaire de dire pourquoi l'amélioration de la capacité du système de contrôle passe nécessairement par l'amélioration de la capacité du secteur. En effet, la segmentation des secteurs offre un surcroît de capacités, mais cette segmentation est limitée : l'exercice du contrôle nécessite une taille de secteur suffisante (action radar par exemple), de plus, l'intégration des conflits nécessite un certain recul, ce qui tend à augmenter la durée des préavis de coordination et à limiter le choix des solutions. Donc, le rendement du système diminue au fur et à mesure que le nombre des secteurs croît, et seul l'accroissement du rendement à la base de résoudre ce problème³⁹³. »

Aussi faut-il interpréter le projet de mise en place des outils de gestion personnelle à destination du contrôleur comme une progression de l'autonomisation du facteur humain face à la machine, le passage d'un « régime d'interaction dissocié », dans lequel l'utilisateur doit passer par d'autres que lui pour interagir avec le calculateur, à un « régime d'interaction individualisé » dans lequel l'utilisateur voit, comprend et finalement, agit.

³⁹² VILLIERS Jacques, Reproduction de l'article intitulé 'Perspectives sur l'automatisation du contrôle de la circulation aérienne', in *Navigation. Revue technique de navigation maritime, aérienne et spatiale*, vol. IX, n°35, 1961, p. 269-282.

³⁹³ *Amélioration de la capacité du secteur de contrôle en route (R73-002)*, 1973 (Les amis du Cena, Rapports)

1. Une informatisation en avance sur son temps

Plus encore que la visualisation, la quête de l'interactivité autonome signe la grande originalité du projet Cautra. En effet, à la fin des années 1960 et au début des années 1970, l'entrée du calculateur dans les entreprises et les administrations se fait sur le modèle de la répartition des tâches caractérisée par une séparation franche entre les personnels techniques, seuls habilités à approcher la diva et les autres³⁹⁴. Cédric Neumann a bien montré comment la logique mécanographique des années 1955-1965 imprègne encore l'organisation des « automatismes de gestion³⁹⁵ » quand les premiers calculateurs font leur entrée dans l'entreprise et René Eskl ce que cela implique dans la constitution des « pools » de saisie notamment, symbole de l'organisation verticale et dissociée de l'utilisation des moyens informatiques :

« Résultat : les services centralisés et spécialisés de saisie peuplés d'employées rivées huit heures durant à leurs machines (machines à cartes perforées puis encodeurs de bande magnétique avec clavier-écran), la multiplication des opérations de codification, de vérification — de découpage et de classement —, de listages, la suppression de calculs et de

³⁹⁴ « Historiquement, plusieurs étapes se sont succédées [...] Dans les années 1960 et 1970, et même dans les années 1980, l'informatique, essentiellement vue comme un outil d'automatisation, n'a pas remis en cause le management classique des organisations, avec ses logiques pyramidales et ses silos fonctionnels. Il s'agissait avant tout d'informatiser le travail des collaborateurs d'exécution et peu celui des managers. » (MÉNARD Bruno, *L'entreprise numérique quelles stratégies pour 2015*, Nuvis (CIGREF), Paris, 2010, 155 p.).

Citons également sans volonté d'exclusive VOLLE Michel, Ethique et informatisation, in *Cahiers de la documentation*, vol. 2, 2011, p. 47-50. ; MOUNIER-KUHN Pierre-Eric, Le traitement à façon : un survol historique, in *Entreprises et Histoire*, vol. 40, n°3, 2005, p. 52-86. ; MOUNIER-KUHN Pierre-Eric, *L'informatique en France. De la seconde guerre mondiale au Plan Calcul. L'émergence d'une science*, Presses Universitaires de Paris-Sorbonne, Paris, 2010, 718 p. ; BAUDOT Jean-Pierre, L'incertitude des instruments. L'informatique administrative et le changement dans l'action publique (années 1960-1970), in *Revue Française de Science Politique*, vol. 61, n°1, 2011, p. 79-103. ; MÉNARD Bruno, *L'entreprise numérique quelles stratégies pour 2015*, Nuvis (CIGREF), Paris, 2010, 155 p..

³⁹⁵ « Cet article étudie les premières utilisations des calculateurs électroniques à des fins de gestion, entre 1955 et 1965. Il s'agit d'une période privilégiée pour comprendre le passage de la catégorie de mécanographie à celle d'informatique. Initialement, les calculateurs apparaissaient comme un prolongement de la mécanographie. Parallèlement, se développait la notion d' « automatismes de gestion » (NEUMANN Cédric, La construction sociale d'une catégorie, les automatismes de gestion, in *Entreprises et Histoire*, n°52, 2008, p. 85-95.).

recherches et l'accentuation des contraintes de temps (délais fixés par le planning d'exploitation) dans les services administratifs³⁹⁶. »

C'est à cette période charnière que les premières réflexions sur l'importance de l'informatique et les changements d'organisation qu'elle suscite font leur apparition. La plus connue d'entre elles est probablement celle de Jean-Marc Font et Jean-Claude Quiniou, respectivement ingénieur polytechnicien et mathématicien de la faculté des sciences de Paris, dans leur ouvrage intitulé *Les ordinateurs. Mythes et réalités*³⁹⁷ publié en 1970. Premier livre de poche tentant de dresser un bilan critique de l'informatisation à destination des informaticiens eux-mêmes et des « décideurs », il décrit le panorama des pratiques et des présupposés de l'époque. La description de l'ordinateur « bulldozer » qui bouleverse toute organisation préalable et impose sa logique de fonctionnement est particulièrement explicite :

«Troisième acte. L'ordinateur arrive. Changement de décor : Double plancher, climatisation, cage de verre, tout est prêt pour l'accueillir. Tout [...] Alors on lance à la hâte des petits bouts d'automatisation, c'est-à-dire qu'on fait faire à l'ordinateur des travaux plus ou moins lourds, plus ou moins nécessaires, mais qui de toute manière imposeront aux services « automatisés » une surcharge souvent considérable, car non seulement ils continueront leurs travaux précédents, mais ils devront en outre se mettre au service de l'ordinateur [...] L'ordinateur est un bulldozer : il est inconcevable de l'utiliser pour bêcher son jardin. Sa puissance, son prix en font nécessairement la pièce maîtresse autour de laquelle doit s'organiser³⁹⁸. »

Le décalage avec les attentes à l'égard de celui qui est souvent présenté comme synonyme de modernité et de solution universelle est parfois cruel :

³⁹⁶ EKSL René & SOLE Andreu, Stratégies d'automatisation, organisation du travail et relations sociales dans les grandes entreprises du tertiaire, in *Réseaux*, vol. 4, n°18, 1986, p. 7-18.

³⁹⁷ QUINIOU Jean-Claude & FONT Jean-Marc, *Les ordinateurs, mythes et réalités*, Gallimard, Paris, 1970, 190 p. Quelle page ?

³⁹⁸ Ibid.

« On retrouve ici le tout-puissant mythe de l'ordinateur miracle, avec le décalage énorme qu'il crée entre ce qu'il est en réalité, ce qu'il suppose et ce qu'il permet d'une part, et l'idée que s'en fait son utilisateur potentiel d'autre part. Le « presse bouton » est probablement une des plus dangereuses fictions de ces dernières années³⁹⁹. »

Informatique & Gestion, revue fondée dans le giron de l'Afcet⁴⁰⁰ en 1968 et premier organe de presse dédié à l'informatique, donne à plusieurs reprises dans ses colonnes des descriptions édifiantes sur les conditions d'insertion du calculateur dans les organisations et abonde dans le sens des analyses de Font et Quiniou.

Dans ce cadre, les réflexions sur la place de l'utilisateur sont encore totalement absentes. Le terme désigne toujours à cette date l'entreprise ou l'administration qui loue ou achète le calculateur, mais en aucun cas un utilisateur individuel⁴⁰¹. Les préoccupations quelque peu avant-gardistes d'un Villiers sont d'autant plus originales et le resteront longtemps puisque l'on peut encore lire durant les années 1980 des descriptions d'insertion « au forceps » de l'ordinateur dans les colonnes de la presse spécialisée :

« Malgré tout ceci, il fallut pendant de longs mois faire une chasse intensive à toutes les déviations, telle celle de cet opérateur qui, imprégné de coutumes anglo-saxonnes, remplaçait systématiquement la virgule par le point décimal⁴⁰². »

L'on parie d'ailleurs encore abondamment sur le « hasard » pour conformer les procédures aux habitudes de travail des salariés : « Plus que la formation ou la discipline, c'est le hasard qui nous a aidés⁴⁰³ » déclare benoîtement ce responsable de l'informatique d'une grande entreprise. Logique encore renforcée par le travail à façon qui domine

³⁹⁹ Ibid.

⁴⁰⁰ Association Française pour la Cybernétique Économique et Technique. Créée en 1968 avec pour objectif d'aider aux développements de l'informatique en entreprise particulièrement au travers du développement de l'informatique de gestion.

⁴⁰¹ Les entreprises françaises face à l'informatique, in *Informatique et Gestion*, n°16, 1970, p. 87-88.

⁴⁰² Béton de Paris, les facteurs humains, in *L'écho des recherches*, n°18, Mai 1980, p. 53-56.

⁴⁰³ Ibid.

largement le recours à l'informatique dans les petites et moyennes entreprises⁴⁰⁴ durant les années 1960 et 1970.

2. L'interactivité dissociée, première étape de l'autonomisation du contrôleur face au calculateur

Il en va de même au sein du centre de contrôle régional nord en 1961, au moment de l'arrivée de l'IBM 650. Une organisation initiale du travail profondément clivée oppose encore les opérateurs Cautra, serviteurs dévoués de la machine, et les contrôleurs qui n'en perçoivent que les premières manifestations, l'impression des strips essentiellement, sans jamais utiliser directement le calculateur. Cette manière de fonctionner est parfaitement en adéquation avec un régime d'interactivité pauvre, collectif et dépourvu d'interfaces graphiques qui domine le premier âge de l'informatique. On y dissocie l'emploi de l'usage.

La numérisation des plans de vol réalisée en 1961-1962 permet comme nous l'avons vu de soumettre au contrôleur une information dont le niveau de sécurité et la facilité d'impression marque une première amélioration notable. Néanmoins, cette organisation verticale de la production d'information (de l'opérateur au contrôleur par le truchement du calculateur) n'offre pas la souplesse désirée par Villiers et Alvarez, notamment parce que la somme des informations manuscrites qui peuvent se trouver notées sur le strip en cas de changement des données initiales du plan de vol par le contrôleur ne peuvent pas être soumises au calculateur qui garde en mémoire le strip dans sa forme initiale.

Il s'agit donc de trouver le moyen de rendre le contrôleur autonome face au calculateur, de créer un véritable dialogue entre la composante humaine et la machine, de donner vie à l'information, aux données, en les faisant circuler et non plus simplement de « descendre » de l'ordinateur vers le contrôleur.

⁴⁰⁴ MOUNIER-KUHN Pierre-Eric, Le traitement à façon : un survol historique, in *Entreprises et Histoire*, vol. 40, n°3, 2005, p. 52-86.

La télévision asservie

La première solution envisagée pour créer une remontrée d'informations de l'aiguilleur vers la machine est la mise en place d'un système de « télévision asservie ». Jacques Villiers en décrit le fonctionnement attendu dès 1961⁴⁰⁵ :

« Il serait intéressant d'expérimenter le système dit de « télévision asservie » fonctionnant de la manière suivante. Il serait créé au sein du centre de contrôle de l'unité dite de « mécanographie ». Cette unité disposerait d'autant de récepteurs de télévision que de secteurs à servir. Chaque agent de cette unité utiliserait un clavier et devrait pouvoir servir quatre à cinq secteurs. Chaque récepteur de télévision recevrait les images élaborées par une caméra fixée au-dessus du tableau de progression du secteur correspondant. Lorsque le contrôleur d'un secteur porterait manuellement sur un strip une indication nouvelle, il lui suffirait de désigner (par l'enfoncement de bouton poussoir) la position verticale et horizontale de la modification qu'il vient d'effectuer. Ces indications sur la mise en mémoire et la caméra viendrait successivement et automatiquement, se pointer sur les portions de strips intéressé, au fur et à mesure que l'opérateur mécanographie on aurait assuré la transcription sur un clavier. Les données ainsi introduites seraient transmises dans les secteurs intéressés par le calculateur. Il serait affiché sur des « visualisateurs » (cathodiques ou électromécaniques) disposés sur chaque pupitre de secteur⁴⁰⁶. »

Comme indiqué, il s'agit de filmer les strips utilisés par le contrôleur et d'en retransmettre les images en salle des opérateurs pour permettre la modification « en

⁴⁰⁵ VILLIERS Jacques, Reproduction de l'article intitulé 'Perspectives sur l'automatisation du contrôle de la circulation aérienne', in *Navigation. Revue technique de navigation maritime, aérienne et spatiale*, vol. IX, n°35, 1961, p. 269-282.

⁴⁰⁶ Ibid.

direct » des données présentes dans le calculateur⁴⁰⁷ au moyen de claviers spécialement conçus à cet effet⁴⁰⁸. Cette unité de « mécanographie⁴⁰⁹ » est constituée d'agents dont chacun a la responsabilité de quatre à cinq secteurs de contrôle. Lorsque la caméra montre à l'opérateur une modification réalisée par le contrôleur, le premier désigne sur le clavier de son datascope les données à remplacer et les nouvelles à inscrire⁴¹⁰. De même, le contrôleur de chaque secteur intéressé par les modifications peut, sur son « visualiseur », voir et reporter, si nécessaire, les informations sur ses strips quand un vol voit ses informations être modifiées et que ce dernier intéresse plusieurs secteurs à la fois⁴¹¹.

Dans son ouvrage sur le Cautra, Sophie Poirot-Delpech explique que « ce dispositif assez simple au niveau du concept était en fait quasiment impossible à réaliser avec la technologie [de l'époque, ndl], audiovisuelle notamment⁴¹² », ce qui semble en partie inexact. La télévision asservie a surtout comme défaut d'être très lente, même si elle fonctionne parfaitement, notamment dans le cas d'un trafic intense comme le rappelle Dominique Alvarez, qui l'a expérimentée avec des contrôleurs volontaires :

« C'est ça [montre un document]. Sur la position expérimentale on a le tableau de strips et on a une succession de touches à gauche et en dessous avec une caméra de télévision asservie en haut. Quand le contrôleur fait une modification dans le strips, il positionne les touches et le système mémorise. Sur ce poste, l'opérateur voit apparaître les indications que lui donne la télévision et modifie le plan de vol. Mais c'était bien trop lent⁴¹³. »

⁴⁰⁷ Description sommaire des principales fonctions du Cautra 3 (R76-006), 1976 (Les amis du Cena, Rapports).

⁴⁰⁸ Figure 12. Claviers utilisés par les contrôleurs pour la mise à jour des données du plan de vol.

⁴⁰⁹ VILLIERS Jacques, Reproduction de l'article intitulé 'Perspectives sur l'automatisation du contrôle de la circulation aérienne', in *Navigation. Revue technique de navigation maritime, aérienne et spatiale*, vol. IX, n°35, 1961, p. 269-282.

⁴¹⁰ *Le traitement du plan de vol dans le système Cautra (R74-023)*, 1974 (Les amis du Cena, Rapports).

⁴¹¹ Un vol en train de sortir d'un secteur pour entrer dans un autre par exemple.

⁴¹² POIROT-DELPECH Sophie, *Mémoire et histoires de l'automatisation du contrôle aérien : sociobiographie du CAUTRA*, L'Harmattan, Paris, 2009, 253 p.

⁴¹³ THIERRY Benjamin, *Entretien avec Dominique Alvarez* (14 juin 2013).

Dans un article de 1963 sur le contrôle aérien français⁴¹⁴, la revue américaine de référence *Flight International* souligne les limitations de la télévision asservie au niveau de la vitesse d'entrée des informations par la composante humaine du système, mais également l'augmentation du risque d'erreur introduit par le nouvel intermédiaire humain dans le processus de traitement de l'information⁴¹⁵ :

« Up to six corrections inserted by the controller can be memorized by the camera servo-system and called out by the operator, who then inserts the new information into the IBM 650 by typewriter and keyboard. Time taken to insert information in the computer is 20sec, but if corrections arrive at less than 20sec intervals, the human operator will begin to slow down. In this process an additional human operator is added to the information chain, giving another potential error source⁴¹⁶. »

Le système est testé au CRNA-Nord⁴¹⁷ puis abandonné⁴¹⁸ pour laisser place aux visualisations cathodiques assorties de claviers alphanumériques à touches de fonctions.

⁴¹⁴ Cautra. The french coordonnateur automatique de trafic aérien, in *Flight International*, 28 février 1963, p. 291-293.

⁴¹⁵ Les ergonomes se saisissent du problème de l'erreur de remplissage du PLNM par l'opérateur Cautra relativement tard. Il faut en effet attendre 1973 pour qu'une étude d'envergure soit lancée à ce sujet, mettant en lumière que le travail de saisie n'est pas uniquement un travail de copie d'informations, mais que les représentations mentales ont également une influence sur l'opérateur Cautra :

« Le travail de l'opérateur Cautra consiste à compléter les plans de vol reçus par RFSTA et prétraités par ordinateur. Il ressort que ce travail (en qualité et en quantité) est influencé par la nature de l'information disponible (source : plan de vol déposé, fiche de révision codage, routes, balises ou routes/balises), mais surtout par le traitement à faire subir à cette information.

De plus, il apparaît que l'opérateur Cautra est gêné par le fait qu'il n'y a aucune appréciation en retour sur la qualité du service qu'il fournit, et par la difficulté de communiquer avec le bureau émetteur du plan de vol pour correction d'éventuelles erreurs de rédaction.

Il me semble très important de noter qu'avec les méthodes actuelles, le traitement CAUTRA des plans de vols risque de déformer l'information entre le pilote et le contrôleur. » (Analyse du travail de l'opérateur Cautra (Rapport Cena C0 7212 - R32), 1973 (Inria Rocquencourt, Armoire 25)).

Bisseret souligne que les opérateurs ne sont pas les seuls responsables de ces erreurs et qu'une part non négligeable de ces dernières proviennent des bureaux émetteurs eux-mêmes (*Analyse du travail de l'opérateur Cautra (Rapport C07212-R32) (N73-013)*, 1973 (Les amis du Cena, Notes)).

⁴¹⁶ Cautra. The french coordonnateur automatique de trafic aérien, in *Flight International*, 28 février 1963, p. 291-293.

⁴¹⁷ *Description sommaire des principales fonctions du Cautra 3 (R76-006)*, 1976 (Les amis du Cena, Rapports).

⁴¹⁸ *Le traitement du plan de vol dans le système Cautra (R74-023)*, 1974 (Les amis du Cena, Rapports)/

Des claviers en position de contrôle

Les limitations évidentes du système de télévision asservie et l'importance de la coordination inter-secteurs⁴¹⁹ en tant que goulet d'étranglement de la productivité de l'activité de contrôle⁴²⁰ poussent Dominique Alvarez à tester en 1967-1968 un nouveau système pour permettre aux contrôleurs de modifier les données du plan de vol machine sans passer par les opérateurs Cautra⁴²¹.

Ce système repose sur l'utilisation conjointe d'une imprimante et d'un clavier numérique à touches de fonctions que le contrôleur utilise pour modifier les données du plan de vol machine quand il « passe un avion » à un secteur voisin⁴²².

Cette expérimentation repose en partie sur la réutilisation par les contrôleurs du matériel mis entre les mains des opérateurs quelques années auparavant et dont le passage des uns aux autres était prévu dès leur conception en collaboration avec IBM, qui fournit notamment les claviers comme l'écrit Jacques Villiers en 1965 :

« Des claviers spéciaux ont été développés (IBM France) pour rendre l'entrée d'informations dans le calculateur par les contrôleurs aussi

⁴¹⁹ La coordination inter-secteur désigne toutes les activités qui reposent sur le transfert d'un vol d'un secteur à l'autre que les secteurs en question soient gérés dans le même centre ou dans deux centres différents.

⁴²⁰ Jacques Villiers souligne déjà en 1965 dans son rapport intitulé « *Les méthodes opérationnelles le contrôle au cours du cinquième plan. Propositions* » l'imprécision que provoque le contrôle aux procédures du fait de la méconnaissance des heures précises de passage des avions au point de report, mais également de la méconnaissance de la vitesse réelle des appareils et de leur position dans le plan horizontal et vertical. Pour lui c'est le strip qui est le support efficace de ce type de contrôle. Il précise d'ailleurs que « sur la seule connaissance des plans de vol les présentations dynamiques souffrent de deux tares fondamentales. Elles imposent une tâche nouvelle et supplémentaire pour l'introduction dynamique systématique en temps réel des informations dans un calculateur. Elles se prêtent mal à la recherche des conflits car les positions apparentes respectives des avions ne constituent pas un filtrage évident des avions en plan (deux avions subsoniques situés en n'importe quelles positions respectives sur l'écran sont susceptibles d'entrer en conflit dans les 10 minutes fixées, par exemple, comme terme de stabilité de la situation, la comparaison des niveaux est défavorisée par l'éparpillement de ces données au gré des événements (position des avions). L'application de l'automatisation au contrôle aux procédures pures n'offre de possibilités nouvelles que pour la coordination intersecteurs. » (VILLIERS Jacques, *Les méthodes opérationnelles le contrôle au cours du cinquième plan. Propositions*, 1965 (Les amis du Cena, Notes) ; *Relations entre le Cena et les centres d'exploitation dans le cadre de l'automatisation du contrôle (R73-005)*, 1973 (Les amis du Cena, Rapports) ; SPERANDIO Jean-Claude, *Recherche de paramètres mesurés de la charge de travail des contrôleurs de la navigation aérienne*, 1968 (Inria Rocquencourt, Armoire 25)).

⁴²¹ *Principes de coordination par calculateur*, 1967 (Inria Rocquencourt, Armoire 25).

⁴²²

aisée que possible (ou aussi peu malaisée que possible!) selon des méthodes dont le principe a été expérimenté sur les premiers calculateurs installés dans le centre⁴²³. »

Lorsque le contrôleur doit modifier certaines données du plan de vol, les touches de fonctions lui permettent d'indiquer la « catégorie » d'informations à changer (altitude ou vitesse par exemple). Dans ce cas, le calculateur attend une valeur qu'il remplace sur le PLNM. Une fois les modifications effectuées, une touche particulière permet à la fois de valider et d'envoyer les données au calculateur⁴²⁴. L'imprimante est assez vite remplacée par un écran de 16 lignes de 64 caractères de la marque Omera⁴²⁵ pour des raisons de rapidité d'affichage des informations.

Les ergonomes participent à la définition des séquences de touches utilisées en recommandant notamment la limitation du nombre de séquences à faire assimiler aux contrôleurs⁴²⁶.

Selon Dominique Alvarez, en dépit des procédures nouvelles à assimiler et de l'accroissement modéré de la charge de travail en position de contrôle, les aiguilleurs qui participent à l'expérimentation sont relativement satisfaits.

Cette extension vers les contrôleurs des pratiques de saisie par clavier mises en place auprès des opérateurs Cautra est encadrée par les ergonomes. Dès 1965, André Bisseret réalise une étude sur les datascopes et la forme des messages qui y sont visualisés⁴²⁷. Il s'agit pour l'équipe de penser la complémentarité entre les tâches effectuées (contrôle et ajout d'éléments dans le plan de vol), les données visualisées et les touches utilisées. L'activité est « dirigée », c'est-à-dire sans réelle marge de manœuvre

⁴²³ VILLIERS Jacques, *L'approche française de l'automatisation du contrôle de la navigation aérienne (N65-008)*, 1965 (Les amis du Cena, Notes).

⁴²⁴ *Coordination par clavier-visualisateur : manuel d'instruction*, 1967 (Inria Rocquencourt, Armoire 25).

⁴²⁵ *Spécifications techniques du Cena pour un nouveau poste d'entrée conversationnel (R73-004)*, 1973 (Les amis du Cena, Notes).

⁴²⁶ « Il paraît intéressant de limiter le nombre de touches de fonctions et d'utiliser au maximum la possibilité de séquences bien adaptées. » (*Compte-rendu sommaire de la réunion du sous-groupe de travail Cautra (N65-004)*, 1965 (Les amis du Cena, Notes)).

⁴²⁷ Ibid.

pour l'opérateur qui ne fait que produire de l'information qu'on lui communique par ailleurs, l'enjeu principal est l'utilisation la plus rapide, juste et facile possible des touches de fonction sur le clavier destiné aux opérations de saisie⁴²⁸. Il s'agit d'étudier la minimisation de la charge de travail induite par l'utilisation des touches de fonction en position de contrôle. Elle concerne en priorité la manière de les faire configurer par les programmeurs d'Alvarez pour éviter de faire mémoriser aux contrôleurs des codes à taper grâce aux touches alphanumériques sans pour autant multiplier le nombre des touches de fonction : « il paraît intéressant de limiter le nombre de touches de fonctions et d'utiliser au maximum la possibilité de séquences bien adaptées⁴²⁹ ».

3. Panne et mobilisation sociale : la fin de l'expérimentation des claviers en position de contrôle

L'expérimentation connaît néanmoins un coup d'arrêt brutal en 1968 à cause d'une défaillance humaine selon Dominique Alvarez :

« Mais pendant cette manip' là on a eu une panne idiote, mais qui a complètement dégénéré. Dans le Cautra II, il n'y avait pas d'horloge, chaque fois que l'on démarrait le système, il fallait afficher l'heure au pupitre. Or, c'était un pupitre en octal, donc ce n'était pas facile pour les contrôleurs. Ce jour-là, pendant que l'on faisait cette manip' là, qui durait déjà depuis deux semaines et qui n'avait pas rencontré d'incidents particuliers, tout le monde avait l'air très satisfait. Il y a eu un bug dans le traitement radar, le système s'est planté, ça on y était habitué, le

⁴²⁸ VILLIERS Jacques, *Les méthodes opérationnelles le contrôle au cours du cinquième plan. Propositions*, 1965 (Les amis du Cena, Notes).

⁴²⁹ « D'un clavier à l'autre les mêmes touches « fonction » peuvent déclencher des séquences différentes si ces deux claviers ne sont pas utilisés dans les mêmes conditions (clavier de secteur en route et clavier superviseur par exemple).

Pour une fonction donnée les seuls éléments à frapper sur le clavier sont les éléments nouveaux inconnus du calculateur.

C'est ainsi que pour une opération de proposition de S1 vers S2, il est inutile que S1 précise le numéro du secteur destinataire.

De ce fait il paraît intéressant de limiter le nombre de touches fonction et d'utiliser au maximum la possibilité de séquences bien adaptées. » (*Compte-rendu sommaire de la réunion du sous-groupe de travail Cautra (N65-004)*, 1965 (Les amis du Cena, Notes)).

responsable Cautra qui a remis en marche le système s'est trompé et a affiché l'heure locale au lieu de l'heure TU⁴³⁰, l'heure locale était en avance d'une heure. Du coup, tous les strips en attente ont voulu s'imprimer et ça a mis le pastis et le système s'est replanté. Il redémarre et fait la même erreur. Et ça a duré comme ça pendant dix minutes ou un quart d'heure avant que l'on réalise que c'était lui qui entraînait une mauvaise heure. Du coup, cela a paralysé le système, y'a eu tout un tas de contrôleurs sans strip... Ca a mis un black out complet sur l'expérimentation⁴³¹. »

Evènement déclencheur d'un blocage du côté des contrôleurs sans doute, la panne du printemps 1968 ne peut à elle seule expliquer l'abandon de l'idée de faire participer le contrôleur à la mise à jour des informations contenues dans le PLNM. Elle vient s'ajouter à la mobilisation des aiguilleurs qui demandent une « prime clavier » pour l'utilisation des nouveaux outils qu'on leur impose en 1967⁴³², mobilisation dont l'importance est rappelée à plusieurs reprises dans les archives de la DGAC :

« La procédure de coordination intersecteurs a été mise au point et expérimentée en 1967 avec des claviers et des visualisations [...] Cette procédure de coordination n'en fait jamais atteint le stade opérationnel, en particulier pour les questions de primes⁴³³. »

ainsi qu'à l'angoisse de devoir revenir soudainement aux procédures de contrôle antérieures quand le système connaît une défaillance.

Une hypothèse plausible pour expliquer cet abandon réside dans le fait que cette tentative d'autonomiser l'utilisateur en 1967-1968 est probablement trop précoce. Comme nous l'avons vu, la visualisation synthétique qui est au cœur des pratiques du contrôle

⁴³⁰ Temps universel.

⁴³¹ THIERRY Benjamin, *Entretien avec Dominique Alvarez* (14 juin 2013).

⁴³² « La prime clavier a joué en terme de retard [...] On avait expérimenté cette solution-là fin 1967, pendant un mois. Le contrôleur envoyait les éléments au contrôleur suivant qui acceptait ou refusait et s'il acceptait, un strip était imprimé. » Ibid.

⁴³³ *Remarques sur le rapport « Evaluation du système Cautra » établi par la Sesa (N74-006B), 1974* (Les amis du Cena, Notes).

aérien assisté par ordinateur n'est pas encore utilisable à cette date. L'utilisation des claviers est alors considérée par les aiguilleurs avant tout comme le moyen d'augmenter la productivité, non pour simplifier leur travail. Cette interprétation se traduit par la demande d'une prime pour un travail jugé « supplémentaire », alourdissant la tâche de contrôle et la panne devient alors le moyen de se mobiliser pour faire abandonner le recours au clavier puisque la prime n'est pas accordée.

C'est seulement en 1972, après la généralisation de la visualisation synthétique, que le dispositif de saisie original qu'est le Digitatron trouvera sa place.

B. Le Digitatron : l'interactivité individualisée

Après la génération par calculateur d'une image « augmentée » de l'espace aérien, les premières tentatives infructueuses de création d'un dialogue homme-machine, le contrôle aérien introduit en 1972⁴³⁴ le dispositif qui stabilise enfin son régime d'interaction homme-ordinateur : le Digitatron. Ecran tactile en avance sur son temps, il permet de faire manipuler très facilement les listes de vols par le contrôleur d'une simple désignation du doigt les informations désirées.

Son fonctionnement, la place qui lui est donnée dans l'enseignement du métier de contrôleur à l'Enac à partir de 1972 et sa longévité démontrent l'importance qu'il revêt dans la mise en place d'un dialogue homme-machine satisfaisant aux yeux des contrôleurs, des ergonomes et des ingénieurs.

⁴³⁴ La première version des programmes Digitatron, assurée à partir des claviers en position de contrôle, a été rendue disponible en juin 1972. Ils ne sont utilisés en situation opérationnelle qu'au début de mars 1973 lorsqu'ils sont mis en place au CCR Nord (*Listes des tâches de programmation (N73-010)*, 1973 (Les amis du Cena, Notes)).

1. Pourquoi le Digitatron ?

La volonté de créer un dispositif permettant une communication transparente entre le contrôleur et le calculateur pour transformer ce dernier en outil directement utilisable par l'aiguilleur du ciel est constitutive⁴³⁵ du projet d'informatisation de Jacques Villiers :

« Un nouveau moyen de dialogue bilatéral intégré entre l'homme et la machine (qu'on a appelé Digitatron) qui a permis d'ouvrir de nouvelles voies fructueuses dans ce domaine⁴³⁶. »

Après l'échec de la télévision asservie et des coordinations inter-secteurs par écran-clavier⁴³⁷, le Digitatron doit convaincre. Il a des arguments pour ce faire : sa rapidité de fonctionnement (principal défaut de la télévision asservie) et la facilité des opérations de désignation et de modification qu'il permet grâce à son écran tactile très différent de l'ensemble écran-clavier (en général mal maîtrisé par les contrôleurs comme le rappelle Dominique Alvarez : « Le clavier et la visu, ça marchait pas mal. Mais la visu était là et le clavier était ailleurs : ce n'était pas pratique⁴³⁸ ») plaident en sa faveur.

Dès sa mise en place, il est considéré comme un tournant important dans la manière dont sont organisées les rapports homme-machine puisqu'il permet à l'opérateur de « piloter » l'ordinateur :

« L'automatisation des systèmes de contrôle de la circulation aérienne a porté principalement jusqu'ici sur le traitement et la présentation des informations qui ne demandaient pas de collaboration étroite de la part du contrôleur. Les phases suivantes verront la pénétration de l'automatisation dans les processus même de contrôle⁴³⁹. »

⁴³⁵ THIERRY Benjamin, *Entretien avec Dominique Alvarez* (14 juin 2013).

⁴³⁶ VILLIERS Jacques, *Reproduction de la conférence 'Perspectives sur le contrôle de la navigation aérienne dans les phases avancées d'automatisation : 'la méthode des filtres'*, 1968 (Archives Inria Rocquencourt, Armoire 25) ;

⁴³⁷ « Le Digitatron remplace la caméra de télévision, mais ne remplace pas l'opérateur Cautra. » (*Manuel d'utilisation du Digitatron (R73-009)*, 1973 (Les amis du Cena, Rapports)).

⁴³⁸ THIERRY Benjamin, *Entretien avec Dominique Alvarez* (14 juin 2013).

⁴³⁹ *Le traitement radar dans le Cautra (R74-007)*, 1974 (Les amis du Cena, Rapports).

Dominique Alvarez tempère néanmoins l'optimisme du rapport de 1974 rédigé par les ingénieurs du Cena qui considèrent déjà que cette phase annonce à terme le transfert vers l'ordinateur de certaines fonctions pour le moment assumée par l'aiguilleur du ciel.

« Sans aller jusqu'à envisager une automatisation totale du processus de surveillance, dont on n'est pas certain qu'elle soit théoriquement possible à moyen terme, sauf dans des conditions particulières, les études déjà faites sur les processus intellectuels de détection de conflits laissent penser que, dans la mesure où il est possible de le faire réaliser, des présentations de certains renseignements nouveaux devraient diminuer la longueur des algorithmes actuellement employés, par élimination ou tout au moins raccourcissement de certaines branches⁴⁴⁰. »

Pour Alvarez, qui prend ici appui sur les travaux de l'équipe Bisseret, son avantage réside avant tout dans l'allègement de certaines tâches de contrôle, notamment en ce qui relève de la coordination entre secteurs. Les avantages du dispositif du seul fait de son *form factor*⁴⁴¹ particulier et du recours à des désignations tactiles facilite la manipulation d'informations qui sont désormais à la charge du contrôleur. Sur les précédents dispositifs écran-clavier utilisés, la disposition du clavier sur le plan de travail horizontal juste devant le contrôleur et le fait que l'écran soit disposé quant à lui en hauteur à plusieurs dizaines de centimètres l'un de l'autre, expliquent cette gêne à une époque où, rappelons cette évidence, la majorité des contrôleurs n'ont jamais tapé sur un clavier et doivent quitter des yeux l'écran et le radar pour ce faire, ce qui alourdit l'ensemble des procédures⁴⁴². Avec le Digitatron, et comme le montre l'illustration tirée de la documentation de Dominique Alvarez, le contrôleur peut n'utiliser qu'une seule main pour utiliser le Digitatron et ce qu'il voit est directement modifiable.

⁴⁴⁰ ALVAREZ Dominique, *La vie du PLN dans le système Cautra. Evolution vers le système Cautra 4 (R74-037)*, 1974 (Les amis du Cena, Rapports).

⁴⁴¹ Figure 23. Contrôleur en phase de modification de données par Digitatron (vers 1972).

⁴⁴² Alourdissement dénoncé depuis 1961 par Jacques Villiers (VILLIERS Jacques, Reproduction de l'article intitulé 'Perspectives sur l'automatisation du contrôle de la circulation aérienne', in *Navigation. Revue technique de navigation maritime, aérienne et spatiale*, vol. IX, n°35, 1961, p. 269-282.).

Cette idée de doter un écran cathodique d'un système permettant la désignation directe vient selon Sophie Poirault-Delpech des dispositifs anglais :

« En fait, le Digitatron systématise et étend un système déjà expérimenté dans les salles de contrôle britanniques, le « touch display », qui affichait en bas de l'écran les indicatifs que le contrôleur pouvait modifier, directement, par le doigt. Dans le dispositif conçu par Dominique Alvarez, tout l'écran qui devient interactif⁴⁴³. »

De son côté, Dominique Alvarez soutient que l'idée lui est venue après une visite à Brétigny au cours de laquelle il a vu un simulateur de vol doté d'un écran à touches de fonction :

« Il se trouve que fortuitement, on est allé visité avec Jacques Villiers à Eurocontrol à Brétigny où ils venaient de mettre en service leur nouveau simulateur et là, ils avaient des écrans avec en bas de l'écran des petites touches qui permettaient de désigner ce qui était un fichier derrière. Donc, ce qui était affiché sur l'écran. Les touches étaient insérées dedans, les fils étaient noyés dans le verre du tube et quand on appuyait dessus, ça faisait contact. Un contact physique. Ça m'a beaucoup séduit et je me suis dit : « en fait, ce qu'il faudrait, c'est que ça couvre tout l'écran ». En partant de là que l'idée du Digitatron m'est venu et qu'on a réalisé une maquette qui a tourné avec le Cautra II⁴⁴⁴. »

En dépit de l'enthousiasme rétrospectif de Villiers, qui voit dans le Digitatron la première application de l'écran tactile, l'idée est dans l'air du temps :

⁴⁴³ POIROT-DELPECH Sophie, *Mémoire et histoires de l'automatisation du contrôle aérien : sociobiographie du CAUTRA*, L'Harmattan, Paris, 2009, 253 p.

⁴⁴⁴ THIERRY Benjamin, *Entretien avec Dominique Alvarez* (14 juin 2013).

« On notera que le Digitatron développé pour le CAUTRA semble avoir constitué à l'époque la première application de ce procédé de dialogue interactif en cours de vulgarisation⁴⁴⁵. »

En effet, en 1965, Eric Arthur Johnson, qui travaille comme ingénieur au *Royal Radar Establishment*, publie les premières spécifications d'un écran tactile capacitif⁴⁴⁶. En 1967, son article publié dans *Ergonomics*, la revue de référence en matière de communication homme-machine lancée dix ans plus tôt, popularise le procédé dans la petite communauté de l'IHM⁴⁴⁷. Plusieurs technologies émergent à la fin des années 1960 et l'utilisation de tels dispositifs se diversifie au début des années 1970⁴⁴⁸.

Sur les indications données par Dominique Alvarez, la filiale de TRT, Omera Segid réalise le premier prototype en 1967⁴⁴⁹. Sa première utilisation concerne la modification des plans de vol ponctuels et non transmis par RSFTA par le contrôleur lui-même⁴⁵⁰.

En 1968, André Bisseret et Jean-Claude Spérandio réalisent une étude comparative des dispositifs d'entrée d'information pour valider le choix de la désignation tactile par Alvarez et Villiers. Si le clavier « classique » est « par raison historique mais aussi parce qu'il reste le dispositif le plus largement utilisé⁴⁵¹ » le premier moyen d'interaction avec le calculateur auquel pensent les ingénieurs, la technologie tactile voulue par Alvarez semble plein de promesses. Les pools de secrétaires et leurs machines écrire mécaniques qui ont

⁴⁴⁵ VILLIERS Jacques, *Rapport intitulé 'Considération sur la croissance du trafic aérien au cours des 20 prochaines années'*, Octobre 1984 (Inria Rocquencourt, Armoire 25)

⁴⁴⁶ JOHNSON Eric Arthur, Touch Display. A novel input/output device for computer, in *Electronics Letters*, vol. 1, n°8, 1965, p. 219-220.

⁴⁴⁷ JOHNSON Eric Arthur, Touch Displays : A Programmed Man-Machine Interface, in *Ergonomics*, vol. 10, n°2, 1967, p. 271-277.

⁴⁴⁸ ORR N. W. & HOPKINS V. D., The Role of Touch Display in Air Traffic Control, in *The Controller*, n°7, 1968, p. 7-9.

⁴⁴⁹ Optique, mécanique et radio, fondée en 1949 et filiale de TRT depuis sa cession en 1959 (<http://www.swlradiostation.org/saram1/index.html>)

⁴⁵⁰ En 1972-1974, les messages qui ont pour origine le RSFTA constituent 59 % des plans de vol machine générés, les plans de vol régulier représentent 35 % des vols traités. Restent 6 % des plans de vol qui donne lieu à une procédure particulière et justifie la manipulation directe (*Description sommaire des principales fonctions du Cautra 3 (R76-006)*, 1976 (Les amis du Cena, Rapports)).

⁴⁵¹ BISSERET André & SPERANDIO Jean-Claude, Facteurs humains dans l'étude des dispositifs d'entrée d'informations, in *Bulletin du CERP*, vol. XVII, n°4, 1968, p. 11-13.

donné lieu à la création de pools de perforatrices avec l'arrivée de la mécanographie se transforment alors peu à peu en pools de dactylographes sur ordinateurs⁴⁵² et gendre un grand nombre d'études qui comparent les différents types de claviers selon des critères essentiellement fondés sur la vitesse de frappe, le nombre d'erreurs commises et la fatigue pour celles qui l'utilisent :

« comparaison d'un type de clavier à l'autre, sur les différences de vitesse, de précision, de facilité d'apprentissage ou encore d'agrément des utilisateurs⁴⁵³. »

Les deux ergonomes mettent en garde contre le « goulet d'étranglement » que constitue le clavier pour l'entrée d'informations dans le calculateur. Aussi, ils passent en revue la littérature consacrée aux autres interfaces disponibles : *rolling ball*, « manche à balai » (*joystick*) ou crayon lumineux (*lightpen*). Ces dispositifs, appelés « dispositifs marqueurs » puisqu'ils permettent essentiellement de désigner de l'information plus que d'en produire ne font pas encore l'objet d'études comparées entre eux.

Quand la nécessité de désigner de l'information se fait sentir, aux yeux des deux psychologues français, c'est le doigt qui représente le moyen le plus efficace et donc la technologie tactile qui s'impose comme le recours idéal :

« Le doigt, comme dispositif marqueur.

Un autre type de dispositif semble particulièrement intéressant, dans la mesure où il permet de diminuer encore les codages intermédiaires dans la communication entre l'homme et la machine. Johnson⁴⁵⁴ (1967) décrit le « touch-display » qui est un écran cathodique aménagé spécialement pour permettre à l'opérateur d'utiliser simplement son doigt comme dispositif marqueur. L'écran ainsi, sert à la fois de dispositif d'entrée de présentation

⁴⁵² PINTO Josiane, Les secrétaires et la nouvelle économie des bureaux, in *Actes de la recherche en sciences sociales*, vol. 134, septembre 2000, p. 62-65.

⁴⁵³ BISSERET André & SPERANDIO Jean-Claude, Facteurs humains dans l'étude des dispositifs d'entrée d'informations, in *Bulletin du CERP*, vol. XVII, n°4, 1968, p. 11-13.

⁴⁵⁴ JOHNSON Eric Arthur, Touch Displays : A Programmed Man-Machine Interface, in *Ergonomics*, vol. 10, n°2, 1967, p. 271-277.

d'informations. Expérimentée pour le contrôle de la navigation aérienne anglaise il présente, par exemple, à l'opérateur un message contenant les dernières données (des nombres) que possède le calculateur sur un avion. L'opérateur peut corriger ces données : pour ce faire il désigne du doigt le nombre corrigé ; le calculateur lui présente sur l'écran la série des chiffres de zéro à neuf pour lui permettre de composer, toujours par simple désignation, le nouveau nombre, que le calculateur affiche à la place de l'ancien dans le message. C'est là un exemple d'utilisation de ce dispositif mais on conçoit qu'il est susceptible de nombreuses applications intéressantes particulièrement dans les systèmes où le langage utilisé et (ou peut être) restreint et complètement fixé⁴⁵⁵. »

C'est bien entendu cette solution qui est retenue. Il n'est pas possible dans l'état actuel de nos connaissances et du fait des témoignages divergents de savoir si cet avis a suscité ou confirmé l'idée que se font les ingénieurs de la nécessité d'en passer par une technologie tactile pour le Digitatron, mais force est de constater que la manière dont est envisagée son utilisation met l'équipe des ingénieurs et des psychologues parfaitement d'accord.

La reprise de la technologie tactile, déjà utilisée par ailleurs, montre en outre la nature d'innovation composite et organisationnelle qu'est le Cautra. L'utilisation des cellules photoélectriques pour la grille du Digitatron illustre cette manière d'agrèger des idées et des solutions préexistantes dans le cadre d'une méthode originale qui est notamment guidée par une volonté de limiter les coûts comme le rappelait déjà *Flight International* dans son enquête de 1963 sur la télévision asservie⁴⁵⁶.

⁴⁵⁵ BISSERET André & SPERANDIO Jean-Claude, Facteurs humains dans l'étude des dispositifs d'entrée d'informations, in *Bulletin du CERP*, vol. XVII, n°4, 1968, p. 11-13.

⁴⁵⁶ « [Cena] using surprisingly limited resources and very few personnel. » (Cautra. The french coordonnateur automatique de trafic aérien, in *Flight International*, 28 février 1963, p. 291-293.).

2. Fonctionnement

Un écran tactile

Le Digitatron est un matériel destiné à permettre les dialogues entre le contrôleur et le calculateur. Son fonctionnement repose sur la présence d'un tube cathodique, qui joue le rôle d'écran visualisateur, à l'avant duquel est fixé le Digitatron proprement dit⁴⁵⁷.

Le Digitatron désigne un cadre disposé sur les faces internes duquel sont réparties des sources lumineuses et des cellules photoélectriques⁴⁵⁸. Les sources lumineuses engendrent, légèrement en avant de l'écran visualisateur, un réseau de faisceaux horizontaux et verticaux qui constituent un quadrillage optique. La désignation d'un point de l'écran par le contrôleur coupe à la fois un faisceau horizontal et un faisceau vertical, ce qui permet au calculateur d'identifier la zone de l'écran désignée par le contrôleur et de donner une réponse appropriée sous la forme d'un nouveau message sur l'écran cathodique⁴⁵⁹.

Cette technologie diverge de celles employées ailleurs à la même période. Au Cern, par exemple, les travaux de Bent Stumpe et de Frank Beck, deux ingénieurs en charge de la salle de supervision du Super Proton Synchrotron (SPS), conduisent à la mise en place d'un système capacitif⁴⁶⁰ en 1973⁴⁶¹. Le fonctionnement du Digitatron est beaucoup plus simple, grâce aux cellules photoélectriques, et explique sa précocité : il est utilisable en position opérationnelle dès 1972.

⁴⁵⁷ *Manuel d'utilisation du Digitatron (R73-009)*, 1973 (Les amis du Cena, Rapports).

⁴⁵⁸ Figure 16. Schéma de fonctionnement du Digitatron.

⁴⁵⁹ Ibid.

⁴⁶⁰ « In a handwritten note dated 11 March 1972, Stumpe presented his proposed solution – a capacitive touch screen with a fixed number of programmable buttons presented on a display. It was extremely simple mechanically. The screen was to consist of a set of capacitors etched into a film of copper on a sheet of glass, each capacitor being constructed so that a nearby flat conductor, such as the surface of a finger, would increase the capacity by a significant amount. The capacitors were to consist of fine lines etched in copper on a sheet of glass – fine enough (80 μm) and sufficiently far apart (80 μm) to be invisible (CERN Courier April 1974 p117). In the final device, a simple lacquer coating prevented the fingers from actually touching the capacitors. » (Cern Courier, *The first capacitive touch screens at CERN* (consulté le 2010, http://www.hep.ucl.ac.uk/~markl/pp2020/cern_touchscreen.pdf).

⁴⁶¹ BECK Frank & STUMPE Bent, *Two devices for operator interaction in the central control of the new Cern accelerator (Rapport du Control Group)*, 1973 (Inria Rocquencourt, Armoire 25).

L'écran qui est partagé en 11 intervalles horizontaux peut faire apparaître différents messages dans chacun d'entre eux.

De bas en haut l'on trouve⁴⁶² :

– Intervalle 1 : les commandes spéciales dont l'affichage permanent.

– Intervalle 2 : les lignes de choix dont le contenu varie selon les états du dialogue calculateur.

Y apparaissent notamment différents types de claviers : le « clavier fonction » qui permet de choisir l'usage du Digitatron, le clavier alphanumérique, le clavier horaire, le clavier « niveaux », le clavier balise, le clavier secteur (dans le cas du *Digitatron dispatch*). C'est aussi dans cet intervalle que le calculateur affiche les éventuels messages d'erreur.

– Intervalle 3 : lignes de commentaires où sont indiqués au contrôleur les étapes du dialogue.

– Les intervalles quatre à huit ne sont pas utilisés en 1973.

– Les intervalles 9 à 11, situés en haut de l'écran, servent à l'affichage des messages aide-mémoire (MAM), c'est-à-dire le contenu d'un plan de vol connu par le calculateur, ou du texte de l'affiche que le contrôleur est en train de rédiger⁴⁶³.

L'ensemble des caractères qui constitue une ligne peut être trop long pour être entièrement affiché à l'écran. Le contrôleur peut faire apparaître la suite du message en utilisant le signe « > » qui se trouve à droite de l'écran, et « < » pour revenir en arrière⁴⁶⁴.

⁴⁶² Figure 18. Structure de l'écran d'un Digitatron.

⁴⁶³ *Manuel d'utilisation du Digitatron (R73-009)*, 1973 (Les amis du Cena, Rapports).

⁴⁶⁴ Ibid.

Le dialogue et ses méandres

Du fait de la grande variété des fonctions proposées, le Digitatron est un élément de déstabilisation plus important de la pratique individuelle du contrôle que la seule visualisation synthétique. En effet, le Digitatron implique de suivre un ensemble de procédures liées à sa manipulation ce qui augmente les tâches induites du contrôleur de manière importante.

Il propose également un dialogue « dirigé », c'est-à-dire dont les étapes et l'ordre dans lequel on doit les aborder sont prévus par le système sans possibilité d'y déroger. Cet aspect devant simplifier, en créant des automatismes, la manipulation du dispositif :

« Depuis 1960, le Cena s'est employé à rechercher des méthodes qui, diminuant le nombre des tâches répétitives de tenue de ces informations, alléger l'effort de concentration exigée par l'exercice du contrôle⁴⁶⁵. »

Lorsque le contrôleur commence son activité, le Digitatron « est au repos⁴⁶⁶ ». Pour s'en assurer, le contrôleur doit composer la commande ANN. Il a alors accès à plusieurs autres commandes désignées par une abréviation.

– MOD pour modification qui permet de modifier l'heure en un point donné ou encore le niveau d'un vol déjà activé.

– QRA pour « qui êtes-vous ? » Qui permettent savoir à quel secteur est affectée le Digitatron et s'il est positionné en dispatch⁴⁶⁷ ou non.

– FIC pour « fiches » qui permet d'entrer un plan de vol que le Cautra ne connaît pas encore.

⁴⁶⁵ Description sommaire des principales fonctions du Cautra III (R75-027), 1975 (Les amis du Cena, Rapports)

⁴⁶⁶ Manuel d'utilisation du Digitatron (R73-009), 1973 (Les amis du Cena, Rapports)

⁴⁶⁷ C'est-à-dire chargé de la répartition des appareils entre plusieurs contrôleurs.

– ACT pour « activation » qui permet de mettre à jour un vol en attente et de remplacer un strip passif par un strip actif.

– RIMP pour « réimpression » qui permet d’obtenir sur un secteur qui le demande le double d’un strip déjà existant.

L’ensemble des logiciels qui pilote l’affichage et les interactions sur le Digitatron comporte plusieurs fonctions destinées à faciliter l’interaction homme-machine durant la rédaction des messages destinés au Digitatron, ce qui fait de son logiciel, bien qu’il ne soit pas « graphique » au sens des GUI⁴⁶⁸ ultérieurs, une interface.

Ainsi, lorsque le Digitatron est actif un astérisque clignote (« se mettent à flasher ») dans le coin supérieur gauche de l’écran⁴⁶⁹. Cela évite de longues secondes de frappe sur un dispositif inutilisable. Dans le même ordre d’idée, une fonction importante est « FIN » puisqu’elle permet d’indiquer au calculateur que l’étape en cours est terminée et qu’il peut passer à l’étape suivante. Cette fonction reproduit la fonction « émission » de l’ancien clavier sans en reprendre la formulation abrégée. La fonction « RAZ » (« remise à zéro partielle ») permet d’effacer uniquement l’étape en cours et de recommencer celle-ci, par exemple en cas d’erreur de désignation ou de frappe, ce qui arrive relativement souvent avant que la manipulation de l’écran tactile ne devienne courante pour les aiguilleurs du ciel.

Après avoir indiqué au Digitatron quelle fonction doit être utilisée, le contrôleur indique à quel vol cette fonction doit s’appliquer. Pour cela, le contrôleur peut inscrire le numéro de plan de vol qui se trouve dans la première case du strip ou saisir l’indicatif de l’avion. Il utilise pour cela le clavier alphanumérique apparu sur la ligne de choix. Le calculateur affiche alors en haut de l’écran, le contenu du plan de vol désiré. Cela constitue un message aide-mémoire sur lequel le contrôleur va pouvoir opérer.

Le contrôleur peut à ce moment commencer à compléter ou à modifier des éléments du PLNM. Les éléments du plan de vol que le calculateur ne connaît pas encore

⁴⁶⁸ Graphic user interface.

⁴⁶⁹ Ibid.

apparaissent en pointillés, nommés « traitillés » dans la documentation technique, ce qui est significatif de cette période de mise en place qui n'a pas encore vu se stabiliser le vocabulaire du dialogue.

L'ordre de traitement des éléments est fixe : le contrôleur désigne avec le doigt l'élément à compléter ou à modifier, cet élément se met à clignoter (« à flasher »), le contrôleur saisit la valeur choisie avec le clavier et cette valeur remplace automatiquement l'élément en train de clignoter. Le « label⁴⁷⁰ » du premier champ à composer s'affiche, puis le second et ainsi de suite jusqu'au dernier. Le champ indicatif permet la composition de l'indicatif complet de l'appareil. Il faut utiliser la touche « fin » pour signaler que l'indicatif complet est entré et a été vérifié. Le deuxième champ du plan de vol est le type d'avion et sa vitesse. Le type d'avion est constitué par trois ou quatre caractères. Comme à l'étape précédente, il faut utiliser la touche « fin » une fois le type entré et vérifié par le contrôleur. Le troisième champ est le lieu de départ. Il est composé par quatre caractères alphanumériques. Là encore l'entrée de ces données se termine par l'appui sur la touche « fin ». Il faut ensuite entrer le lieu de destination, similaire au lieu de départ dans sa composition. Le contrôleur doit ensuite entrer les niveaux de vol. Il faut ensuite entrer la première balise d'entrée dans le secteur à l'aide du clavier alphanumérique, puis composer l'heure d'entrée et la liste des balises formant l'itinéraire à partir du clavier alphanumérique⁴⁷¹.

Lorsque tous les éléments sont complétés, le contrôleur peut mettre fin au dialogue avec le calculateur en touchant l'astérisque en train de clignoter dans le coin supérieur gauche de l'écran⁴⁷².

⁴⁷⁰ Que l'on nommerait aujourd'hui plutôt « titre de champ ». La composition des messages du Digitatron par champs est déterminante pour intégrer ensuite de nouveaux modèles de Digitatrons incompatibles entre eux : « Dans les instructions données en 1972 pour la programmation des messages Digitatrons, il a été demandé de composer les messages par champ. Ceci permet de rendre le programme d'application indépendant du type physique de Digitatron sur lequel est affiché l'image, que ce soit du point de vue méthode de positionnement des caractères sur l'écran, que du point de vue du format exact de l'image. » (Facilité de mise en forme des messages Digitatron (N76-039), 1976 (Les amis du Cena, Notes)).

⁴⁷¹ Introduction de PLN à partir du Digitatron secteur (N72-036), 1972 (Les amis du Cena, Notes).

⁴⁷² Manuel d'utilisation du Digitatron (R73-009), 1973 (Les amis du Cena, Rapports).

3. Une visualisation adaptée à l'interactivité

En 1974, de nouveaux travaux explorent les changements qu'apportent les procédures inédites permises par le Digitatron et les stratégies de prises d'informations des contrôleurs aidés par la visualisation synthétique. Claude Enard réalise notamment un relevé sur papier calque de positions d'appareils en tour de contrôle et note les différentes stratégies mises en place par les contrôleurs pour les solutionner⁴⁷³. Il montre que la dizaine d'interviews réalisées prouve l'importance des circulations d'informations à partir du nouveau Digitatron dans les cas non litigieux, mais que la voix, par téléphone ou de visu, reste le moyen privilégié pour communiquer entre contrôleur quand la situation est jugée difficile.

De même, des observations sont réalisées pour déterminer les différences de stratégie adoptée lorsque des conflits entre aéronefs se déroulent dans un secteur propre ou dans une zone inter-secteur. La dernière situation demanderait aux contrôleurs de discuter entre eux pour trouver une solution commune. L'étude est finalement abandonnée parce que la notion de « secteurs propres », c'est-à-dire de portions d'espace dans laquelle un contrôleur serait seul concerné par des avions sans qu'un ou plusieurs collègues n'interviennent, reste à redéfinir : il semble que le plus souvent qu'une telle zone n'existe pas⁴⁷⁴.

Ces expérimentations d'accompagnement du nouvel outil montrent son insertion rapide dans les usages et son utilisation massive pour les travaux de routine, mais une résistance importante des anciennes procédures en cas de difficulté.

⁴⁷³ BISSERET André, *Programme des études psychologiques et des études « système de contrôle »*. Bilan et projets (Rapport CO 7402 N14) (N74-005B), 1974 (Les amis du Cena, Notes).

⁴⁷⁴ Ibid.

C. Encadrement des pratiques et gestion de l'erreur humaine et technique

Mettant le contrôleur au contact direct du calculateur, le Digitatron fait courir le risque habituel à l'organisation globale du contrôle de subir un erreur humaine : une mauvaise désignation, une commande mal orthographiée ou une ligne mal comprise et c'est l'ensemble de l'interaction en cours qui ne peut aller à son terme ou pire, générer des informations erronées qui viendront entraver la bonne marche du secteur.

Pour réduire le risque d'erreur humaine dont on sait qu'il est corrélé à l'augmentation du nombre d'opérateurs utilisant un même dispositif et au volume d'informations consulté ou produit, les ingénieurs du Cena en collaboration avec les ergonomes ont conçu des gardes fous et amélioré progressivement la lisibilité du Digitatron.

1. Erreurs de composition

Sur le Digitatron, l'opérateur est d'abord empêché de dépasser quatre caractères pour renseigner le type d'avion et les lieux de départ et de destination. Si le contrôleur dépasse cette limitation, un message d'erreur apparaît : « faire fin ». De même, on ne peut entrer que cinq points de report au maximum. Si le contrôleur en a entré cinq, le système passe automatiquement aux champs suivants par une fonction de tabulation automatique. Si le contrôleur entre seulement quatre points ou moins, il lui faut alors « désigner deux fois la touche fin » pour indiquer au calculateur que la saisie des balises est terminée⁴⁷⁵. Ces procédures logicielles ont pour but de limiter les étourderies qui viendraient éventuellement se nicher dans les opérations de base de manipulation du dispositif.

Le système est également prévu pour alerter l'utilisateur de manière explicite de ses manipulations erronées. Dans l'intervalle trois⁴⁷⁶ de l'écran, le calculateur peut afficher des commentaires à destination de l'utilisateur ou des messages d'erreur dans

⁴⁷⁵ *Manuel d'utilisation du Digitatron (R73-009)*, 1973 (Les amis du Cena, Rapports)

⁴⁷⁶ Figure 18. Structure de l'écran d'un Digitatron.

l'intervalle deux. Des commentaires apparaissent également en cours de composition d'une fiche pour indiquer la marche à suivre :

– « Composer indicatif ».

– « Composer titre avion⁴⁷⁷ ».

Les programmeurs du Cena ont établi une typologie des erreurs que peut commettre le contrôleur et ont prévu les réponses qu'apporte l'ordinateur en conséquence. Le premier type est considéré comme le plus dangereux car le Digitatron acceptera les erreurs qui en relèvent. Ces erreurs sont par exemple les problèmes de désignation ou de frappe sur le clavier comme indiquer un type d'avions 727 pour un 747. Les hommes d'Alvarez sont démunis face à ce type d'erreur et ne peuvent les anticiper. De même, elles sont très difficilement discernables a posteriori quand les rapports d'incidents cherchent les causes d'un dysfonctionnement dont la cause semble être le facteur humain.

Le second type d'erreurs relève du défaut de manipulation, détectée et signalée par le Digitatron. Le système affiche alors dans l'intervalle deux un message d'erreur : « commande incorrecte », « erreur manipulation recommencer » ou « désignation sur ligne vide ». L'annulation de la frappe fautive est automatiquement effacée et le contrôleur doit recommencer.

Le troisième type d'erreurs est lié aux opérations de contrôle. Les messages d'erreur sont alors affichés par le système dans l'intervalle deux et le contrôleur n'a d'autre choix que d'utiliser la commande « ANN » avant de recommencer entièrement sa saisie. Ces erreurs sont par exemple un numéro erroné de plan de vol ou la saisie d'un numéro de plan de vol déjà activé⁴⁷⁸.

L'anticipation de l'erreur humaine est également implémentée au travers d'un système de vérification partielle des informations entrées auprès des opérateurs Cautra en

⁴⁷⁷ Ibid.

⁴⁷⁸ Ibid.

1971 qui indique par exemple un niveau de vol impossible dans un secteur donné⁴⁷⁹. Dans le cas d'une valeur composée qui serait considérée comme impossible du fait de la présence d'un plancher ou d'un plafond d'altitude, le système le fait savoir par un message affiché sur l'écran.

2. Erreurs de désignation et lisibilité

A partir de 1972, les premiers utilisateurs des Digitatrons et les observations menées pendant les tests permettent de faire remonter les critiques des aiguilleurs à l'égard des nouveaux matériels dans le cadre de cette collaboration entre ergonomes, ingénieurs et contrôleurs typique du projet Cautra. Les critiques et améliorations concernent essentiellement les problèmes de désignation et de lisibilité.

Désignation

Bien que réputé pour sa facilité de manipulation, le Digitatron implique que l'utilisateur se souvienne que c'est la croix qui représente le croisement des faisceaux des cellules photoélectriques et non le texte en lui-même qu'il faut désigner du doigt, ce qui peut alors créer des erreurs de pointage :

« Il est très facile de mettre le doigt à côté d'une croix... Ainsi que de désigner de croix d'un même mouvement. Le Digitatron exige une grande précision au cours des désignations, et peut demander au contrôleur de répéter son geste en cas d'ambiguïté⁴⁸⁰. »

En outre, la technologie employée pour la désignation et le repérage de celle-ci est parfois prise en défaut par le mauvais alignement des cellules. Aussi, il existe parfois un décalage entre le texte affiché sur l'écran cathodique et ce réseau de « croix » : un texte

⁴⁷⁹ *Description sommaire des principales fonctions du Cautra 3 (R76-006)*, 1976 (Les amis du Cena, Rapports)

⁴⁸⁰ *Manuel d'utilisation du Digitatron (R73-009)*, 1973 (Les amis du Cena, Rapports).

défini par l'intersection de deux faisceaux s'inscrit sur l'écran légèrement au-dessus, ou au-dessous, selon les cas, de la croix matérialisant l'intersection de ces deux faisceaux⁴⁸¹.

À la fin de l'année 1975, des essais sont entrepris pour obtenir l'envoi d'un message « désignation invalide » au contrôleur lorsque ce dernier désigne un objet incorrect sur l'écran tactile⁴⁸². Il est opérationnel au début de l'année suivante.

Cette opération a nécessité la modification des circuits du Digitatron et permet l'envoi du message après retrait du doigt de l'écran, alors que les utilisateurs semblaient plutôt favorables à l'envoi du message au moment du contact du doigt avec l'information erronée. Mais « la prise en compte de la désignation lors de la mise [au contact] du doigt [avec l'écran] nécessiterait une refonte très importante de la logique du Digitatron⁴⁸³ » et est finalement abandonnée.

Lisibilité des caractères et des champs

La discrimination entre les différents caractères affichés sur les Digitatrons Omera installés en 1972 pose parfois problème car certains sont proches par leur forme⁴⁸⁴. C'est un critère important d'utilisation comme le rappelle Dominique Alvarez :

« La capacité utilisable dépend beaucoup de l'aspect des caractères, si les formes de caractères les rendent aisément discernables les uns des autres, on peut admettre de resserrer plus les caractères. Sinon, il faut garder un espace assez grand pour qu'ils se détachent bien les uns des autres et qu'il n'y ait pas de phénomène de « Capture visuelle⁴⁸⁵. »

⁴⁸¹ Ibid.

⁴⁸² *Mise en œuvre des visus et Digitatrons TVT 570 (N76-013)*, 1976 (Les amis du Cena, Notes).

⁴⁸³ Ibid.

⁴⁸⁴ Figure 25. Caractères pouvant provoquer une confusion à la lecture.

⁴⁸⁵ *Spécifications techniques du CENA pour un nouveau Digitatron (N73-003)*, 1973 (Les amis du Cena, Notes).

La lisibilité des caractères est améliorée avec le remplacement des Digitatrons Omera par les TVT 570⁴⁸⁶ en 1976⁴⁸⁷ qui utilisent des jeux de caractères au sein desquels les différences entre caractères proches ont été réduites.

La lisibilité des champs qui composent un « message Digitatron » est également progressivement améliorée pour permettre une meilleure discrimination des catégories d'informations affichées. Les plaintes en provenance de « l'exploitation », c'est-à-dire des contrôleurs, sont nombreuses⁴⁸⁸ en la matière. Elles reprochent une trop grande proximité entre les informations affichées ce qui peut conduire parfois à des confusions :

« Bonne dans son principe mais on peut sans doute faire mieux par exemple en séparant mieux le secteur regroupant des secteurs regroupés. (Plus de blancs ou 1 symbole « barre » ou flèche gauche⁴⁸⁹). »

La lecture est fatigante du fait de la proximité des champs entre eux. Le problème est progressivement résolu par l'insertion de délimitations franches⁴⁹⁰ entre les champs puis par l'introduction de tabulations en 1976⁴⁹¹. Fonction relativement simple, elle n'est possible qu'avec les nouveaux TVT 570 qu'Alvarez et ses programmeurs découvrent progressivement au milieu de la décennie. Sur les Digitatrons Omera, il s'agit encore de simuler la tabulation par la génération du nombre d'espaces nécessaires⁴⁹².

Une IHM limitée

L'amélioration de la lisibilité, de la présentation des informations et l'implémentation des premières aides au contrôleur sont néanmoins limitées par le facteur technique, essentiellement la puissance du calculateur.

⁴⁸⁶ *Mise en place des Digitatrons TVT dans le système Cautra (N75-079)*, 1975 (Les amis du Cena, Notes).

⁴⁸⁷ *Compte-rendu d'essai Digitatron TVT 6500 (N76-069)*, 1976 (Les amis du Cena, Notes).

⁴⁸⁸ *Note division Cautra opérationnel du 09 juillet 1974 (N74-002)*, 1974 (Les amis du Cena, Notes)

⁴⁸⁹ Ibid.

⁴⁹⁰ Figure 29. Mise en place des tabulations entre champs dans l'affichage du Digitatron.

⁴⁹¹ *Facilité de mise en forme des messages Digitatron (N76-039)*, 1976 (Les amis du Cena, Notes).

⁴⁹² « Par génération automatique du nombre de caractères d'espacement nécessaires à un bon fonctionnement. Pour déterminer ce nombre, on utilisera la facilité du processus « SORTIE » de comptabiliser les caractères successifs ventilés dans le définitif. » (Ibid.)

Certaines fonctions demandées par les utilisateurs ne peuvent donc pas être mises en place. C'est le cas pour la « fonction flash » demandée par les aiguilleurs du Centre de contrôle régional du sud-est en 1976⁴⁹³.

Cette demande suggérait de faire « flasher », c'est-à-dire clignoter, les labels des différentes pistes utilisées par le contrôleur et désignées par lui. Cela devant permettre la mise en évidence sur le Digitatron des appareils en conflits. Après consultation des ergonomes, l'équipe de Dominique Alvarez oppose un refus à cette demande. D'abord parce qu'elle est jugée comme trop lourde à mettre en place :

« Néanmoins la lourdeur d'exploitation de la procédure proposée d'emploi du Digitatron (désignation FLASH + nombre d'avions + PLN ou COD + 4 désignations par appareil + FIN) et idem pour l'annulation du FLASH, la rend a priori inexploitable par trafic même moyennement dense⁴⁹⁴. »

Ensuite parce que l'utilisation du strip, éternel résistant à l'informatisation, permet aux contrôleurs de signifier sur leur tableau quels appareils sont en conflits :

« Les contrôleurs utilisent déjà actuellement des aides mémorisation lors d'un conflit
- soit en décalant les strips des appareils en conflit sur leur porte-strips le temps de la résolution du conflit.
- soit en inscrivant en gros caractères sur les strips concernés un « W » (pour « warning ») ou autre symbole bien visible⁴⁹⁵. »

Néanmoins, toutes les demandes ne sont pas refusées. Celles qui permettent l'amélioration de l'interaction et sont techniquement réalisables sont implémentées. C'est le cas par exemple pour le « défilement-clavier », fonction importante dans le cadre d'un écran tactile sur lequel, du fait de sa faible superficie, il n'est pas envisageable d'afficher

⁴⁹³ Centre de contrôle régional Sud-Est, *Fiche de demande SE/71/1 pour l'implémentation d'une fonction 'Flash' sur Digitatron*, 1976 (Inria Rocquencourt, Armoire 19).

⁴⁹⁴ *Avis sur la fonction Flash Digitatron (N76-051)*, 1976 (Les amis du Cena, Notes).

⁴⁹⁵ Ibid.

l'ensemble d'un clavier alphanumérique classique. En 1973, sur demandes des utilisateurs du centre de contrôle régional nord, est étudiée la possibilité que le texte affiché sur une ligne lorsqu'il dépasse la taille de celle-ci puisse continuer à s'afficher sur les lignes suivantes en effaçant temporairement ce qui y est inscrit pour libérer l'utilisateur de l'utilisation des flèches qui permettent dans la première version du logiciel Digitatron de le faire défiler⁴⁹⁶. Elle est reconnue comme utile et est immédiatement mise à l'étude. Moins de six mois plus tard, elle équipe tous les dispositifs.

Ces nombreuses procédures de protection du système face à l'erreur humaine peuvent donner lieu à une interprétation double. Dans un premier temps, il est évident que le Digitatron impose une logique rigoureuse d'utilisation qui contraint le contrôleur à respecter des procédures nouvelles qui sont constituées à la fois par des éléments hérités des pratiques de contrôle antérieures, mais également de tâches induites par la seule présence du nouveau dispositif (l'exemple du défilement du clavier pour composer des informations en étant un excellent exemple). Le consentement à l'utilisation est alors obtenue quand la somme des tâches induites ne dépasse pas celle des facilités d'utilisation que permet le nouveau dispositif. C'est le cas avec le Digitatron alors que cela n'avait pas été le cas avec les claviers testés en 1967-1968.

Dans un second temps, la mise en place de cette interactivité avec le calculateur est révélatrice de la confrontation entre la logique du concepteur, toujours résiduelle dans l'interface, avec celle de l'utilisateur. Quand l'anticipation des besoins de l'utilisateur n'est pas adéquate, le concepteur est confronté aux erreurs, incompréhensions ou aux difficultés ressenties par l'opérateur. La spécificité du Cautra est de faire reposer son développement sur une concertation constante entre concepteurs et utilisateurs, parfois par la médiation de l'ergonome, dans un même lieu et au même moment.

⁴⁹⁶ (*Spécifications techniques du CENA pour un nouveau Digitatron (N73-003)*, 1973 (Les amis du Cena, Notes)).

3. Etablir la confiance entre l'homme et la machine : le dysfonctionnement et ses conséquences

À ces négociations dans l'usage et à l'inadéquation des logiques il faut ajouter le risque du dysfonctionnement, du bug. Nous avons montré comment l'arrêt du Cautra du fait d'une erreur humaine avait condamné l'introduction des claviers en position de contrôle en donnant aux récalcitrants un argument de poids pour refuser le nouveau dispositif.

Il en va de même avec les Digitatron et les écrans radar renseignés. Aussi, Dominique Alvarez et son équipe sont particulièrement attentifs à fournir un logiciel irréprochable pour ne pas perdre la confiance des contrôleurs et contribuer à la mise en place de blocages.

Ils sont relativement nombreux au début des années 1970. En 1971, les étiquettes ont tendance à se chevaucher rendant certaines d'entre elles illisibles. Des valeurs aberrantes font également parfois leur apparition. Aussi, Jean-Claude Spérandio est mandaté pour réaliser une étude de fond sur le ressenti des aiguilleurs à propos de ces blocages, sur la fiabilité ressentie et non la fiabilité réelle, puisque certaines pannes passent inaperçues :

« Par fiabilité, on entendra ici « toutes sortes de panne ou incident (hardware ou software) ayant pour effet un dysfonctionnement ou une anomalie perceptible au niveau des positions de contrôle⁴⁹⁷ ».

Le bilan général qu'il dresse est rassurant. Globalement, les contrôleurs d'Orly sont satisfaits par leur outil, même si le changement de machine est perçu comme

⁴⁹⁷ SPERANDIO Jean-Claude, *Note de travail sur quelques interviews menées auprès des contrôleurs du Centre de Contrôle Régional Nord au sujet de la fiabilité du Cautra (N71-017)*, 1971 (Les amis du Cena, Notes)

générateur de pannes à répétition et crée un « un climat d'insécurité vis-à-vis de l'assistance⁴⁹⁸ » considérée comme moins bonne à la CII que précédemment chez IBM⁴⁹⁹.

Les utilisateurs ont également mis en place une typologie collective du type de panne à laquelle ils ont à faire, que Spérandio relève. Le premier type est celui de « La panne franche, déclarée, générale. » C'est une panne dans laquelle le recours aux procédures manuelles est non seulement possible mais indispensable. Dans ce cas, la charge de travail des contrôleurs est augmentée et l'écoulement du trafic diminué, mais l'organisation en toute connaissance de cause possible puisque la panne est visible.

« Les reprises du contrôle « assisté » après les pannes franchement déclarées peuvent poser des problèmes : certains strip sont activés correctement par le Cautra, tandis que d'autres n'ont pas été activés manuellement, ou l'ont été incomplètement⁵⁰⁰. »

Durant ce type de panne c'est l'absence de distribution des strips qui est perçue comme la gêne la plus grave par les contrôleurs puisque cela les empêche au moins partiellement de revenir au contrôle aux procédures dans de bonnes conditions.

Le second type est celui de « la panne partielle, mal signalée » dont l'exemple donné par les contrôleurs est celui dans lequel l'imprimante ne sort plus de strip. Très souvent le contrôleur n'est pas averti du dysfonctionnement et se trouve débordé lorsqu'il s'en rend compte avec un nombre variable d'appareils à gérer immédiatement. Un autre exemple donné par les contrôleurs est celui de la mise à jour que la machine accepte, mais sans générer aucun strip nouveau :

⁴⁹⁸ Ibid.

⁴⁹⁹ Pour des raisons de politique industrielle liée au Plan Calcul, le Cena est passé en 1969 d'un ordinateur IBM 7040 à un CII 10070 (GRISSET Pascal, *Informatique, politique industrielle, Europe, entre Plan Calcul et Unidata*, Institut d'histoire de l'industrie, Editions Rive droite, Paris, 1998, 588 p. et GRISSET Pascal & BELTRAN Alain, *Histoire d'un pionnier de l'informatique. 40 ans de recherches à l'Inria*, EDP Sciences, Paris, 2007, 287 p.).

⁵⁰⁰ SPERANDIO Jean-Claude, *Note de travail sur quelques interviews menées auprès des contrôleurs du Centre de Contrôle Régional Nord au sujet de la fiabilité du Cautra (N71-017)*, 1971 (Les amis du Cena, Notes).

« En général, les contrôleurs des secteurs concernés s'en rendent compte très tard. L'absence du strip renseigné entraîne alors une procédure mal définie de recherche du strip⁵⁰¹. »

Surviennent parfois des « anomalies éphémères » lorsque des mises à jours ne sont pas possibles à partir de certains claviers, mais pas à partir d'autres pour des raisons inexplicables.

Les images radar connaissent également très souvent ce type de dysfonctionnements :

« Concernant la poursuite radar, de nombreux contrôleurs ont déclaré d'une part, bien apprécier cette poursuite pour l'aide qu'elle apporte, et d'autre part s'en méfier actuellement en raison des « mauvais tours » qu'elle joue : étiquettes qui disparaissent ou s'inversent ; codes anormaux, étiquette fantôme. Par conséquent, le contrôleur opère sans cesse une corrélation entre les informations dont il dispose par les strip et celles fournies par la poursuite radar, induisant ainsi une charge de travail non négligeable⁵⁰². »

Enfin, le système génère des « anomalies persistantes », c'est-à-dire des routes ou des segments de route aberrants par rapport au point de départ et d'arrivée déclaré sur le strip ou encore des temps inter-balises aberrants eux aussi. Cela oblige le contrôleur à constamment vérifier l'information qui lui est fournie en accroissant encore une fois la charge de travail.

D'autres anomalies persistantes existent et relèvent des incidents matériels comme les lecteurs de cartes Cautra qui sont trop souvent en panne ou fonctionnent mal avec des arrêts irréguliers du tapis d'entraînement, de mauvais caractères qui sont parfois utilisés sur les strips à distribution centralisée : confusion entre les caractères « B » et « zéro »

⁵⁰¹ Ibid.

⁵⁰² Ibid.

pouvant entraîner des méprises⁵⁰³, des strips qui tombent par terre à la sortie de l'imprimante au lieu de s'arrêter dans le goulet prévu à cet effet⁵⁰⁴.

Spérandio conclut que

« L'assistance par Cautra n'est pas remise en question, au contraire, mais, incontestablement, une certaine méfiance s'est installée. Les critiques enregistrées portent essentiellement sur la non fiabilité du système actuel : panne générale d'une part, anomalies et dysfonctionnements, d'autre part, qui semblent persister. S'il fallait opter, un système peu audacieux, mais sûr, serait préféré un système prometteur, mais trop peu fiable⁵⁰⁵. »

Si les contrôleurs préfèrent la fiabilité à l'ambition, ils nous montrent également que le facteur humain n'est pas le seul à être placé sous surveillance de la machine pour éviter les erreurs : cette surveillance est réciproque car les utilisateurs redoutent aussi les erreurs de la machine et intègrent à leurs stratégies de travail la possibilité qu'une panne survienne : on s'étonne de ne pas avoir autant de strips que d'habitude à cette heure, on demande des confirmations, etc.

L'approche participative donne également lieu à des améliorations constantes comme le basculement automatique sur calculateur de secours en cas de panne des chaînes de visualisation principales comme cela est demandé par les contrôleurs du CCR Nord fin 1975 à l'issue des tests des nouveaux Digitatron TVT 570 :

« A la demande du CRNA NORD une fonction supplémentaire a été introduite dans les programmes de visualisation radar : il s'agit de l'initialisation automatique des visus radar sur les chaînes opérationnelles lors du basculement automatique d'un calculateur sur l'autre en cas de panne et provoquant un effacement de l'image en cours et l'affichage immédiat des nouvelles pistes fournies par le nouveau calculateur eh service. Ceci était

⁵⁰³ Dont la récurrence a poussé les ingénieurs à être, nous l'avons vu, particulièrement attentifs aux polices utilisées sur le Digitatron.

⁵⁰⁴ Ibid.

⁵⁰⁵ Ibid.

*nécessaire pour éviter la superposition d'image ancienne et nouvelle pendant 20 secondes, les numéros d'une même piste radar ne pouvant coïncider*⁵⁰⁶. »

L'organisation dans son ensemble s'adapte elle aussi à ce risque. C'est essentiellement pour pallier à ces défaillances que l'Enac poursuit l'enseignement du contrôle aux procédures qui, nous l'avons vu, est considéré comme dépassé par rapport au contrôle assisté par image radar synthétique, mais qui permet de continuer à travailler⁵⁰⁷ quand « l'ordinateur déraile⁵⁰⁸ ».

Cet état permanent de menace de défaillance de 1971 à 1975 peut être quantifié : Dominique Alvarez tient des comptes précis des temps d'arrêt du système du Centre de contrôle régional nord⁵⁰⁹. La fiabilité est en hausse : en 1972, le système a subi 304 incidents qui ont représenté 44h46 d'arrêt total du système, ce qui représente 0,68 % d'indisponibilité. En 1974, le système a subi 206 incidents qui ont représenté 14h59 d'arrêt total du système, ce qui représente 0,17 % d'indisponibilité totale⁵¹⁰. Ces améliorations sont liées à la mise en service début 1974 du nouveau superviseur d'entrées-sorties des périphériques standards, réalisé par la CII sur les spécifications du Cena, par le remplacement du système de disques DIAM par les unités MD25 et par la mise en œuvre du dump et de la reprise automatique dans la plupart des cas d'arrêt

⁵⁰⁶ *Mise en œuvre des visus et Digitatrons TVT 570 (N76-013)*, 1976 (Les amis du Cena, Notes)

⁵⁰⁷ « Je pense que les aspects de sécurité expliquent pourquoi on garde aussi longtemps les strips : si toutes les visus disparaissent, les gens font encore le boulot avec le papier. Aujourd'hui encore, un contrôleur est encore capable de gérer pendant un certain temps son trafic. » (THIERRY Benjamin, *Entretien avec Dominique Alvarez* (14 juin 2013)).

⁵⁰⁸ BISSERET André & GIRARD Yves, *Description des procédures de coordination en usage au Centre de contrôle régional Nord (R74-027)*, 1974 (Les amis du Cena, Rapports).

⁵⁰⁹ « En 1972, j'ai demandé que soit rédigé un rapport de bug quand le système se plantait, parce que même s'il y en avait très peu, il fallait pouvoir en tirer quelque chose pour améliorer le système. Cela nous a d'ailleurs posé un problème quand on a mis en place le Cautra III, on était pas préparé du tout à avoir des incidents et il se sont multipliés avec le matériel CII qui avait un problème : c'était un calculateur plus compliqué que les précédents [...]

Et comment ces « erreurs » sont reçues par les contrôleurs ?

Mal. Elles sont mal vécues... C'est pour cela qu'on va vivre une période de 1971 à la mise en place des MD25 (en 1974 ou 1975), surtout à partir de 1973 avec une augmentation importante du trafic, on vit une période très difficile... je vais être obligé de me battre pied à pied, pour dire « mais, non, y'a pas que le logiciel qui est mis en cause », mais plein d'autres éléments : la climatisation, la centrale électrique, la maintenance... » (THIERRY Benjamin, *Entretien avec Dominique Alvarez* (14 juin 2013)).

⁵¹⁰ ALVAREZ Dominique, *Le CENA. Son programme de travail et ses problèmes (R75-015)*, 1975 (Les amis du Cena, Rapports)

détectés ce qui a permis d'abaisser le temps d'arrêt total du système à environ 10 secondes⁵¹¹. Car l'effort porte moins sur la récurrence des pannes que sur la durée de celle-ci : l'important est de pouvoir assurer une continuité d'utilisation de l'outil d'aide à la navigation et de ne pas « laisser les contrôleurs devant une situation redevenue muette⁵¹². »

Avec l'entrée en scène du Digitatron, la dernière pièce du puzzle interactif est en place : le contrôleur voit et agit par le truchement du calculateur, il n'est plus spectateur d'une situation qu'on lui représente sur écran, il peut modifier les données et devient acteur de sa propre pratique informaticienne. La visualisation synthétique permet de voir, le Digitatron permet d'agir.

II. DES RECHERCHES MARGINALES ET MARGINALISEES

Indiscutables réussites techniques et ergonomiques, la visualisation synthétique et le Digitatron restent néanmoins des dispositifs confidentiels entre 1969 et 1972. Les travaux d'André Bisseret, de Jean-Claude Spérandio, d'Alain Michard et de Claude Enard le sont tout autant. Rattachés au Centre d'Etudes et de Recherches psychotechniques depuis 1960, ils y mènent une existence discrète pendant presque une décennie avant de rejoindre le tout jeune Institut de Recherche en Informatique et Automatique (Iria) où leur présence confine à l'invisibilité quand on ne la remet pas en question.

Ces vagabondages institutionnels sont révélateurs des relations parfois difficiles entre psychologues et techniciens, entre promoteurs du facteur humain et thuriféraires de la raison technique, mais parfois aussi entre ergonomes eux-mêmes. Le concept d'utilisateur tel qu'il émerge durant les années 1960 se meut progressivement en espace d'affrontement dans les années 1970 car il remet en cause les positions de pouvoir des

⁵¹¹ Ibid.

⁵¹² THIERRY Benjamin, *Entretien avec Jacques Villiers* (14 novembre 2011).

groupes traditionnellement seuls décisionnaires au moment de la conception ou de la réflexion sur la conception, chercheurs et ingénieurs informaticiens.

A. « Du maçon et de la secrétaire »

Quand André Bisseret est engagé pour travailler auprès des aiguilleurs du ciel, son rattachement administratif fait de lui un membre du Cerp, le Centre de Recherches et d'Études Psychotechnique fondé en 1947. Placé sous la tutelle du Ministère du travail et de la Sécurité Sociale⁵¹³, sous la direction de l'ANIFRMO⁵¹⁴ et de la Direction des Services de Sélection, son but principal est « l'étude des problèmes posés par le travail dans [la] société industrielle⁵¹⁵ », mais plus précisément la mise en place de tests professionnels et de formations à destination des salariés. Son secteur d'intervention de prédilection est l'industrie où il collabore avec les services de sélection du ministère du travail⁵¹⁶.

Depuis le début des années 1950, le rôle de centre de recherche du Cerp est régulièrement remis en cause pour tout ce qui semble s'éloigner un tant soit peu de la sélection⁵¹⁷ ou de la formation professionnelle. L'étude des corps au travail y domine encore toute considération psychologique⁵¹⁸ à l'image de la fameuse méthode Carrard⁵¹⁹,

⁵¹³ *Bulletin n°4 du CERP*, Octobre-décembre 1957 (Archives Inria Rocquencourt, Armoire 25).

⁵¹⁴ Association Nationale Interprofessionnelle pour la Formation Rationnelle de la Main d'œuvre, devient l'Agence de Formation pour Adultes en 1966.

⁵¹⁵ *Bulletin du CERP vol. VII n°2-3*, Avril-septembre 1959 (Archives Inria Rocquencourt, Armoire 25)

⁵¹⁶ Ibid.

⁵¹⁷ Son bulletin s'en fait l'écho dès 1951 : « *Lorsqu'est intervenue la réforme des Services de Sélection de l'ANIFRMO en mai 1951, il a pu paraître au personnel des centres de sélection que la part prise par le CERP dans la recherche pure allait être mise au second plan des préoccupations. Ce n'est pas le cas.* » (Avant-propos de Frédéric Simon in *Bulletin n°1 du CERP*, Janvier-juin 1952 (Archives Inria Rocquencourt, Armoire 25)).

⁵¹⁸ *Bulletin du CERP vol. VIII n°4*, 1959 (Archives Inria Rocquencourt, Armoire 25).

⁵¹⁹ La méthode Carrard est une méthode de formation qui commence à être utilisée à la fin des années 1940 : « Une seule méthode d'apprentissage se prétend nouvelle, complète et basée sur les lois psychologiques : la méthode Carrard. Elle a été largement appliquée et « ses promoteurs affirment qu'elle donne d'excellents résultats. Ses principes sont extrêmement simples et son application extrêmement générale : « La méthode pure a l'avantage d'être applicable partout où il s'agit d'initier une personne quelconque à une activité qui ne lui est pas familière », dit Spreng dans *La Formation Professionnelle des Apprentis*, où il développe les principes que Carrard expose lui-même dans la *Revue de l'Enseignement Technique* (n° 2, mai 1938). » « Quels sont ces principes ? 1° Ne pas laisser l'apprenti faire de faux mouvements pour qu'aucune mauvaise habitude ne soit prise — et pour cela ne pas enseigner deux choses nouvelles à la fois — décomposer le geste à apprendre en mouvements élémentaires ; 2° partir toujours du concret pour aller vers l'abstrait ; 3°

encore utilisée au début des années 1960. Aussi, les travaux d'André Bisseret y passent pour inutiles et, bien souvent, parfaitement incompréhensibles :

« En gros, leur discours c'était « vous travaillez sur des choses qui ne servent à rien pour l'AFPA », pour la formation professionnelle des adultes. Nous on fait du maçon et de la secrétaire et vous vous êtes en train d'étudier le contrôle aérien, vraiment... C'est fait en plus dans une perspective complètement théorique, dans une perspective complètement abstraite... enfin c'est de la recherche... Vous voyez ? En gros c'était ça, on ne servait à rien, c'est un peu la position classique et habituelle des administratifs, enfin des « administratifs » j'entends des responsables d'organismes comme ça vis à vis des chercheurs. Bon, on se défendait... gnagnagna... On arrivait à tasser ça un an de plus puis ça revenait à la faveur d'un changement de direction, de directeur de l'AFPA. »

À la fin de l'année 1968, les menaces sur l'équipe Bisseret se précisent et Dominique Alvarez alerte Jacques Villiers à ce propos. Ce dernier, qui ne souhaite pas perdre « son équipe d'ergonomes⁵²⁰ » dont les travaux commencent à porter leurs fruits, particulièrement au moment même de la mise en place de la visualisation synthétique, se met en quête d'un organisme acceptant de les accueillir.

B. Discrétion et marginalité à l'Iria

Pendant plusieurs semaines, André Bisseret et Jacques Villiers cherchent un organisme d'accueil pour la petite équipe de psychologues. Un temps, l'ergonome hésite entre l'Iria et l'Institut de Recherche des Transports (IRT). La perspective de pouvoir travailler sur d'autres sujets liés à l'informatique emporte la décision :

n'apporter du nouveau que lorsque les choses apprises précédemment auront été bien assimilées ; au début, donc, tenir compte plus de l'exactitude que de la rapidité ; 4° maintenir l'intérêt en éveil, en variant les exercices, en évitant la fatigue ; 5° maintenir un contact individuel permanent entre le moniteur et l'élève. » (ROCHE Marius, La méthode Carrard et la formation professionnelle des adolescents, in *Enfance*, Tome 1, n°3, 1948, p. 245-247.).

⁵²⁰ THIERRY Benjamin, *Entretien avec Jacques Villiers* (14 novembre 2011).

« Là, j'ai hésité. Il m'avait dit qu'il fallait trouver une autre structure d'accueil et j'ai hésité. Donc j'ai hésité entre l'Institut de Recherche des Transports et l'IRIA. L'IRT parce que c'était le contrôle aérien. En arrivant dans l'un de ces deux instituts on avait assez bon espoir en disant que l'on avait un contrat... J'ai choisi l'INRIA en me disant que c'était quand même une chance de faire des recherches à intérêt plus général. Il m'a semblé que partir à l'IRT c'était s'enfermer dans un domaine – les transports – alors qu'aller à l'INRIA c'était les ordinateurs, c'était pour tout. On travaillait sur le contrôle aérien mais ça peut être intéressant d'aller voir ailleurs ce qui pourrait se faire. Tandis que dans les transports, peut être que l'on aurait pu passer à la voiture, j'ai d'ailleurs fait quelques travaux là-dessus, mais c'était plus limité comme ouverture de domaine. Alors que l'informatique c'est ouvert à tous les domaines⁵²¹. »

C'est donc au sein du tout jeune Institut de Recherche en Informatique et Automatique, fondé deux ans plus tôt dans le cadre du Plan Calcul⁵²² que le directeur du Cena trouve une oreille attentive auprès de Michel Laudet, premier directeur de l'Iria :

« Et donc on va voir avec Villiers le directeur, qui s'appelait Laudet à l'époque, on a vu son secrétaire général qui s'appelait je ne sais plus trop quoi, un énarque, fin renard, agréable d'ailleurs, qui nous a dit carrément : « écoutez, vous arrivez avec un contrat, nous on démarre, l'Iria ça fait pas longtemps que c'est créé. C'est pas notre domaine, il voyait ce que l'on avait fait dans le cadre du trafic aérien, mais bon un contrat ça ne se refuse pas, y'a quand même des ordinateurs dans le coin, pas de problème, on vous prend, mais sur contrat⁵²³. »

Comme le relate André Bisseret avec son franc-parler habituel, c'est la perspective de la signature d'une convention annuelle lucrative qui décide Laudet et André Laguionie,

⁵²¹ Ibid.

⁵²² GRISET Pascal & BELTRAN Alain, *Histoire d'un pionnier de l'informatique. 40 ans de recherches à l'Inria*, EDP Sciences, Paris, 2007, 287 p.

⁵²³ THIERRY Benjamin, *Entretien avec André Bisseret* (12 novembre 2001)

secrétaire général de l'Iria. À cette date, l'institut, qui se débat encore avec de sérieuses difficultés financières, ne peut refuser la perspective de recevoir 250 000 francs pour rattacher pendant neuf mois renouvelables trois psychologues qui ne demandent ni bureau, ni matériel et ne comptent même pas mettre les pieds sur le campus de Rocquencourt⁵²⁴. Le 13 juin 1969, André Bisseret et son équipe deviennent officiellement chercheurs sur contrat de l'Iria.

Au sein de l'Iria, la démarche adoptée par les psychologues de la Navigation Aérienne surprend. Leur prétention à participer à la conception des systèmes, interprétée souvent comme une tentative de dire ce qu'il faut faire à ceux qui pensent déjà le savoir, est considérée comme parfaitement incongrue. Au début des années 1980, Dominique Scapin⁵²⁵ rappelle sous quels auspices le travail de l'équipe se place depuis l'origine et souligne combien à ses yeux d'ergonome, les limites d'un système informatique ne sont pas techniques, mais liées à l'utilisateur et à sa prise en compte dans le cadre de la conception :

« Les objectifs de l'ergonomie de l'informatique sont d'étudier objectivement le comportement du sujet humain, (de l'opérateur, de l'utilisateur) afin de contribuer à la conception de systèmes informatiques adaptés aux logiques de fonctionnement de leurs utilisateurs, à une communication satisfaisante entre l'homme et l'ordinateur, au même titre

⁵²⁴ «7. Convention 69.046 IRIA - Secrétariat Général à l'Aviation Civile

Objet : Etude du trafic aérien.

Durée : 9 mois (1969) se poursuit.

Montant annuel : 250 000 francs» (*Rapport d'activité de l'Iria pour 1968-1969*, 1969 (Inria Rocquencourt, Armoire 9)). Cette convention est passée dans le cadre d'une « action spécifique de recherche » définie par le décret n° 66-1070 du 30 décembre 1966. Ce décret prévoit qu'une « fraction des crédits du budget sera réservée chaque année à la réalisation de telles actions (Actions Spécifiques de Recherche). Ces dernières seront exécutées dans un cadre particulier et dérogatoire dont les règles seront fixées par le directeur de l'Institut et mises en œuvre avec l'approbation des Autorités de Tutelle. » Officieusement, la procédure est réservée à des domaines de recherches qui ne sont pas jugés primordiaux et donc menés par des chercheurs engagés un temps et placés extra-muros.

⁵²⁵ Dominique Scapin est né en 1954. Il rejoint le groupe de psychologie ergonomique de l'Iria à la fin des années 1970 après avoir obtenu un DESS d'ergonomie à l'université Paris V en 1978. Son doctorat d'ergonomie (soutenu en 1982) portera sur les dialogues homme-ordinateur (*Bulletin de la Self n°28 Décembre 1982*, 1982 (Archives de la Self, Boite 286J41)).

que l'on s'assure d'autres aspects de la performance des systèmes comme la pertinence des algorithmes de traitement⁵²⁶. »

Bien entendu, cette volonté de concilier recherches sur le facteur humain, sur les matériels et les logiciels se heurte à des habitudes acquises, particulièrement chez les informaticiens. Premièrement, la « technophilie », qui postule que seules les avancées technologiques peuvent résoudre les problèmes qui se posent au technicien. Ensuite, la « méthode du fauteuil » qui se résume par cette phrase souvent entendue chez les concepteurs de systèmes, « ce qui marche pour moi, marchera pour l'utilisateur » :

« Après tout, se dit le concepteur : ne suis-je pas aussi un utilisateur⁵²⁷ ? »

A ces deux tendances, s'ajoute chez certains chercheurs de l'institut un sentiment de supériorité marqué à l'égard des « psychos » qui, après tout, ne semblent pas faire quelque chose de bien sérieux, c'est-à-dire ne relevant pas de la science telle qu'ils se la représentent. Cette défiance à l'égard des sciences de l'homme s'exprime dès 1969 dans les discussions du Conseil Scientifique de l'institut qui se penche sur les possibles « assistances aux sciences humaines » que peut apporter l'informatique⁵²⁸ « aux psychologues, aux linguistes » sans jamais que Jean Donio, qui l'évoque alors, n'envisage la réciproque.

À partir de cette date, et pour un peu plus de deux ans, les ergonomes continuent leur travail auprès de Villiers sans remettre les pieds à Rocquencourt. Plus encore, alors que chaque année à partir de 1968, l'Iria publie un rapport d'activité servant à faire connaître ses recherches, pas un seul des deux numéros de 1969 et 1970 ne mentionne l'existence de Bisserset, Enard et Sperandio. Il faut attendre 1971 pour avoir, sur une seule page et très succinctement, un court résumé des actions menées auprès du contrôle

⁵²⁶ *Bulletin de liaison de la recherche en informatique et automatique n°85 spécial ergonomie*, 1983 (Inria Rocquencourt, Armoire 9).

⁵²⁷ Ibid.

⁵²⁸ *Compte rendu de la séance du 11 mars 1969 du conseil scientifique de l'Iria*, 1969 (Archives Inria Rocquencourt, Boite Conseil Scientifique 1967-1974).

aérien⁵²⁹. Le bulletin est publié après une réforme interne qui conduit à une nouvelle structure de la recherche sous la forme de projets pour mieux identifier les domaines abordés⁵³⁰. Lors des conseils des 12 janvier⁵³¹ et 10 mars 1971⁵³², le cas de l'ergonomie n'est pas abordé et semble avoir été arbitré directement par la direction (la même qui a signé la convention de 1969, renouvelée depuis), peu encline à devoir se justifier devant les chercheurs de l'institut sur la présence de psychologues au sein de l'Iria à un moment où tous les directeurs de projet font des pieds et des mains pour obtenir plus de chercheurs dans leurs équipes.

En 1971, André Bisseret est donc averti que son équipe devient un « projet », le « Projet F6 - Analyse du travail d'un opérateur dans un système homme-machine en temps réel ». Sur le fond, cela ne change rien à l'organisation du groupe. Equipe hors les murs, les ergonomes doivent néanmoins fournir un compte-rendu annuel des recherches menées pour qu'il figure dans le rapport d'activité⁵³³ :

« Quelqu'un a du dire « il faut quand même qu'ils apparaissent dans le rapport d'activité de l'Iria ». Et je sais qu'on m'a demandé de faire ce rapport d'activité. Ce que j'ai fait⁵³⁴. »

À cette occasion, ils sortent de l'invisibilité désirée dans laquelle la convention et les modalités de travail de 1969 les avaient placés, sans se départir pour autant de la volonté de continuer à cultiver indépendance et discrétion : l'expérience de

⁵²⁹ *Rapport d'activité de l'Iria pour 1971*, 1971 (Inria Rocquencourt, Armoire 9).

⁵³⁰ GRISET Pascal & BELTRAN Alain, *Histoire d'un pionnier de l'informatique. 40 ans de recherches à l'Inria*, EDP Sciences, Paris, 2007, 287 p.

⁵³¹ *Compte rendu de la séance du 12 janvier 1971 du conseil scientifique de l'Iria*, 1971 (Archives Inria Rocquencourt, Boite Conseil Scientifique 1967-1974).

⁵³² *Compte rendu de la séance du 10 mars 1971 du conseil scientifique de l'Iria*, 1971 (Archives Inria Rocquencourt, Boite Conseil Scientifique 1967-1974).

⁵³³ « Il apparaît utile d'enregistrer votre projet de recherche «Analyse du Travail de l'opérateur dans un système homme-machine en temps réel » dans la liste officielle des projets de l'Iria (...) si possible avant le 15 janvier » C'est le secrétaire scientifique de l'Institut, Alain Rodé, qui adresse cette demande au nom de Michel Laudet, directeur de l'Institut, dans le but d'obtenir pour le rapport d'activité « le point de votre projet de recherche après un an d'activité ainsi que les résultats obtenus » (RODÉ Alain, *Lettre du 10 janvier 1972 adressée à André Bisseret concernant son enregistrement comme projet officiel de l'Iria*, 1972 (Archives personnelles d'André Bisseret, Correspondances)).

⁵³⁴ THIERRY Benjamin, *Entretien avec André Bisseret* (12 novembre 2001).

l'incompréhension de l'ANIFRMO conduisant à son départ du Cerp et son éloignement disciplinaire aussi bien que géographique l'y poussent tout naturellement.

En mai 1971, André Bisseret est invité comme il se doit à représenter son projet au sein du Directoire⁵³⁵. La rencontre ne se passe pas au mieux pour l'ergonome qui se voit clairement signifier

« que l'Iria n'ayant pas besoin de psychologues pour ses recherches propres, le personnel (de l'équipe d'Orly ndr.) ne pourra pas être repris à l'Iria à la fin de la convention⁵³⁶. »

En février 1972, Henri Boucher, chef du projet « Interpréteur graphique », déclare devant le conseil que l'ergonomie ne s'apparente en rien, si ce n'est par les objets qu'elle étudie lorsque ces derniers sont des ordinateurs, aux travaux menés à l'Iria. À l'inverse de certains de ses collègues, il pense en revanche que la convention ne doit être dénoncée que sur proposition de la DGAC qui paie pour s'adjoindre les services des chercheurs sur contrat en ergonomie :

« 'L'Analyse du travail de l'opérateur dans un système homme machine en temps réel' est, précise M. Boucher, essentiellement un projet d'ergonomie, qui touche à l'informatique par la nature des outils mis en œuvre dans le contrôle aérien. La prolongation de ce projet, qui se déroule dans le cadre d'une convention de l'aviation civile, dépend uniquement des objectifs de cet organisme⁵³⁷. »

En 1972, alors qu'il semble à nouveau et à plus ou moins long terme, que l'existence de l'équipe d'ergonomie soit menacée, un changement de direction à l'Iria

⁵³⁵ Structure issue de la réforme de décembre 1970 qui fonde un Directoire dont la fonction est de « choisir les projets et leurs thèmes, répartir les hommes, contrôler les avancées de chacun et vérifier que leur accomplissement se fait dans les délais et les modalités prévues initialement » (*Décision n°277 du 4 décembre 1977 portant création du Directoire de l'Iria*, 1970 (Inria Rocquencourt, Boite 01 00 002)).

⁵³⁶ *Compte-rendu de la réunion du Directoire du 11 mai 1971*, 1971 (Archives personnelles d'André Bisseret, Correspondances).

⁵³⁷ *Compte rendu de la réunion du conseil scientifique de l'Iria du 25 février 1972*, 1972 (Archives Inria Rocquencourt, Boite Conseil Scientifique 1967-1974).

rebat les cartes et fait émerger un soutien inattendu en la personne du nouveau directeur de l'institut.

C. Par humanisme et par solidarité : les soutiens à l'ergonomie de l'informatique

1. L'humanisme technique d'André Danzin

En 1972, Michel Laudet, premier directeur de l'Iria, n'est pas reconduit dans ses fonctions⁵³⁸. Le 8 juin, lui succède André Danzin. Polytechnicien né en 1919, ce dernier a dirigé le Centre de Recherches Physico-Chimiques de CSF avant d'être nommé en 1964 directeur adjoint de l'entreprise, puis vice-président directeur général trois ans plus tard. De 1968 à 1972, il est vice-président directeur général de Thomson-CSF. L'homme a indiscutablement le profil du capitaine d'industrie des années d'après-guerre et ses qualités de manager, ainsi que sa participation au comité interministériel Structures de la Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique⁵³⁹, le désignent comme le candidat parfait pour prendre la tête de l'Iria en 1972 et tenter de réformer une structure dont les « difficultés de démarrage » durent depuis 1967.

Prenant ses fonctions au début de l'été, André Danzin commence par une réorganisation des équipes de recherches en menant une tournée d'inspection exhaustive des différents projets. Pendant les quatre premiers mois qu'il passe la tête de l'Iria, André Danzin fait en sorte qu'il n'y ait pas « deux crocodiles dans le même marigot » et se sépare de ceux dont l'ego ou les recherches ne lui conviennent pas :

⁵³⁸ Les raisons qui président au départ de Michel Laudet restent encore en partie obscures. En 1967, Laudet se serait vu confier la direction de l'institut pour la raison même qui explique ses difficultés à le diriger : il n'est pas informaticien. André Danzin explique ainsi que Robert Galley, alors Délégué à l'Informatique, aurait opté pour lui en raison des conflits entre informaticiens et physiciens pour la mainmise sur la nouvelle discipline. C'est l'arrivée de Maurice Allègre à la Délégation à l'informatique le 27 septembre 1968 qui ouvre une période de tension avec la direction de l'Iria et explique en partie le départ de Laudet au début de 1972 (THIERRY Benjamin, *Entretien avec André Danzin* (2001)).

⁵³⁹ Dans le cadre duquel il esquisse en 1965 un schéma d'organisation générale d'un institut de recherche en informatique qui annonce l'Iria (« J'ai été nommé au CCRST, vice-président sous Marcel Boiteux [...] On a regardé les différentes solutions proposées en particulier par la DGRST et voilà que j'ai retrouvé dans la corbeille du CCRST un projet d'institut qui était à l'image de ce que j'avais proposé. » (Ibid.).

« La qualité des personnes était excellente à condition de faire un tri [...] Il fallait prendre les gens qui avaient du tempérament mais pas trop et qui avaient aussi une bonne idée de l'association des efforts [...] Les quatre premiers mois, ça m'a permis de voir quels étaient les gens qui étaient orientés vers des études qui pourraient véritablement avoir des débouchés⁵⁴⁰. »

À l'issue de ces visites, tous les personnels de l'institut connaissent leur nouveau directeur à l'exception d'André Bisseret, de Claude Enard et de Jean-Claude Sperandio dont on a omis semble-t-il de mentionner l'existence auprès d'André Danzin... Selon André Bisseret, cette erreur est toujours due à l'idée que les autres chercheurs se faisaient encore de l'ergonomie de l'informatique naissante et que leur présence administrative au sein de l'Iria n'était que temporaire et uniquement justifiée par le montant de la convention passée avec la DGAC :

« Le secrétaire général qui s'appelait je ne sais plus comment, mais ça serait facile à retrouver, gérait notre contrat mais se disait, enfin dans sa représentation, il s'est excusé ensuite plusieurs fois auprès de moi par la suite, on avait visiblement rien à voir avec ce que faisait l'IRIA... À la limite il cachait plutôt notre existence⁵⁴¹. »

Il semblerait que c'est à l'occasion d'une discussion à l'extérieur qu'André Danzin apprend fortuitement que son institut héberge une équipe qu'il ne connaît pas :

« Puis un beau jour, mais je ne sais plus quand c'est, Danzin a entendu parler de nous à l'extérieur, on lui a parlé de nous, j'ai compris par la suite que c'était assez louangeur : « Bisseret, ceci-cela », ce qui ne lui a pas plu. « Bisseret celui qui fait des trucs sur le trafic aérien, super ». Il ne savait pas. Il rentre à l'Iria, et il dit ça à l'autre : « vous allez m'organiser une réunion avec l'équipe Bisseret, je vais aller voir ce qu'il

⁵⁴⁰ Ibid.

⁵⁴¹ THIERRY Benjamin, *Entretien avec André Bisseret* (12 novembre 2001).

*font et après, je déciderai. Ou ils partent, ou ils restent, mais je ne veux pas rester dans cette situation*⁵⁴². »

Au plus tard, André Danzin apprend d'existence de l'équipe d'Orly mi-mai 1973. En effet, dans le répertoire des lettres envoyées par la direction, celle qui est adressée à Laguionie et Montpetit⁵⁴³ pour organiser la visite à Orly et préciser l'itinéraire adopté est datée du 15 mai 1973. Elle est la première mention de l'ergonomie dans le fond de direction après 1972 et donc 9 mois après l'arrivée de Danzin comme directeur⁵⁴⁴.

La visite se passe pour le mieux⁵⁴⁵. Les ergonomes sont confirmés dans leur rôle de chercheurs de l'Inria de plein titre à la grande surprise de Jacques Villiers qui craignait que les conditions particulières de rattachement jouent contre lui et ses ergonomes⁵⁴⁶.

Il peut apparaître étrange qu'André Danzin, issu du sérail scientifique et technologique au même titre que les directeurs de projet qui dénoncent la présence de l'ergonomie à l'Iria, ait aussi rapidement adhéré aux présupposés et aux inclinations d'André Bisseret en matière d'adaptation de la machine à l'homme. Selon ce dernier, qui ne se départit jamais de son œil critique à l'égard de cette époque, André Danzin défend l'ergonomie d'un point de vue global, plus sensible semble-t-il au projet général qu'aux réalisations concrètes selon Bisseret dont on perçoit la méfiance du chercheur ballotté d'un institut à l'autre et qui reste sur ses gardes :

« Danzin, le personnage qu'il se donne... il est amateur de réflexions sur l'informatique, sur ce que ça donne pour la société, dans les

⁵⁴² Ibid.. André Danzin l'a confirmé à demi-mots lors de notre entretien : « Cela fait partie des choses dont on ne peut guère parler parce que, l'Iria...Et c'est une situation que j'ai trouvée à mon arrivée... alors c'est possible que Laguionie ait omis de m'en parler pendant un certain temps, peut-être parce qu'il avait été « complice » du coup... Mais il y avait des gens qui étaient affectés à l'Iria et que l'on repassait au Ministère de l'Industrie ou à la Délégation à l'Informatique... » (THIERRY Benjamin, *Entretien avec André Danzin* (2001)).

⁵⁴³ Directeur adjoint de l'Institut.

⁵⁴⁴ *Répertoire des lettres envoyées par André Danzin de juin 1972 au 27 septembre 1976. Lettres 5156 à 8699*, 1976 (Inria Rocquencourt, Boite 02 00 030).

⁵⁴⁵ « Donc on me téléphone, on le reçoit et on lui explique pendant toute une journée ce que l'on fait et il repart ravi et me dit « mais monsieur vous êtes à part entière dans nos projets, tout ça ... » et il engueule le secrétaire général qui s'excuse auprès de moi et me dit « vous restez. » (THIERRY Benjamin, *Entretien avec André Bisseret* (12 novembre 2001)).

⁵⁴⁶ THIERRY Benjamin, *Entretien avec Jacques Villiers* (14 novembre 2011).

salons quoi... C'est quand même un type qui vient du privé qui a dirigé une grosse section de je ne sais plus quelle entreprise et ces gens-là aiment bien regarder plus loin que le bout de leur nez. Donc il a des idées qui ne sont pas les miennes, du style « humaniste » disons, 'c'est bien de se soucier de l'humain'⁵⁴⁷... »

Plus prosaïquement, André Danzin explique quant à lui que l'équipe semble mener un travail d'importance, novateur et donnant à voir des réalisations qui ne sont pas minces, le système Cautra étant bien avancé en 1973, et que l'on peut espérer transférer à d'autres domaines :

« Cette équipe me paraissait valable. Je suis allé trois ou quatre fois à Orly voir Bisseret travailler sur son système, et me montrer ce qu'il faisait, et me convaincre qu'il y avait d'autres applications de la méthode, qui s'appliquerait à autre chose que la navigation aérienne [...] Je ne peux pas vous dire que je suis arrivé à l'Iria en me disant, parmi les vocations de l'Iria, 'n'oublie pas les hommes et n'oublie pas l'Ergonomie !' Mais il s'est trouvé qu'en cours de route j'ai trouvé que c'était une 'pierre précieuse'⁵⁴⁸. »

L'année 1972 représente donc à bien des égards un tournant dans l'histoire de la petite équipe réunie autour d'André Bisseret. La mise en place du Digitatron et l'arrivée d'André Danzin, persuadé qu'il est nécessaire de prendre en compte le facteur humain dans les applications de l'informatique, permettent à l'ergonomie de l'informatique de s'assurer d'une présence pérenne au sein d'un organisme d'accueil en pleine rénovation et de commencer à faire connaître ses réalisations hors des cercles de la seule navigation aérienne.

L'humanisme technique porté par les recherches en ergonomie qui tendent à replacer l'homme au centre du système technique rencontre l'humanisme technique du

⁵⁴⁷ THIERRY Benjamin, *Entretien avec André Bisseret* (12 novembre 2001).

⁵⁴⁸ THIERRY Benjamin, *Entretien avec André Danzin* (2001).

nouveau Directeur de l'Institut, dont les vues sur l'informatique dépassent les querelles intestines entre chefs de projet, persuadé que l'informatisation dans son sens le plus global ne peut se faire contre l'utilisateur, mais au contraire doit prendre en compte cette dimension souvent ignorée.

2. La « solidarité sainte de l'artisanat⁵⁴⁹ » au Cena

Au sein du Cena, c'est durant les années 1973 et 1974 qu'une période de turbulences autour du projet Cautra commencent à se faire sentir. La Direction Nationale de l'Aviation civile, qui encadre l'activité du Cena, questionne à partir du début de 1973 et à plusieurs reprises le bien fondé de la présence des ergonomes au sein du projet Cautra. Prétexte pour remettre en cause l'indépendance du Cena ou réel argument contre la présence de la psychologie ergonomique au sein des recherches, Dominique Alvarez est alors obligé de défendre l'étroite imbrication des enjeux techniques et humains pour justifier l'action d'André Bisseret en rappelant l'importance du facteur humain dans la mise en place du Cautra :

« Importance des relations hommes – machine.

Le système de contrôle existe, avec son organisation, ses hommes, ses méthodes de travail, ses outils, et ce système possède une certaine efficacité. Son évolution hors automatisation est certainement possible ainsi qu'on peut le constater en d'autres lieux. De cela il résulte que l'automatisation doit s'insérer en milieu vivant comme une greffe avec tous les risques de rejet que de telles opérations comportent. On ne peut faire table rase de ce qui existe et qui fonctionne.

Les difficultés à vaincre vont donc se présenter sur deux plans :

– Sur le plan technique traditionnel, pour concevoir et réaliser des matériels qui répondent aux besoins.

⁵⁴⁹ Référence de Jacques Villiers probablement à la chanson de Georges Brassens, *Stance à un cambrioleur* : « Respectueux du brave travailleur tu n'as Pas cru décent de me priver de ma guitare, Solidarité sainte de l'artisanat. » (BRASSENS Georges, *Poèmes et chansons*, Editions du Seuil, Paris, 1993, 403 p.).

– Sur le plan de la mise en œuvre pour que le comportement du contrôleur et les méthodes de travail évoluent conjointement avec les innovations qu’apporte l’automatisation, et que les avantages potentiels qu’elle procure puisse être progressivement utilisées à plein⁵⁵⁰. »

La critique principale et récurrente qui est adressée aux travaux des psychologues est notamment l’aspect évident de certaines recommandations. En mai 1974, Dominique Alvarez défend à nouveau bec et ongles ses collègues dans une note adressée au directeur de la navigation aérienne pour faire obstacle aux critiques qui s’accumulent :

« Comment juger de l'utilité des études ?

Il me paraît important d'abord de préciser qu'il s'agit de juger a priori de l'utilité d'une étude, et non pas a posteriori, une fois l'étude faite de dire qu'elle n'apporte rien, comportement assez fréquent et facile.

Il est en effet courant d'entendre dire « ceci est évident » - ou bien « j'aurais pu trouver cela plus vite » - ou bien « qu'il y a pas besoin de telle qualification pour faire telle étude »

Pour répondre à cette question, il ne faut pas donner une réponse globale, mais une réponse particularisée pour chaque classe d'études.

Il ne faut pas confondre non plus étude et réflexion personnelle sur un sujet déterminé⁵⁵¹ ».

Le nouveau directeur du Cena⁵⁵² rappelle en outre que les études sur la psychologie du contrôleur aérien demandent de vraies compétences et que non seulement il n’y a pas d’autres personnes qualifiées à l’époque pour les mener, mais que ces sujets ne relèvent pas du sens commun, au même titre qu’un technicien dans une spécialité ne peut pas remplacer un collègue spécialiste dans une autre :

⁵⁵⁰ *Relations entre le Cena et les centres d'exploitation dans le cadre de l'automatisation du contrôle (R73-005)*, 1973 (Les amis du Cena, Rapports).

⁵⁵¹ ALVAREZ Dominique, *Note pour le Directeur de la navigation Aérienne à propos de l'équipe Bisseret (N74-019B)*, 1974 (Les amis du Cena, Notes).

⁵⁵² Dominique Alvarez a succédé à Jacques Villiers en 1972.

« En conclusion de ce point, j'estime qu'on ne peut pas faire exécuter des études par le premier venu, comme on le pense un peu trop généralement. Alors qu'en effet il ne viendrait à l'idée de personne de faire dépanner un matériel par un agent non qualifié, qu'on reconnaît que les dispositions pédagogiques ne sont pas les mêmes chez tous les individus et que certains même très qualifiés sont inaptes en enseignement, j'estime qu'on peut de même être plus ou moins apte à faire des études [...] Il n'existe toujours pas et il n'est pas prévu qu'il existe de personnel « aviation civile » ayant un profil est une expérience adéquate pour mener à bien de telles études, on en est donc conduit à la forme de collaboration adoptée avec l'équipe de M. Bisseret⁵⁵³. »

En outre, Alvarez n'aura de cesse de rappeler que les études d'ergonomie sont la garantie d'une évolution cohérente de l'offre informatique destinée aux contrôleurs :

« Initialement créées pour permettre une meilleure insertion de l'aide automatisée, les études à caractères opérationnels et ergonomiques entreprises au Cena ont montré leur intérêt et deviennent maintenant une des méthodes sinon la seule permettant de faire évoluer le système de contrôle de manière cohérente⁵⁵⁴. »

Les critiques ne s'arrêtent pas avec cette mise au point. Au printemps 1975, la DNA fait peser la menace de non reconduction sur la convention passée avec l'Iria :

« Les incertitudes qui pèsent depuis mai 1975 sur le devenir de l'équipe Bisseret ne permettent pas de dire avec certitude si les études relatives à cette partie seront poursuivies⁵⁵⁵. »

⁵⁵³ Ibid.

⁵⁵⁴ *Etudes à caractères opérationnelles. Bilan 1978 – projet 1979 (N78-100)*, 1978 (Les amis du Cena, Notes).

⁵⁵⁵ ALVAREZ Dominique, *Le CENA. Son programme de travail et ses problèmes (R75-015)*, 1975 (Les amis du Cena, Rapports).

En effet, l'objectif de la DNA est d'alléger le coût que représente l'équipe d'ergonomie dont la convention est d'un montant de 500 000 francs en 1975⁵⁵⁶. Alvarez propose une solution de compromis :

« Étant donné qu'il semble ressortir des discussions que le problème est essentiellement d'origine administrative (financement de ce contrat de recherche) pourquoi ne pas faire prendre en compte ces études sur l'enveloppe recherche (500 000 Fr.), ce qui devrait être d'autant plus facile que l'IRIA ressent le besoin de développer ce type d'études dans d'autres domaines⁵⁵⁷. »

La DNA refuse ce qui conduit André Bisseret à demander son rattachement en tant que chercheur statutaire à l'Iria au début de 1976⁵⁵⁸. Cela conduit à un allègement des coûts pour la DNA et à l'obtention d'un poste réellement pérenne pour Bisseret qui devient chercheur sur « poste budgétaire », payé par Rocquencourt, et non plus « chercheur sur contrat » dont le renouvellement est suspendu tous les ans au renouvellement de la convention avec la DGAC.

3. Une marginalité l'autre

Les limites disciplinaires mises en scène à l'Iria pour refuser à l'ergonomie d'être considérée comme un élément parmi d'autres de la recherche en informatique qu'entend mener l'institut ne s'expriment pas de la même manière entre ergonomes et ingénieurs au Cena qui semble être un éden pour la coopération entre spécialistes du facteur humain et informaticiens. Plusieurs raisons expliquent cet état de faits.

La première est le caractère marginal du centre, « danseuse » de la navigation aérienne qui cherche farouchement à garder son indépendance face à la DNA, ce qui crée une connivence entre les deux équipes :

⁵⁵⁶ *Convention Iria-DGAC pour 1974-1975, 1975* (Archives Personnelles d'André Bisseret, Contrats et convention).

⁵⁵⁷ ALVAREZ Dominique, *Le CENA. Son programme de travail et ses problèmes (R75-015)*, 1975 (Les amis du Cena, Rapports).

⁵⁵⁸ *Contrat d'engagement d'André Bisseret sur poste budgétaire Iria au 1er janvier 1976, 1975* (Archives Personnelles d'André Bisseret, Contrats et convention).

« Ca nous a aidé à comprendre les ergonomes : nous sommes la danseuse la navigation aérienne et eux, ils sont la danseuse de l’Inria. J’ai toujours eu de très bonnes relations avec Bisseret et son équipe [...] Il a eu un très grand rôle dans la manière dont cela devait se passer dans les différents centres. J’ai également apprécié un certain nombre d’études qu’ils ont faites sur les coordinations, cela nous a beaucoup servi après pour défendre une certaine vision des choses que nous avons et qui n’était pas la manière de voir du SCTA⁵⁵⁹, qui lui, restait beaucoup plus procédural⁵⁶⁰. »

Le Cena est lui-même régulièrement mis en cause pour sa manière de fonctionner sans égard pour la hiérarchie, de manière bien trop autonome au goût de la direction ou des autres centres régionaux qui se sentent obligés d’adopter les innovations parisiennes, bien que Dominique Alvarez n’ait de cesse de se défendre sur ce dernier point en rappelant le rôle d’initiateur des nouvelles méthodes de contrôle qu’est le Cena :

« J’estime que ces critiques sont malvenues et qu’elles résultent essentiellement d’une méconnaissance des mécanismes réglant les relations entre le Cena et les organismes d’exploitation⁵⁶¹. »

Le Cena joue en effet le rôle de maître d’œuvre avant de confier aux autres centres de contrôle régionaux par le canal des subdivisions informatiques créées à cet effet, la maîtrise d’œuvre opérationnelle locale. Cela semble avoir posé des problèmes et peut-être même avoir froissé quelques susceptibilités :

« de ce fait et bien que le rôle du Cena n’ait jamais été confirmé ni infirmé officiellement, ce qui n’a pas été sans simplifier les problèmes [sic],

⁵⁵⁹ Service du Contrôle du Trafic Aérien, chargé de gérer les différents centres de contrôle et de répartir la charge de travail entre eux.

⁵⁶⁰ THIERRY Benjamin, *Entretien avec Dominique Alvarez* (14 juin 2013).

⁵⁶¹ *Relations entre le Cena et les centres d’exploitation dans le cadre de l’automatisation du contrôle (R73-005)*, 1973 (Les amis du Cena, Rapports).

le Cena a essayé de mettre en place les moyens qui lui semblaient les plus adéquates pour mener à bien cette mission⁵⁶². »

Toute la programmation est réalisée de manière centralisée, ce qui aux yeux de Dominique Alvarez représente un avantage de taille : celui de concentrer les responsabilités. L'autre objectif poursuivi est de minimiser les routines de maintenance sur les programmes, pour alléger le travail des centres régionaux de la navigation aérienne. Bien entendu, cela passe pour du centralisme ou même de l'autoritarisme⁵⁶³.

Une programmation que l'on considère parfois anarchique, mal documentée, notamment quand la DNA fait réaliser l'audit du système par ECA Système en 1974⁵⁶⁴. À l'inverse, le rapport rédigé par la SESA la même année est plus nuancé, voire élogieux sur certains points : notamment pour l'utilisation du concept de « système » employé dès le départ alors que cela n'est pas encore répandu, pour le caractère avancé des techniques employées en particulier dans le domaine de la programmation avec un langage de haut niveau⁵⁶⁵, la bonne architecture des programmes, etc.

Dans sa thèse de doctorat sur l'histoire des réseaux de données en France⁵⁶⁶, Valérie Schafer expliquait les incompréhensions et les conflits entre informaticiens de l'Iria et télécommunicants par l'opposition culturelle des deux milieux autour de visions très dissemblables de la manière de faire communiquer des ordinateurs entre eux, de tarifier ces communications et d'assurer la qualité du service. L'appartenance à une communauté technique, avec ses héritages, ses représentations, la volonté de sauvegarder la place que l'on croit être la sienne apparaît souvent aux yeux de nos contemporains comme de bien basses considérations de la part de ceux que l'on croit sauvés par de hautes vues scientifiques. C'est faux et dans le cas spécifique du rejet de l'ergonomie de

⁵⁶² Ibid.

⁵⁶³ Ibid.

⁵⁶⁴ *Remarques concernant le rapport ECA-Automation sur le Cautra (N74-046B)*, 1974 (Les amis du Cena, Notes)

⁵⁶⁵ Le langage Astre, issu des travaux d'Alvarez.

⁵⁶⁶ SCHAFFER Valérie, *La France en réseaux (tome 1) La rencontre des télécommunications et de l'informatique (1960-1980)*, Nuvis, Paris, 2012, 384 p.

l'informatique par ceux que nous décrivons comme les « informaticiens orthodoxes », il en va de même.

Alors qu'Alvarez loue régulièrement les réalisations de l'équipe d'André Bisseret, qu'il utilise ses conclusions et adapte son système Cautra en conséquence, les membres du Directoire puis du Conseil Scientifique de l'Iria dénoncent la présence de psychologues sur leur campus. Il ne s'agit pas de controverse dans le sens scientifique que l'on donne habituellement au terme, mais d'une opposition idéologique qui repose sur la volonté de ne pas laisser pénétrer dans la sphère de pouvoir du concepteur technique un autre groupe ayant des velléités de dire « ce qu'il faut faire⁵⁶⁷ ». Que l'ergonomie se cantonne aux interventions a posteriori, « empêche les grèves » comme le dit André Bisseret, et sa présence ne fera plus débat. Mais qu'elle s'inscrive dès la phase exploratoire et durant l'étape de conception d'un dispositif et le scandale arrive. Quiniou et Font ne disaient pas autre chose dès 1970 à propos de l'isolationnisme forcené du monde de l'informatique à l'égard de ses utilisateurs :

« Tout se conjugue pour tenir le public à l'écart de l'information sur l'informatique... Y compris les informaticiens qui volontairement ou involontairement empêche son intégration à la société globale parce que c'est leur chose, qu'ils ont des intérêts spécifiques qu'ils confondent avec l'intérêt général alors qu'ils y sont fondamentalement opposés⁵⁶⁸. »

Dans cette perspective, nous pourrions être légitimement surpris par les réactions du Cena, plus accueillant à l'égard de cette science de l'homme au travail en train de se structurer et de faire ses premiers pas que l'Iria. La défense de l'équipe d'ergonomie par Dominique Alvarez et le travail en bonne intelligence avec les ingénieurs de l'équipe s'expliquent par deux facteurs principaux. Le premier, nous l'avons abondamment souligné, est la marginalité du Centre face à sa hiérarchie et la connivence que cela crée entre ses membres. Cette marginalité est également le signe de la grande détermination

⁵⁶⁷ THIERRY Benjamin, *Entretien avec André Bisseret* (12 novembre 2001)

⁵⁶⁸ QUINIOU Jean-Claude & FONT Jean-Marc, *Les ordinateurs, mythes et réalités*, Gallimard, Paris, 1970, 190 p.

pour la mise en place du système Cautra, « le bébé de Villiers et d'Alvarez⁵⁶⁹ », pour lequel tous les efforts sont permis, y compris le recours à une science aussi nouvelle que l'ergonomie pour peu que cela serve à l'avancement du projet.

Deuxièmement, le Cena a, dès ses débuts, un mode de fonctionnement ouvert et participatif où la sphère des décisions sur l'innovation est partagée. Les futurs utilisateurs du système jouent un rôle non négligeable dans le cadre de l'approche « centrée sur l'utilisateur », mais plus encore, deviennent parfois membres du Cena à part entière, à l'image d'une Claude Enard, ancienne contrôleuse qui participe à l'élaboration du système dès 1969⁵⁷⁰.

III. LE FILET DE SAUVEGARDE

A. La coordination inter-secteur interactive

Après l'expérimentation avortée de 1967 pour mettre en place de nouvelles procédures de coordination inter-secteur par l'adjonction de claviers en position de contrôle, le Digitatron est l'occasion de tenter de solutionner à nouveau ce qui reste le principal goulet d'étranglement responsable du ralentissement de la circulation des flux entre les différents secteurs composant un centre de contrôle.

L'objectif poursuivi est toujours de limiter les communications directes⁵⁷¹ entre contrôleurs des différents secteurs adjacents, donc de faire fonctionner la coordination de manière asynchrone :

⁵⁶⁹ THIERRY Benjamin, *Entretien avec André Bissere* (12 novembre 2001).

⁵⁷⁰ BISSERET André & ENARD Claude, Le problème de la structuration de l'apprentissage un travail complexe : une méthode de formation par interaction constante des unités programmées (MICUP), in *Bulletin de psychologie*, n°284, 1969, p. 632-648.

⁵⁷¹ « La fonction de coordination, induite par le découpage de l'espace aérien en secteurs, peut être définie comme un processus de communication par lequel les contrôleurs se transmettent la charge d'un avion et assure la continuité de la sécurité de l'avion au moment du passage entre deux secteurs. » (BISSERET André & GIRARD Yves, *Description des procédures de coordination en usage au Centre de contrôle régional Nord (R74-027)*, 1974 (Les amis du Cena, Rapports)).

« *Le processus de coordination par Digitatron marque un net progrès par rapport aux procédures de coordination directe (voix ou téléphone) puisqu'en permettant à deux interlocuteurs d'agir pratiquement indépendamment l'un de l'autre, il supprime l'aspect perturbateur dû à la nécessité de synchronisme*⁵⁷². »

L'ensemble des mesures proposées se fonde sur une série d'entretiens et d'observation menée par André Bisseret en 1974. Synthétisées dans un rapport rédigé avec Yves Girard⁵⁷³, les mesures préconisées pour la rénovation de la coordination inter-secteurs sont directement issues des demandes du personnel du Centre de contrôle régional Nord. Elles font suite à une série d'études menées à partir de 1973 par l'ensemble de l'équipe des ergonomes sur demande du Cena⁵⁷⁴. L'idée principale qui s'en dégage est qu'il est nécessaire d'adopter une acceptation tacite des mouvements aériens entre deux secteurs pour limiter les communications de vive voix ou par téléphone entre les contrôleurs et que l'utilisation du Digitatron est susceptible de faciliter ce mode de fonctionnement. Comme le souligne André Bisseret, ce retour en grâce de la coordination inter-secteur est une revanche du schéma d'organisation proposée par Dominique Alvarez en 1967 et finalement refusé par les contrôleurs⁵⁷⁵. Il est également impossible de ne pas introduire ces procédures dans la perspective future de l'interconnexion automatique du contrôle aérien français à l'échelle nationale envisagée en 1975 comme imminente⁵⁷⁶ puisqu'elle reposera en partie sur ces présupposés d'acceptation tacite.

Enfin, la facilité d'utilisation du Digitatron n'est pas pour rien dans cette seconde naissance de la coordination automatique :

⁵⁷² *Amélioration de la capacité du secteur de contrôle en route (R73-002)*, 1973 (Les amis du Cena, Rapports).

⁵⁷³ BISSERET André & GIRARD Yves, *Description des procédures de coordination en usage au Centre de contrôle régional Nord (R74-027)*, 1974 (Les amis du Cena, Rapports).

⁵⁷⁴ BISSERET André, *Le préavis et la charge de travail instantanée du système de contrôle*, 1973 (Inria Rocquencourt, Armoire 25) et MICHARD Alain, *Mesure du délais de préavis des coordinations*, 1974 (Inria Rocquencourt, Armoire 25).

⁵⁷⁵ BISSERET André, *Vers des coordinations via calculateurs ? (R75-003)*, 1975 (Les amis du Cena, Rapports).

⁵⁷⁶ « Mais également à bref délai une évolution très intéressante par la connexion de centres « automatisés ». Il est nécessaire qu'un centre soit déjà muni de procédures de coordinations avec calculateur si l'on veut que sa connexion avec un autre centre vienne s'articuler harmonieusement. » (Ibid.)

« Le Digitatron permet des émissions de messages plus simples que ne le permettait le clavier : désignation globale de parties de message au lieu d'entrée caractère par caractère ; ordre imposé pour les désignations, etc⁵⁷⁷. »

La coordination inter-secteurs est mise en place progressivement de 1974 à 1978 dans les différents centres de contrôles régionaux. Elle repose sur le principe suivant : lorsqu'un vol doit sortir d'un secteur de contrôle pour entrer dans un autre, il est automatiquement proposé au secteur dit « recevant » trente minutes avant le moment de son entrée effective⁵⁷⁸.

Si le contrôleur qui reçoit le vol n'a pas de modification à proposer au plan de vol, la transaction est considérée par le calculateur comme acceptée et un strip automatiquement imprimé auprès du secteur recevant.

« Les principes de la coordination assistée par calculateur :

Le principe général est de prévenir le contrôleur un certain temps avant qu'un vol sorte du secteur, que ce vol est à transférer et en conséquence qu'une action de coordination doit avoir lieu avec le secteur suivant.

Mais pour éviter d'imposer au contrôleur des actions manuelles superflues ou trop lourdes :

- La coordination sera automatique toutes les fois que cela sera possible.*
- lors d'un non accord du secteur recevant, le dialogue entre les deux secteurs aura lieu par téléphone et non par l'intermédiaire du calculateur⁵⁷⁹. »*

⁵⁷⁷ Ibid.

⁵⁷⁸ « Une coordination est une opération de dialogue entre deux contrôleurs pour préparer le transfert de contrôle d'un vol qui change de secteur. Elle s'effectue donc entre deux secteurs :

- Un secteur DONNEUR

- Un secteur RECEVANT » (*Proposition pour un processus de coordination inter-secteurs assistées par calculateur (N76-032)*, 1976 (Les amis du Cena, Notes) ; EUROCONTROL, *Flight plan processing in the Cautra System (R74-023)*, 1974 (Les amis du Cena, Rapports)).

⁵⁷⁹ *Proposition pour un processus de coordination inter-secteurs assistées par calculateur (N76-032)*, 1976 (Les amis du Cena, Notes).

Dans le cas d'une demande de modification, les contrôleurs peuvent toujours se joindre par téléphone, se mettre d'accord sur de nouvelles conditions d'entrée et valider la procédure grâce au Digitatron ce qui permet l'impression d'un nouveau strip⁵⁸⁰.

Étant donné que plus des deux tiers des transferts sont acceptés et que l'acceptation implicite a toujours été la règle dans le cadre du contrôle aux procédures⁵⁸¹, il n'y a pas de raison de mettre en place une fonction supplémentaire dans la procédure de transfert aux yeux d'Alvarez⁵⁸² :

« L'accusé de réception d'un strip n'entre pas dans la logique du travail du contrôleur : c'est pour lui une exigence externe à son objectif essentiel. En d'autres termes, lorsqu'un contrôleur reçoit un strip entre ses mains sa première réaction est de contrôler, c'est-à-dire d'opérer au moins une première analyse pour l'intégration de ce vol dans son trafic : là encore, en période de charge de travail importante ou si le strip reçu pose justement un problème dont il faut se préoccuper dès maintenant, ou encore s'il entraîne une négociation téléphonique, etc... Il y a risque non négligeable pour que le contrôleur oublie de signaler qu'il a bien reçu le strip⁵⁸³. »

Ce passage à une coordination « assistée par ordinateur » plus poussée n'est néanmoins pas sans risque du point de vue de l'alourdissement de la tâche du contrôleur, s'agissant « essentiellement de messages à désigner et de surveillance d'écran de Digitatron⁵⁸⁴ » à mener. Dans le cas du contrôleur « donnant », une tâche nouvelle de surveillance de l'écran du Digitatron est créée par la nécessité de vérifier que les informations liées aux vols transférés s'effacent en signifiant ainsi que le contrôleur

⁵⁸⁰ EUROCONTROL, *Flight plan processing in the Cautra System (R74-023)*, 1974 (Les amis du Cena, Rapports)

⁵⁸¹ « Jadis en manuel, les contrôleurs ont toujours opéré ainsi. » (BISSERET André, *Vers des coordinations via calculateurs ? (R75-003)*, 1975 (Les amis du Cena, Rapports)).

⁵⁸² *Proposition pour un processus de coordination inter-secteurs assistés par calculateur (N76-032)*, 1976 (Les amis du Cena, Notes).

⁵⁸³ BISSERET André, *Vers des coordinations via calculateurs ? (R75-003)*, 1975 (Les amis du Cena, Rapports).

⁵⁸⁴ Ibid.

recevant a bien reçu les données. L'objectif est néanmoins de ne pas multiplier les étapes entre les contrôleurs pour limiter l'accroissement des tâches induites. Comme le rappelle Dominique Alvarez,

« le SCTA voulait que lors d'une coordination on fasse une proposition au secteur qui allait recevoir et que, systématiquement, il réponde... Alors qu'en faite, les études montraient que cela ne servait à rien qu'il réponde, puisque dans 85% des cas, il acceptait. Il suffisait de lui laisser un laps de temps pour prendre conscience de ce qui lui arrivait et il répondait ou pas⁵⁸⁵. »

Le SCTA, Service du Contrôle du Trafic Aérien, est chargé depuis 1975⁵⁸⁶ de fédérer et d'organiser les relations entre les différents centres de contrôle régionaux et défend une vision « procédurale » des relations entre contrôleurs qui ne prend pas en ligne de compte les implications concrètes de ce type d'interactions. Les ergonomes s'opposent à ce fonctionnement sur la ligne défendue par Alvarez et obtiennent gain de cause car les contrôleurs font également remonter leur volonté de ne pas multiplier les étapes de coordination en arguant que cela réduirait l'intérêt de l'automatisation⁵⁸⁷.

De la même manière que la mise en place d'une interface graphique permettant l'enrichissement de l'image radar était intimement liée aux capacités techniques du système à fournir des données fiables et précises, la coordination automatique repose elle aussi sur la confiance à l'égard des capacités du système Cautra à ne pas « avaler » les strips et ainsi, à ne pas faire disparaître des vols.

B. La genèse du filet de sauvegarde

La volonté de doter le système Cautra d'un système anticollision dont les principales fonctions seraient assumées par le calculateur date du début des années 1970.

⁵⁸⁵ THIERRY Benjamin, *Entretien avec Dominique Alvarez* (14 juin 2013).

⁵⁸⁶ Mission mémoire de l'aviation civile, *Du Morse à la souris. 60 ans de contrôle en-route*, Paris, 2007, 62 p.

⁵⁸⁷ *Proposition pour un processus de coordination inter-secteurs assistées par calculateur (N76-032)*, 1976 (Les amis du Cena, Notes).

Dès 1972, plusieurs études sont menées sur ce thème et poursuivies par Henri Baudry autour des algorithmes de détection notamment⁵⁸⁸.

Au milieu des années 1970, la stabilisation du régime d'interactivité permet d'envisager l'introduction sereine de nouvelles fonctions au Cautra, la visualisation et l'interactivité ont atteint une certaine maturité de fonctionnement régulièrement éprouvée et améliorée. Aussi, aux côtés de la coordination inter-secteur, la réflexion se porte sur l'automatisation du repérage des appareils en conflit et le modèle américain permet d'espérer introduire en France un système d'anticollision de sauvegarde similaire. L'anticollision de sauvegarde est un système qui prévient un conflit imminent que le contrôleur n'aurait pas détecté ou résolu. Il se doit donc d'alerter suffisamment tôt pour permettre une résolution efficace du conflit et suffisamment tard pour ne pas intervenir dans les processus normaux de détection et de résolution de conflits utilisés par le contrôleur⁵⁸⁹.

1. Des ambitions portées par l'exemple américain

Dès l'origine, le projet de mise en place du filet de sauvegarde s'inscrit dans la perspective de la fourniture d'un système complet de contrôle à court terme de la circulation aérienne dans lequel le contrôleur pourrait se contenter d'attendre l'alarme pour prendre une décision, voire un système dans lequel ce serait le calculateur qui opère le repérage des conflits⁵⁹⁰. Le réalisme du Cena sur les développements techniques et la puissance de calcul nécessaire ne rendent pas le projet envisageable.

C'est en 1975, qu'Eurocontrol⁵⁹¹ commence à s'investir pleinement aux côtés du Cena dans la mise en place de l'anticollision étudiée depuis 1972, mais non développée

⁵⁸⁸ BAUDRY Henri, *Prévisions à court terme (N73-009)*, 1973 (Les amis du Cena, Notes)

⁵⁸⁹ *Thème d'étude anticollision de sauvegarde (N76-115)*, 1976 (Les amis du Cena, Notes).

⁵⁹⁰ « Passage de la notion de filet de sauvegarde à celle du système de contrôle à court terme la circulation aérienne (le contrôleur peut attendre l'alarme pour prendre une action). » (Ibid.).

⁵⁹¹ Eurocontrol (Organisation européenne pour la sécurité de la navigation aérienne) est une organisation intergouvernementale européenne, fondée en 1963, dont le siège est situé à Bruxelles. Sa mission est d'harmoniser et d'unifier la gestion de la navigation aérienne en Europe dans des conditions de sécurité maximale (*International convention relating to co-operation for the safety of air navigation (EUROCONTROL) : with annexes and protocol of signature, Brussels, (13th December, 1960)*, Stationery Office, Dublin, 1965, 55 p. ;

pour des questions de manque de personnel⁵⁹² et de difficultés techniques. Cet investissement se traduit par la mise en place de la série de simulations C21 qui conduit à la validation du concept d'anticollision de sauvegarde⁵⁹³ et à l'amélioration des algorithmes mis progressivement en place au sein du Cena⁵⁹⁴.

Le Système NAS et l'influence américaine

En parallèle, c'est à partir de 1974-1975, que la Direction générale de l'aviation civile commence à montrer un fort intérêt pour le système de détection automatique des conflits utilisé par les Américains qui le promeuvent auprès de leurs partenaires⁵⁹⁵ européens. À la différence des technologies militaires, les États-Unis sont tout à fait disposés à partager leurs connaissances sur les dispositifs civils⁵⁹⁶. La documentation technique est rassemblée et étudiée⁵⁹⁷ au Cena. Calvet, ingénieur au Cena, réalise à la fin de l'année un long voyage d'études à Washington puis à Montréal et rédige à son retour un rapport circonstancié sur l'utilisation du système NAS⁵⁹⁸. L'année suivante, c'est Printemps qui se rend à son tour outre-Atlantique⁵⁹⁹ et qui assiste aux premiers mois d'utilisation du « *Conflict Alert System* » mis en service opérationnel à l'automne 1975 dans tous les centres de contrôle américains. Il est suivi en octobre 1976 par Valin et Nobel qui visitent le Nafec⁶⁰⁰ et se penchent en particulier sur le système de visualisation du NAS Conflict Alert System⁶⁰¹.

⁵⁹² Eurocontrol, *Thème d'étude : anti-collision de sauvegarde (N75-115)*, 1975 (Les amis du Cena, Notes).

⁵⁹³ BAUDRY Henri, *Prévisions à court terme (N73-009)*, 1973 (Les amis du Cena, Notes)

⁵⁹⁴ Eurocontrol, *Thème d'étude : anti-collision de sauvegarde (N75-115)*, 1975 (Les amis du Cena, Notes)

⁵⁹⁵ *The complexity construct in air traffic control : a review and synthesis of the literature (Rapport de la FAA)*, Federal Air Administration, Washington DC, 1995, 12 p.

⁵⁹⁶ Qui nécessitent des ordinateurs américains pour fonctionner si l'on met de côté l'exemple français.

⁵⁹⁷ Federal Aviation Agency, *Test and evaluation of the conflict alert function with the NAS en route A3 system*, 1975 (Inria Rocquencourt, Armoire 25).

⁵⁹⁸ *Rapport sur le système d'assistance au contrôle du centre de Leeseburg (centre de contrôle en route de Washington) (R76-003)*, 1976 (Les amis du Cena, Rapports).

⁵⁹⁹ *Les programmes anti-collision en cours aux Etats-Unis. Compte-rendu de mission d'étude (R76-022)*, 1976 (Les amis du Cena, Rapports).

⁶⁰⁰ *National Aviation Facilities Experimental Center*, équivalent du Cena, il est situé sur l'aérodrome d'Atlantic City dans le New Jersey dans les locaux de l'ancienne base aéronavale. Le Nafec a été créé en 1958 par l'Airways Modernization Board, ancêtre de la FAA.

⁶⁰¹ *Rapport de mission. Quelques aspects du système de contrôle aux Etats-Unis d'Amérique (R76-023)*, 1976 (Les amis du Cena, Rapports).

LA MISE EN PLACE DU SYSTEME NAS ET DU CAS

Outre-Atlantique, à l'origine du NAS se trouve la Mitre Corporation⁶⁰² qui conduit des études sur la détection automatique des conflits entre avions de 1971 à 1975. Comme pour la France, l'objectif principal est d'améliorer la gestion des flux dans le ciel américain parcouru annuellement par 160 000 appareils, 202 millions de passagers et 42 000 pilotes de ligne autour de 414 aéroports pourvus d'une tour de contrôle⁶⁰³.

Au milieu des années 1970, le système de contrôle américain fonctionne de manière assez similaire à son homologue français :

« Dans une certaine mesure, la France avec ses trois centres automatisés et interconnectés, est le seul pays actuellement qu'il se trouve confronté à une situation semblable⁶⁰⁴. »

Le contrôleur aérien dispose d'une visualisation synthétique et des données du plan de vol sous la forme de strips⁶⁰⁵. Chaque centre est doté de quatre ordinateurs IBM 360 qui assurent les traitements des plans de vol, de la poursuite et de la visualisation.

Les premiers travaux sur les algorithmes sont menés sur des enregistrements radar. Ils montrent également dès l'origine que le facteur principal d'insertion du dispositif auprès des contrôleurs est le temps de préavis, c'est-à-dire l'intervalle théorique entre l'instant de l'alerte donnée aux contrôleurs et celui où les normes de séparation radar sont violées⁶⁰⁶.

Sur ces bases, un premier modèle de détecteur est programmé et des tests débutent à Jacksonville en octobre et novembre 1972. Ce premier test repose sur les

⁶⁰² MEISEL Robert C. & JACOBS John F., *MITRE, the first twenty years : a history of the MITRE Corporation, 1958-1978.*, MITRE Corporation, Bedford, 1979, 288 p.

⁶⁰³ Pour organiser ce ballet, 25 000 contrôleurs travaillent dans 20 centres de contrôle en route tous équipés du système NAS à « filet de sauvegarde » depuis janvier 1976 (*Rapport de mission. Quelques aspects du système de contrôle aux Etats-Unis d'Amérique (R76-023)*, 1976 (Les amis du Cena, Rapports)).

⁶⁰⁴ *Rapport sur le système d'assistance au contrôle du centre de Leeseburg (centre de contrôle en route de Washington) (R76-003)*, 1976 (Les amis du Cena, Rapports).

⁶⁰⁵ Ibid.

⁶⁰⁶ *Les programmes anti-collision en cours aux Etats-Unis. Compte-rendu de mission d'étude (R76-022)*, 1976 (Les amis du Cena, Rapports)

enregistrements radar de l'ensemble du trafic en route du centre, qui comportent 60 conflits entre deux avions sensés recouvrir tous les cas possibles de croisement. Ces tests de la fin de l'année 1972 permettent de valider les éléments fondamentaux du *Conflict alert system* encore en gestation.

Le module de détection des conflits est intégré au NAS de Jacksonville d'août 1974 à juin 1975, période durant laquelle se déroulent des tests in vivo, au sein desquels le taux de fausses alertes est drastiquement réduit et le temps de préavis définitivement fixé à deux minutes.

À la fin de l'année 1975, le CAS est testé en position opérationnelle à Kansas City et à Denver. Les derniers ajustements sont réalisés grâce à deux avions de la FAA mis en vol une à deux heures par jour. De la fin de l'année 1975 à la fin janvier 1976, tous les centres américains sont équipés.

La détection des conflits n'est possible en 1976 aux États-Unis que dans les espaces supérieurs (12 500 pieds) et génère une alarme dans les deux minutes qui suivent l'instant du calcul si un couple d'avion passe en deçà des normes de séparation (4,8 milles nautiques en plan et 1000 pieds en altitude⁶⁰⁷).

LE ROLE DU CONTROLEUR ET L'ABSENCE DE L'ERGONOME AUX ÉTATS-UNIS

La principale différence entre les deux organisations de contrôle se situe dans les volumes gérés et dans la place donnée au contrôleur au sein du système technique. Ainsi, dans la pratique du contrôle assisté par ordinateur aux États-Unis, la notion de « piste non corrélée » au plan de vol n'existe pas. Le contrôleur états-unien doit fournir au calculateur un grand nombre d'informations à l'image de l'altitude des quelques appareils qui ne sont pas pourvus d'alticodéurs⁶⁰⁸. En ce qui concerne la visualisation, c'est également l'aiguilleur qui modifie la position des étiquettes sur le scope radar.

⁶⁰⁷ Ibid.

⁶⁰⁸ Ibid.

« Les responsables américains sont conscients de la charge de travail qu'imposent les entrées d'information en machine (un contrôleur enfonce une touche toutes les cinq secondes en moyenne en période de pointe) et de la perturbation que cela lui impose (diversion de l'attention vers le clavier [...]) Cela se traduit par une charge induite pour le contrôleur qui d'un autre côté est compensée par les possibilités de transfert intersecteurs et intercentre automatique, une image radar propre et claire en général – le contrôleur peut nettoyer l'écran de toutes les anomalies –, d'un système anti collision automatique⁶⁰⁹. »

L'étude de la charge de travail que représente l'ensemble de ces procédures a été menée par le *Stanford Research Institute* qui livre en 1974 un rapport faisant le bilan d'une dizaine d'années de recherche⁶¹⁰. C'est essentiellement le facteur fatigue qui est analysé dans le cadre d'une recherche du volume maximal de trafic que peut gérer un contrôleur avant de voir ses capacités baisser et entraver le maintien d'un niveau de sécurité satisfaisant. Dans ce cadre, l'utilisation de la visualisation électronique et des informations sur les vols permettent une augmentation de 16 % de la capacité des secteurs observés⁶¹¹.

Comme en France, des psychologues spécialistes des *Human factors* travaillent durant les années 1970 au Nafec et à la FAA⁶¹². Leur préoccupation principale est néanmoins assez différente de l'équipe dirigée par André Bisseret puisqu'ils se concentrent sur les tests de recrutement et les mesures de performances dans le cadre d'une psychologie américaine encore largement dominée par le béhaviorisme et placée dans la lignée des grandes campagnes de recrutement initiées par l'armée pendant le second conflit mondial.

⁶⁰⁹ Ibid.

⁶¹⁰ Stanford Research Institute, *Capacity and productivity implications of en route air traffic control automation (FAA-RD-74-196)*, 1974 (Inria Rocquencourt, Armoire 25).

⁶¹¹ Ibid.

⁶¹² *Rapport de mission. Quelques aspects du système de contrôle aux Etats-Unis d'Amérique (R76-023)*, 1976 (Les amis du Cena, Rapports).

Du point de vue psychologique au sens cognitiviste, la France a une avance considérable :

« Aucune recherche n'a été effectuée à la FAA sur le travail du contrôleur depuis le rapport du Battelle Memorial Institute⁶¹³, d'après les personnes que nous avons rencontrées ; d'après les personnes que nous avons rencontrées leur préoccupation majeure était :

- Les tests de recrutement des contrôleurs.
- Les mesures de leurs performances⁶¹⁴. »

En effet, depuis le rapport de Fitts en 1951⁶¹⁵, le rôle donné aux *Human factors* américains par l'aviation civile est double. Il s'agit d'abord, comme nous l'avons vu, de recruter les meilleurs (quand les ergonomes français se préoccupent de les former) et

⁶¹³ L'étude du *Battelle Memorial Institute* est demandée par la FAA en 1975 lors du développement de l'automatisation du contrôle. Son objectif était de prévoir les changements induits par celle-ci sur l'intérêt que les contrôleurs portent leur travail et de proposer un programme d'études pour résoudre les éventuels problèmes d'adaptation hommes – machine.

Au total, une équipe de neuf psychologues a donc effectué une analyse diagnostic (ou diagnostique ?) du système de contrôle aérien américain et adressé une liste de 16 problèmes à traiter ultérieurement :

- Identification des facteurs de satisfaction du contrôleur.
- Analyse du travail du contrôleur.
- Analyse des processus mentaux du contrôleur.
- Étude de l'interaction homme – machine dans un système automatisé.
- Analyse diagnostic de la résistance au changement.
- Analyse de la progression de carrière du contrôleur perçue par lui-même.
- Mesure de satisfaction au travail du contrôleur.
- Étude des moyens nécessaires à la formation et à l'adaptation des contrôleurs.
- Évaluation générale du système de contrôle aérien de troisième génération.
- Étude de l'adaptation de la formation femme contrôleur.
- Étude de l'inhibition de la résistance au changement par la participation des contrôleurs au développement et à la mise au point de nouveaux systèmes.
- Étude d'une meilleure progression de carrière pour les contrôleurs.
- Amélioration des procédures de recrutement des contrôleurs.
- Mise au point de méthodes de promotions internes plus satisfaisantes.
- Mise au point de méthodes d'information des contrôleurs sur les nouveaux systèmes en études.
- Étude de simulateur radar l'entraînement.

⁶¹⁴ Ibid.

⁶¹⁵ FITTS Paul M., *Human engineering for an effective air-navigation and traffic-control system*, National Research Council, Division of Anthropology and Psychology, Committee on Aviation Psychology, Washington, 1951, 84 p.

ensuite de dresser la liste des fonctions que l'ordinateur assumera mieux que l'humain pour décider quelle partie de l'activité il s'agit de déléguer en priorité à la machine⁶¹⁶.

Les Américains ont privilégié un développement techniciste et fondé sur l'excellence du recrutement :

« Les Américains ne souffrent pas de saturation de leurs secteurs de contrôle. Par contre, ils sont très sensibilisés par le fait que 40 % des contrôleurs recrutés sont éliminés durant les trois premières années de formation pour inaptitude à suivre la progression dans les délais requis⁶¹⁷. »

La psychologie est donc concentrée sur l'affinage des tests de sélection et du contrôle de performance⁶¹⁸. En matière de tests de performances, la FAA cherche à développer un outil objectif de mesure des performances des aiguilleurs afin de l'utiliser pour contrôler la progression des élèves et pour, en cours de carrière, déceler les besoins en formation complémentaire. Le principe retenu est celui de la simulation dynamique. Pour chaque échantillon de trafic proposé sur vidéo le contrôleur relève une série de paramètres, on les fait varier et on note les performances⁶¹⁹ en matière de vitesse et de justesse de réaction. Cette différence qui explique le moindre développement des études sur l'homme au travail n'échappe pas aux Français en visite outre-Atlantique :

« Les contrôleurs sur le secteur de contrôle nous ont paru extrêmement qualifiés : Connaissance parfaite des secteurs et procédures, utilisation étonnante du radar, phraséologie aisée, etc.... Ils possèdent tous

⁶¹⁶ HOPKINS David V., *Air traffic control*, in *Human Factors in Aviation*, Wiener, EarlNagel, David C., San Diego, 1988, pages 639-663.

⁶¹⁷ *Rapport de mission. Quelques aspects du système de contrôle aux Etats-Unis d'Amérique (R76-023)*, 1976 (Les amis du Cena, Rapports)

⁶¹⁸ Tradition américaine de la psychotechnique qui prend son essor pendant le second conflit mondial (voir infra).

⁶¹⁹ Ibid.

*la qualification maximum, ou bien sont à l'entraînement avec un instructeur*⁶²⁰. »

Visualisations

Autre différence notable, le NAS américain n'est pas pourvu d'un écran tactile mais d'une série de boutons poussoirs sur le pourtour des écrans qui permettent l'interaction du contrôleur avec le calculateur. Ce sont notamment les *Computer Readout Devices* qui sont utilisés⁶²¹.

L'essentiel des désignations se fait par boule roulante et par clavier. Cela permet notamment d'alléger la présentation des étiquettes sur le scope radar à la demande. Celui-ci est pourvu de quatre zones d'affichage alphanumérique que le contrôleur peut déplacer et qui permettent d'afficher : la liste des arrivées de décollage prévus, la liste des appareils en attente ou dont la poursuite est perdue, une zone de vérification des messages avant leur entrée dans le calculateur ou qui affiche les données du plan de vol sur demande⁶²².

En outre, les matériels peuvent différer d'un centre à l'autre. Ainsi le centre de contrôle d'approche de New York est doté d'un panneau particulier appelé « Category/Function Panel » qui permet au contrôleur, une fois un vol désigné sur l'écran radar par trackball, d'avoir accès à un choix de fonctions apparaissant dans l'un des cinq écrans sertis de boutons poussoirs et organisées de manière pyramidale pour permettre l'approche et l'atterrissage des appareils⁶²³.

Le type d'alertes visuelles utilisées repose sur les étiquettes qui se mettent à flasher pour les couples d'avions constituant potentiellement un conflit. Le contrôleur a également à sa disposition, en haut de son écran, la liste des avions posant problème⁶²⁴.

⁶²⁰ Ibid.

⁶²¹ Écrans de petite taille, ils ne comptent que 22 lignes.

⁶²² Ibid.

⁶²³ Ibid.

⁶²⁴ *Les programmes anti-collision en cours aux Etats-Unis. Compte-rendu de mission d'étude (R76-022)*, 1976 (Les amis du Cena, Rapports).

Le clignotement des étiquettes se fait à raison de quatre cycles par seconde. L'importance de signifier rapidement au contrôleur la présence d'un conflit impose également la mention « *Conflict alert* » qui apparaît en haut de l'écran. L'ordinateur rappelle alors l'indicatif de vol en conflit et éventuellement le secteur dans lequel il se trouve⁶²⁵. L'interaction avec la visualisation se fait par le truchement du clavier : un contrôleur peut supprimer le clignotement d'une étiquette grâce à un code qu'il tape de la même manière qu'il interagit avec les étiquettes au moyen de sa *rolling ball* et de son clavier.

2. Le filet de sauvegarde

En France, les premières versions du filet de sauvegarde sont testées fin 1976. Le système est largement inspiré de l'exemple américain jusque dans les temps de préavis mis en place. Il constitue une entrée remarquable de l'automatisation de la gestion des conflits dans le travail des contrôleurs aériens.

La rigueur des données

L'élaboration des algorithmes d'extrapolation linéaire de la position future d'un appareil passe par la mise en place de bancs de test et de banques de conflits à partir d'enregistrements radar et des données du mode C⁶²⁶. À la fin de l'année 1976 est également constituée une banque de « presque conflits » pour étudier les fausses alarmes éventuelles⁶²⁷. À cette date, le système n'est pas relié au système Cautra principal, et fonctionne sur le système de secours⁶²⁸.

Le traitement algorithmique repose sur deux ensembles de programmes qui analysent périodiquement la carte du trafic aérien d'abord par un « tri grossier » puis par un « tri fin ». Le tri grossier a pour but d'identifier sommairement les couples d'avion qui

⁶²⁵ Ibid.

⁶²⁶ *Rapport d'expérimentation filet de sauvegarde (R77-029)*, 1977 (Les amis du Cena, Rapports).

⁶²⁷ *Thème d'étude anticollision de sauvegarde (N76-115)*, 1976 (Les amis du Cena, Notes).

⁶²⁸ *Rapport d'expérimentation filet de sauvegarde (R77-029)*, 1977 (Les amis du Cena, Rapports).

potentiellement posent problème, le tri fin permettant ensuite de fixer la chronologie de la mise en alerte pour avertir le contrôleur⁶²⁹.

LES CONDITIONS DE REPERAGE DU CONFLIT ET LES LIMITES DU SYSTEME

Le système se déclenche lorsque deux avions, sur le plan vertical, voient leur séparation passer sous les 6000 pieds. Dans la version de 1977, le taux de détection correcte des conflits potentiels sur le plan vertical est de 80 %. Sur le plan horizontal, le système déclenche une alerte lorsque deux vols sont susceptibles de se trouver dans moins de deux minutes séparés par moins de 10 milles nautiques l'un de l'autre⁶³⁰.

Le *garbling* est considérée comme un des phénomènes les plus dangereux contre lequel le filet de sauvegarde n'est pas protégé à la fin des années 1970. En effet, un vol victime de *garbling* est purement et simplement effacé de l'écran radar alors qu'il se rapproche potentiellement d'un autre vol au même niveau. Dans certains cas ce phénomène peut durer plus de deux minutes et provoquer chez le contrôleur l'oubli de la présence de l'avion⁶³¹.

A partir de 1978, les programmeurs réussissent à « protéger » un vol corrélé qui « a décroché » à cause du *garbling*. Grâce aux données contenues par le plan de vol, l'on peut extrapoler avec une certaine fiabilité la position future d'un avion après la perte de son écho. Cela est beaucoup plus complexe en ce qui concerne l'altitude⁶³², mais constitue une voie de protection contre le *garbling* avant que le phénomène ne soit maîtrisé dans la décennie 1980.

⁶²⁹ *Thème d'étude anticollision de sauvegarde (N76-115)*, 1976 (Les amis du Cena, Notes).

⁶³⁰ *Rapport d'expérimentation filet de sauvegarde (R77-029)*, 1977 (Les amis du Cena, Rapports).

⁶³¹ Ibid.

⁶³² *Thème d'étude filet de sauvegarde. Bilan et perspectives*, 1978 (Les amis du Cena, Notes).

Alerter et respecter

LES EXPERIMENTATIONS DE 1976 ET 1977

Dès 1976, grâce aux bancs d'essai, des expérimentations convoquent les contrôleurs pour juger de l'acceptabilité et de la pertinence du filet de sauvegarde. Il s'agit de savoir si le taux de fausses alarmes générées par le système est tolérable, si le temps de préavis est trop long ou trop court, si les informations visualisées au moment de l'alerte sont satisfaisantes⁶³³ :

« La mise au point des algorithmes s'est faite en observant leurs performances uniquement sur banc d'essai. Il fallait maintenant obtenir l'avis de l'exploitation sur leur validité⁶³⁴. »

Quelles que soient les solutions envisagées, le Cena garde son objectif habituel : ne pas déstabiliser le facteur humain avec une réalisation trop ambitieuse :

« Il ne change en rien les méthodes de travail des contrôleurs. En particulier, le contrôleur ne peut être dispensé de l'analyse permanente de la situation aérienne et se limiter à attendre l'alerte pour écarter un danger⁶³⁵. »

Le système fonctionne de manière à déclencher une alerte s'il détecte une violation des normes standard de séparation entre appareils dans moins de deux minutes⁶³⁶. Une alerte ne peut avoir lieu qu'entre deux avions. Si un conflit implique plus de deux avions, le système considère qu'il y a autant d'alertes que de paires d'avions présentes.

Pendant la phase d'expérimentation de 1977, l'image radar est filmée avec un magnétoscope et permet l'enregistrement du fonctionnement du filet de sauvegarde pour rejouer l'expérimentation et connaître les principales caractéristiques des croisements qui

⁶³³ *Thème d'étude anticollision de sauvegarde (N76-115), 1976 (Les amis du Cena, Notes).*

⁶³⁴ *Rapport d'expérimentation filet de sauvegarde (R77-029), 1977 (Les amis du Cena, Rapports).*

⁶³⁵ Ibid.

⁶³⁶ Ibid.

ont donné lieu ou non à une alerte. Les différentes situations sont alors analysées avec les contrôleurs confirmés qui peuvent à cette occasion donner leur avis sur le fonctionnement global du logiciel⁶³⁷. Au total, 26 contrôleurs du Centre de contrôle régional Nord participent à cette analyse.

À ce stade, il ne s'agit surtout pas de faire passer le filet de sauvegarde pour ce qu'il n'est pas et d'alerter les contrôleurs par le truchement des collègues qui viennent de participer à l'expérimentation :

« Le filet de sauvegarde dans sa conception actuelle n'est qu'un secours. Lors de sa mise en service une mise en garde contre ses limites est indispensable... Mais pas suffisante. En effet, si on peut admettre que dans les premiers temps les contrôleurs n'accorderont aucune confiance au système, son bon fonctionnement apparent peut amener une évolution, souhaitable pour certains contrôleurs rencontrés au mois de novembre 1977, vers plus de confiance⁶³⁸. »

LA VISUALISATION DANS L'ANTICOLLISION

La notification des alertes au contrôleur est également l'objet de toutes les attentions. Les programmes de visualisation sont mis en place pendant six mois à partir de 1976 par deux ingénieurs du Cena supervisés par Alvarez.

Les alertes sont visualisées en faisant flasher la troisième ligne des étiquettes des pistes concernées. Un message de quatre caractères en fonction de la nature de l'alerte s'inscrit alors sur la troisième ligne⁶³⁹ : « MOCX », quand la piste n'a pas d'information d'altitude valide ; « ABOX », ce qui indique que la piste ne doit pas franchir le niveau « ABO⁶⁴⁰ » ; « ALRT », pour tous les autres cas.

⁶³⁷ Ibid.

⁶³⁸ *Thème d'étude filet de sauvegarde. Bilan et perspectives*, 1978 (Les amis du Cena, Notes).

⁶³⁹ *Rapport d'expérimentation filet de sauvegarde (R77-029)*, 1977 (Les amis du Cena, Rapports).

⁶⁴⁰ Le sigle est alors suivi du niveau à ne pas franchir.

Alors que dans le système américain il est prévu que le contrôleur puisse déplacer les étiquettes grâce à son *trackball*, le système français n'a jamais prévu de manipulation directe et pour éviter que les étiquettes se superposent en cas de multiples alertes de conflit, le système est conçu pour éviter de lui-même le chevauchement de celles-ci ou, dans les cas extrêmes, faire flasher alternativement les différentes étiquettes utilisées⁶⁴¹.

L'ergonomie mis en périphérie ou le retour de l'automatisation

La mise en place des premières versions du filet de sauvegarde joue un rôle ambivalent dans le rapport qu'entretient la navigation aérienne, et plus particulièrement le Cena, avec l'équipe d'ergonomes de l'Inria.

En effet, la participation de l'équipe d'André Bisseret est plus périphérique. À cet égard, la mise en place du filet de sauvegarde peut s'analyser à la fois comme le retour du rêve d'automatisation du contrôle aérien relevant naturellement des ingénieurs et comme la mise en place d'un dispositif dont les enjeux techniques l'emportent sur les contraintes d'adaptation à l'homme.

Néanmoins, la manière dont sont pratiqués les tests et la place tout à fait centrale qui est donnée à l'utilisateur du futur système indiquent l'importance de l'influence que les psychologues ont eu sur les équipes d'ingénieurs et notamment les plus jeunes comme Printemps. Ainsi, lors de l'expérimentation du filet de sauvegarde du 17 octobre au 17 novembre 1977, la méthodologie d'enregistrement de l'activité radar est directement inspirée d'expérimentations plus anciennes menées par les ergonomes et reprise telle quelle par les jeunes ingénieurs du Cena⁶⁴².

Avec la mise en place du Filet de sauvegarde dans la deuxième moitié des années 1970, le contrôle aérien achève son informatisation. Le contrôleur est désormais doté d'un système lui permettant d'être alerté avec un préavis suffisant en cas de risque de conflit entre deux aéronefs dans son secteur de responsabilité.

⁶⁴¹ Ibid.

⁶⁴² « En particulier, nous remercions l'équipe des psychotechniciens du Cena pour leurs conseils, le prêt du magnétoscope. » (Ibid.).

Le filet de sauvegarde peut dès lors donner lieu à deux constatations. La première est que ce système signe le retour et même la concrétisation du vieux rêve d'automatisation d'une partie des tâches de contrôle que l'on trouve dès les années 1960 sous la plume de Jacques Villiers. À l'adaptation prudente des dispositifs au contrôleur se substitue avec lui une pleine logique informaticienne qui conduit à déléguer au système une partie des tâches, mais également des responsabilités du contrôleur vers la machine. Le système ne se contente plus d'être interactif, il devient en partie autonome. Vieille antienne qui ressurgit aujourd'hui dans les débats autour des drones et des places respectives de l'homme et de la machine dans un processus de décision.

La seconde constatation consiste à interpréter le filet de sauvegarde comme le terme logique du premier âge du Cautra considéré du point de vue de l'utilisateur. Commencé avec la numérisation des données des plans de vol puis des données radar, le Cautra est ensuite passé par la double construction de la visualisation et de l'interactivité en donnant naissance à un véritable utilisateur de l'informatique à une époque où, comme nous l'avons déjà souligné, une organisation encore taylorienne du travail, « dissociée », préside à l'usage de l'ordinateur. L'automatisation est le terme de cette évolution, une étape plus avancée de l'interaction qui voit la machine sélectionner et donner des informations, y compris quand l'utilisateur ne le lui demande pas directement.

CHAPITRE 3. LA DIFFICILE PRISE EN COMPTE DE L'UTILISATEUR DE L'INFORMATIQUE (SECONDE MOITIE DES ANNEES 1970)

« Les utilisateurs ne font aucun effort, ils cherchent à nous coincer [...] Les utilisateurs sont chez nous d'un niveau très bas, ils n'ont aucune initiative. Il faut les violer, ils nous laissent faire et ensuite ils se plaignent et freinent des quatre fers⁶⁴³ ... »

Au milieu des années 1970, les effets de l'informatique sur le travail et les organisations deviennent de plus en plus sensibles à l'ensemble des salariés et des décideurs. Les deux régimes d'interaction qui ont coexisté jusque là sont déstabilisés par la diffusion de matériels nouveaux qui initient des usages neufs dont la bureautique naissante est l'exemple le plus emblématique.

Le grand système isolé dans son sanctuaire et ses vestales dactylographes enfermées dans le pool de saisie ne disparaissent pas pour autant, mais laissent de plus en plus la place à des organisations plus souples au sein desquelles l'informatique vient à la rencontre de ses utilisateurs dans les bureaux. Si de grands espoirs sont suscités par cette rencontre, peu d'initiatives concrètes de prise en compte du facteur humain apparaissent. L'adaptation du salarié à la technique est toujours la règle et les discours sur le confort, la convivialité et le respect des travailleurs au moment de la mise en place de l'informatique

⁶⁴³ SALZMAN Claude, Les rejets de l'informatique, in *Informatique et Gestion*, n°87, mai 1977, p. 57-61.

restent incantatoires. Le régime d'interactivité traditionnel reste collectif, dissocié⁶⁴⁴ et centré sur le facteur technique.

Pour revenir sur cette organisation, il n'y a pas véritablement d'alternative envisageable à cette date en dehors des travaux pionniers de l'équipe de psychologie ergonomique de l'Iria dont les capacités d'intervention, si elles connaissent une augmentation conséquente à partir de la seconde moitié de la décennie, ne permettent pas d'autres actions que des interventions ciblées autour de quelques projets d'informatisation d'envergure qui sont choisis pour leur proximité avec le Cautra, matrice incontournable du regard ergonomique français sur l'ordinateur.

De plus, l'équipe d'André Bisseret, pour innovante qu'elle soit, reste très isolée au sein de son propre champ disciplinaire. En effet, l'ergonomie peine à se structurer comme une discipline depuis son apparition progressive à partir du milieu des années 1950 en France et fonctionne encore avec comme centre de gravité de ses réflexions le corps et non l'esprit du travailleur.

Ainsi, la période qui couvre les années 1975-1978 se constitue en entre-deux, perpétuant d'anciennes logiques alors que s'annoncent déjà les bouleversements de la décennie suivante autour du concept de grand public.

À ce titre, c'est probablement le projet-pilote Kayak, lancé en 1978 à l'Iria, qui symbolise cette situation d'équilibre précaire. Avec comme objectif principal la définition d'un système de « buretique⁶⁴⁵ » complet au service des cadres de l'entreprise, Kayak illustre deux logiques déjà à l'œuvre mais encore peu visibles pour les contemporains. La première est l'hégémonie américaine qui s'annonce en matière de communication homme-machine avec les travaux du *Palo Alto Research Center*⁶⁴⁶ largement repris par les chercheurs de Kayak qui fournissent pour la première fois en France une interface graphique fondée sur l'utilisation des icônes et de la souris. La seconde est la mutation à

⁶⁴⁴ C'est-à-dire sans contact direct entre l'utilisateur et l'ordinateur.

⁶⁴⁵ Le vocabulaire lui-même n'est pas stabilisé et l'on rencontre couramment les deux orthographes pour désigner la bureautique.

⁶⁴⁶ HILTZIK Michael A., *Dealers of lightning : Xerox PARC and the dawn of the computer age*, Harper Business, New York, 1999, 448 p.

l'œuvre au sein des publics concernés par les systèmes informatisés avec l'apparition progressive de populations nouvelles dont les cadres - public-cible du projet Kayak - ne sont que l'avant-garde : « novices » ou « naïfs » dans le vocabulaire de l'ergonome, ils ne sont plus les concepteurs auto-référentiels qui constituent le public initial de l'informatique, ni les dactylographes, manutentionnaires ou techniciens qui nourrissent la machine dans le cadre du régime d'interaction verticalisé et dissocié typique des grands systèmes informatisés et encore moins l'opérateur choyé par l'ergonome autour duquel est structurée l'informatisation d'un domaine spécifique comme le contrôle aérien.

Ce nouveau public se définit, par-delà la grande variété de tâches que l'informatique lui permet de réaliser, par son inexpérience de la machine et le peu de temps que l'organisation à laquelle il appartient compte consacrer à sa formation ainsi que par l'isolement relatif dans lequel il devra utiliser son système. Cadre à la fin des années 1970, ce nouvel utilisateur préfigure l'arrivée au début des années 1980 du grand public.

I. L'ACCELERATION DE L'INFORMATISATION ET LE « VIRAGE VERS L'UTILISATEUR »

A. La multiplication des écrans

Essentiellement du fait des évolutions du marché de l'informatique en France (apparition de la mini-informatique, diffusion des premiers systèmes de traitement de texte, multiplication des terminaux de saisie), la seconde moitié des années 1970 impose la thématique du travail sur écran comme un triple enjeu industriel, organisationnel et de santé public. Les difficultés rencontrées par les usagers des premiers systèmes de bureautique cristallisent les interrogations autour de la meilleure manière d'insérer l'outil informatique au sein des équipes et, peu à peu, le terme d'utilisateur passe du sens collectif qu'on lui donnait durant les deux décennies précédentes pour en arriver à désigner également le travailleur individuel, rejoignant ainsi la conception pionnière que les ergonomes de l'informatique lui donnent depuis le début des années 1960.

En parallèle, le milieu de l'ergonomie arrive à maturité. Les formations universitaires se sont multipliées et les associations professionnelles comme la Self⁶⁴⁷ ou l'IEA⁶⁴⁸ ont vu leur audience grandir. Encore attachées à une pratique dont le corps du travailleur est l'objet principal, l'ergonomie s'ouvre difficilement aux psychologues et à l'informatique durant cette période charnière. Le discours qu'elle porte commence cependant à se faire entendre hors du cercle des praticiens en donnant des arguments à tous ceux qui se préoccupent de « confort au travail ».

Ce virage vers l'utilisateur profite bien entendu à l'équipe d'André Bisseret qui reste un acteur clef, mais isolé, de l'adaptation des dispositifs informatiques à l'homme, qui entre dans un cercle vertueux de reconnaissance de sa place de pionnier et d'acteur français central de l'adaptation de la machine à l'homme.

1. La percée des écrans et de la bureautique

La logique du nombre

En matière d'équipements informatiques, l'ordinateur n'a plus au milieu des années 1970 le caractère d'étrangeté qu'il conservait encore dix ans plus tôt. De 1970 à 1975, le nombre de « systèmes » vendus en France passe de 9034 à plus de 31000⁶⁴⁹. Ces équipements s'intègrent dans la plupart des activités de l'entreprise et de l'administration. Pour ne prendre que l'exemple de cette dernière, les ordinateurs au service de l'Etat sont au nombre de 484 en 1970 et de 3104 neuf ans plus tard. Pendant les années 1970, leur croissance annuelle moyenne est de 20%⁶⁵⁰.

Si l'informatique se diffuse très largement, la nouveauté principale de la période 1970-1978 est l'apparition de la bureautique⁶⁵¹ qui permet l'accélération de la

⁶⁴⁷ Société d'Ergonomie de Langue Française.

⁶⁴⁸ International Ergonomics Association

⁶⁴⁹ DALLOZ Xavier & GRANDPERRET Patrick, *Les chiffres-clés de l'informatisation*, Ministère de l'Industrie, Paris, 1980, 105 p.

⁶⁵⁰ Ibid.

⁶⁵¹ Néologisme qui désigne l'ensemble des outils électroniques destinés à la production, modification et diffusion des textes aux premiers rangs desquels se trouvent la machine à écrire électronique, puis le traitement de texte à écran avant que n'apparaisse, dans les années 1980, le traitement de texte sur ordinateur.

numérisation des activités liées à l'écrit en imposant dans le même temps aux personnels une adaptation à de nouvelles méthodes de travail.

D'après le Cotti⁶⁵², le marché français d'ordinateurs de bureau est en très forte progression dès 1970. Il se chiffre en 1970 à 7215 machines, 11923 machines en 1971, 15098 machines au 1er janvier 1972⁶⁵³.

Le cabinet Remy Genton évalue le nombre machines dédiées spécifiquement au traitement de texte à 1,5 par entreprises en 1977. La notoriété du dispositif est en hausse rapide durant la période 1975-1977 : en 1975, seulement 31% des entreprises connaissaient ou avaient une machine à écrire à mémoire, en 1977, elles sont 55,9%. Plus de la moitié des établissements qui ont acquis une machine à traitement de texte à mémoire l'a fait en 1975 ou après et, sans surprise, 60% des équipements sont localisés en région parisienne⁶⁵⁴.

Parc des ordinateurs français en nombre de 1970 à 1980	Très petits (de 50 à 250 KFF)	Petits (de 0,25 à 1,6 MFF)	Moyens (de 1,6 à 7MFF)	Grands et très grands (+ de 7MFF)	Parc total
1970	4095	3123	1658	158	9034
1971	6680	4318	1798	220	13016
1972	8982	5101	1855	288	16226

Le terme est créé en 1977 par Louis Naugès, largement repris dans le rapport Nora-Minc qui lui donne la définition suivante : « La bureautique est l'ensemble des techniques et des procédés visant à faire effectuer par des matériels tout ou partie des tâches de bureau. » ; avant que le Journal Officiel de 1982 (17 janvier 1982) ne lui donne sa définition actuelle : « La bureautique est l'ensemble des techniques et des moyens tendant à automatiser les activités de bureau et principalement le traitement et la communication de la parole, de l'écrit et de l'image. »

⁶⁵² Commission du traitement et de la transmission de l'information.

⁶⁵³ *Science & Vie Hors-série n°102*, 1973 (Bibliothèque Nationale de France, MFILM 8- V- 37563).

⁶⁵⁴ INSTITUT REMY Genton, *Note de synthèse sur le marché français du traitement de texte*, Mai 1978 (Archives Nationales, 1984 0665 06).

1973	12963	5722	1805	425	20915
1974	18187	6299	1848	546	26880
1975	21423	7425	1982	623	31453
1976	25461	8389	2103	717	36670
1977	31997	9305	2288	799	44389
1978	37572	10519	2669	956	51716
1979	44240	12892	2768	1088	60988
1980	53183	15690	3196	1221	73290

Tableau 1. Evolution du nombre des ordinateurs français⁶⁵⁵.

Les usages

Dans la seconde moitié des années 1970, les usages les plus représentés de la bureautique sont encore les travaux de frappe répétitifs comme les mailing. Les utilisations sont caractérisées par la multi-utilisation par les services (un service non équipé fait réaliser des travaux par un service équipé) et une durée importante d'utilisation : en moyenne quatre jours par semaine, à raison de plus de quatre heures par jour⁶⁵⁶.

Alors qu'en 1975, la fonction la plus appréciée était de pouvoir obtenir des originaux multiples avec la machine à traitement de texte ou la machine à écrire à mémoire, en 1977 c'est le gain de productivité global qui domine les opinions émises par les dirigeants d'entreprise : le tissu entrepreneurial commence réellement à intégrer l'outil à un processus global de production et de gestion des documents numériques.

⁶⁵⁵ DALLOZ Xavier & GRANDPERRET Patrick, *Les chiffres-clés de l'informatisation*, Ministère de l'Industrie, Paris, 1980, 105 p.

⁶⁵⁶ INSTITUT REMY Genton, *Note de synthèse sur le marché français du traitement de texte*, Mai 1978 (Archives Nationales, 1984 0665 06)

Jean Bellec, qui a passé la majeure partie de sa carrière chez Bull en tant qu'ingénieur, se souvient de cette période de transition avant que les moyens de rédaction assistés par ordinateur ne permettent à tout un chacun, comprendre les cadres et les ingénieurs, de produire eux aussi du texte sans la médiation d'un secrétariat :

« Les « manuscrits » sont saisis avec ces mêmes outils jusqu'au moment où les documents furent produits directement sur PC à la fin des années 1980. Entre temps (1967-1985), la documentation était frappée par les secrétaires ou par le pool de dactylos.

Les secrétaires sont dotées de machines à écrire généralement purement mécaniques, ce qui leur permet de ne pas interrompre le travail lors des grèves ou pannes d'électricité. Ces machines sont restées encore en réserve au sommet de l'armoire pendant les années 1970 pour faire le travail urgent en cas de panne des machines plus modernes ou de leur alimentation électrique. La fonction de dactylographie est aussi renforcée par le « pool », mais le délai peut atteindre la semaine.

En 1965, les machines à écrire sont remplacées progressivement par des modèles électromécaniques, quelques machines IBM Selectric trouvent leur place chez les secrétaires de direction, grâce à leurs polices interchangeables et à leur écartement proportionnel. En pratique, ce sont des modèles Olivetti à marguerite qui dominent le parc dans les années 1975-1980. Certaines fonctions de mémorisation peuvent faciliter les corrections et remplacer le « blanc » sur ces machines, mais la révolution commence en 1978 quand des machines CPT sont commercialisées par CII-HB sous le nom de TTX-80. Les textes étaient composés à l'écran (noir sur blanc) et stockés sur une disquette 8 pouces. Le modèle TTX-90 suivit. Ces machines ont un coût très élevé de l'ordre de 100KF et le politique de Bull est d'introduire ce matériel sur le marché en haut de gamme en les accompagnant d'un modèle, moins cher[8] construit chez Bull, le TTX-35, mais à écran vert horizontal, en 1983. Ce TTX-35 reçut un mauvais accueil des utilisatrices internes qui intriguaient pour conserver ou obtenir avoir

des TTX"à écran blanc pleine page. Ceci d'autant plus que le TTX sert de terminal Telex (relayé par le service spécialisé de la compagnie) et de courrier électronique⁶⁵⁷. »

Le phénomène est massif. En 1979, 850 000 personnes ont une fonction « de frappe » en France et 2 millions de machines plus ou moins évoluées (incluant les premiers modèles à écran) sont utilisées quotidiennement⁶⁵⁸.

Ce sont majoritairement les entreprises de plus entre 50 et 200 salariés qui sont équipées avec les nouvelles machines de traitement de texte qui représentent un modus vivendi entre la secrétaire autonome et le pool à la fin des années 1970.

	<i>1977</i>	<i>1979</i>	<i>1981</i>
1 à 9 salariés	<i>0,8</i>	<i>17,1</i>	<i>17,8</i>
10 à 49 salariés	<i>35,1</i>	<i>33,1</i>	<i>23,1</i>
50 à 199 salariés	<i>39,7</i>	<i>22,5</i>	<i>20,4</i>
200 à 999 salariés	<i>18,1</i>	<i>18,6</i>	<i>30,7</i>
plus de 1000 salariés	<i>6,3</i>	<i>8,7</i>	<i>8</i>
<i>Total</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>

Tableau 2. Evolution du parc des machines de traitement de texte selon la taille des établissements en pourcentages du parc⁶⁵⁹

Armand Yagmourian⁶⁶⁰, responsable de la division organisation à la Direction de l'informatique et de l'organisation du Crédit Lyonnais, donne dans *Informatique &*

⁶⁵⁷ THIERRY Benjamin, *Entretien avec Jean Bellec* (21 janvier 2009)

⁶⁵⁸ DALLOZ Xavier & GRANDPERRET Patrick, *Les chiffres-clés de l'informatisation*, Ministère de l'Industrie, Paris, 1980, 105 p.

⁶⁵⁹ PASTRÉ Olivier, *La bureautique. Quelle politique sociale pour quelle technologie ?*, 1983 (Archives Nationales, Boite 1991 0224 02).

⁶⁶⁰ Il pilote également au Cigref un groupe de travail sur la bureautique.

Gestion une description de cette informatisation du bureau en pleine expansion⁶⁶¹, mais qui reste encore en 1979 l'outil de quelques privilégiés. Au crédit Lyonnais, sept postes sont en service depuis la fin de l'année 1978. Ils permettent la production et l'archivage de documents au moyen de deux disques durs de 40 millions de caractères sur lesquels le service de reprographie a relié ses imprimantes pour l'impression directe des documents à diffuser.

Les informaticiens de l'entreprise y tapent les descriptifs des logiciels utilisés et les secrétaires leurs rapports. L'auteur insiste sur le fait que tout le personnel qui utilise ces matériels depuis deux ans est parfaitement convaincu de leur utilité et bien entendu, qu'au départ, ce sont les informaticiens qui les ont utilisés le plus car ils n'étaient pas effrayés par la machine⁶⁶².

Cet exemple montre néanmoins une « bureautisation » très superficielle à l'échelle du Crédit Lyonnais dont les agences ne sont pas encore équipées, bien qu'on envisage d'y utiliser le traitement de texte pour des opérations de publipostage dans un avenir plus ou moins lointain⁶⁶³.

L'exemple est également assez atypique, puisque les matériels ne sont pas attachés directement à un service en particulier, mais utilisés dans un relatif libre-accès, ce qui est loin d'être partout la règle et anticipe de manière assez précoce sur la ventilation des systèmes dans la décennie 1980 grâce au micro-ordinateur en permettant notamment aux cadres d'utiliser ponctuellement ces nouveaux matériels :

« On notera que les cadres s'assoient à l'occasion devant un clavier, notamment pour taper, éventuellement « avec un doigt », une petite proportion de lettres brèves et de notes de service ou mémos courts⁶⁶⁴. »

⁶⁶¹ YAGMOURIAN Armand, La bureautique aux avant-postes de l'innovation, in *Informatique et Gestion*, n°103, janvier-février 1979, p. 36-39.

⁶⁶² Ibid.

⁶⁶³ Ibid.

⁶⁶⁴ INSTITUT REMY Genton, *Etude du devenir du bureau. Le monde du bureau. Ses pratiques d'échange, ses regards, ses potentialités proposés aux outils et moyens avancés*, 1979 (Archives Nationales, 1984 0665 06)

2. Entre attentes, déceptions et craintes

En matière de bureautique, il est frappant de constater à quelques années d'écart

« la permanence des mêmes espoirs dans les bienfaits de la machine, qui libère l'homme, facilite son travail, le décharge des tâches fastidieuses⁶⁶⁵ ... »

qui la rattache à l'informatique et avant elle à la mécanographie qui avaient elles aussi suscité les espoirs d'une automatisation tous azimuts. Durant la décennie 1970, tout un champ lexical fait son apparition pour décrire les miracles attendus de l'informatisation du bureau. Armand Yagmourian a ainsi l'impression au Crédit Lyonnais de vivre la mise en place du « bureau de demain⁶⁶⁶ » qui doit bouleverser les rapports humains, sans que l'on sache bien dans quelle direction néanmoins...

La permanence des utopies techniques qui s'attachent à l'informatique subit néanmoins une inflexion dans les années 1970. Si elle verse toujours dans le messianisme technique, elle ne prend plus l'organisation – l'entreprise, l'administration ou la société – comme échelle de ses attentes. C'est l'individu, le travailleur, qui est le bénéficiaire de la révolution qui s'annonce. Dans la France de l'après Mai 68, l'entreprise sera émancipatrice ou ne sera pas et l'informatique est en la matière sa meilleure alliée.

Dès 1974, l'on voit ainsi fleurir des expressions comme « informatique conviviale⁶⁶⁷ », des discours sur la fin de l'asservissement au travail de bureau grâce au partage des tâches et des ressources que permettent les systèmes claviers-écrans⁶⁶⁸ ou la promesse de la démythification de l'ordinateur qui s'annonce accessible à tous notamment par le truchement du traitement de texte :

⁶⁶⁵ BERGER Pierre, Rétrolecture : au fil des pages depuis 1947, in *Informatique et Gestion*, n°100, octobre 1978, p. 33-44.

⁶⁶⁶ YAGMOURIAN Armand, La bureautique aux avant-postes de l'innovation, in *Informatique et Gestion*, n°103, janvier-février 1979, p. 36-39.

⁶⁶⁷ BERGER Pierre, Rétrolecture : au fil des pages depuis 1947, in *Informatique et Gestion*, n°100, octobre 1978, p. 33-44.

⁶⁶⁸ YAGMOURIAN Armand, La bureautique aux avant-postes de l'innovation, in *Informatique et Gestion*, n°103, janvier-février 1979, p. 36-39.

« L'homme de la bureautique est une sorte d'explorateur. Actuellement, l'informatique bute sur un phénomène de saturation psychologique. Le traitement de textes vient à propos démystifier l'informatique⁶⁶⁹. »

L'informatique ne doit plus seulement être efficace, mais aussi « accessible », c'est-à-dire proche de l'utilisateur :

« La principale idée pour ce qui est des ordinateurs de bureau est d'avoir un matériel très proche de l'utilisateur, aux niveaux hardware et software. Au niveau hardware, il y a toujours sur les ordinateurs de bureau des claviers numériques ou alphanumériques que l'on doit utiliser en permanence pour entrer des variables. C'est la grande différence avec l'ordinateur de type classique⁶⁷⁰. »

Une proximité qu'il s'agit de créer en comblant les distances que l'informatisation a elle-même créées dans les années 1960 et au début des années 1970 comme le relate Frédéric Withington dans *L'informatique Nouvelle* :

« Soyons francs et admettons-le : pour le profane, l'ordinateur est rebutant, et ceux qui travaillent autour de la machine le sont presque autant⁶⁷¹. »

Aussi les nouveaux équipements suscitent de grands espoirs de rénovation des organisations et font naître le mythe tenace du « bureau sans papier » où les documents n'auraient d'existence que numérique. Pour permettre cette révolution, c'est bien entendu l'écran qui doit se constituer en support principal pour l'information comme l'explique en 1979 Jean Martineau, chargé de mission au SCOM⁶⁷² :

⁶⁶⁹ Ibid.

⁶⁷⁰ Le match terminaux lourds contre ordinateurs de bureau, in *Informatique et Gestion*, n°56, avril 1974, p. 41-48.

⁶⁷¹ WITHINGTON Frederic, La programmation courtoise. Pour lubrifier les rapports homme-machine, in *L'Informatique Nouvelle*, n°6, août 1970, p. 66.

⁶⁷² Service Central d'Organisation et Méthodes relevant de la Direction du Budget au Ministère du Budget.

« L'affichage sur écran permet enfin d'éviter bon nombre d'éditions (terminaux d'ordinateurs), d'accélérer le temps de recherche (écran de vidéo-disque ou vidéo-fiche) et de corriger et de modifier les textes avant impression (systèmes de traitement de texte avec écran) [...] Si les nouvelles technologies permettent de concevoir, pour demain, un bureau sans papier, ce bureau sera toujours géré par un personnel dont les aspirations doivent être prises en compte⁶⁷³. »

Divergence néanmoins d'importance avec le projet porté par l'ergonomie : il n'est point besoin d'étude préalable des personnels ou de formation au long cours, les systèmes possédant les qualités nécessaires pour être maîtrisés en quelques pressions de touches :

« La manipulation d'un terminal, quel que soit le constructeur, peut être apprise à une employée en une demi-journée. C'est vraiment une chose extrêmement simple. Même moi, je sais m'en servir⁶⁷⁴. »

Pourtant et en dépit des qualités tant vantées des matériels de bureautique, les situations d'informatisation ne semblent pas être aussi simples qu'attendues. Les discours semblent aussi superfétatoires que les rejets sont importants. Certains le reconnaissent volontiers, d'autres préfèrent faire la sourde oreille :

« On ne parle jamais de corde dans la maison d'un pendu », de même la plupart des informaticiens hésitent à aborder franchement le problème des crises de rejet de l'informatique par l'entreprise. On l'évoque, on l'exorcise, on le craint, mais au fond on hésite à s'attaquer à ce problème social⁶⁷⁵. »

En 1977, Claude Salzman rédige un article très polémique intitulé « Les rejets de l'informatique » pour dénoncer cette autocélébration des techniciens aveugles aux

⁶⁷³ MARTINEAU Jean, L'organisateur face aux moyens de la bureautique, in *Congrès Bureautique 79 des 30 et 31 mai 1979 de Grenoble*, 1979, p. 17-29.

⁶⁷⁴ Le match terminaux lourds contre ordinateurs de bureau, in *Informatique et Gestion*, n°56, avril 1974, p. 41-48.

⁶⁷⁵ SALZMAN Claude, Les rejets de l'informatique, in *Informatique et Gestion*, n°87, mai 1977, p. 57-61.

difficultés des utilisateurs. Il y décrit les différents types de rejets qu'il a pu constater dans les entreprises françaises. De véritables conflits éclatent parfois face au sentiment qu'ont les salariés de ne pas être consultés, écoutés par les services informatiques : « l'informatique ne nous concerne pas, ils nous ignorent⁶⁷⁶. »

Plaintes auxquelles les informaticiens répondent par une mise en accusation des utilisateurs qui, c'est connu, ne comprennent rien et ne veulent rien comprendre :

« Les utilisateurs ne font aucun effort, ils cherchent à nous coincer [...] Les utilisateurs sont chez nous d'un niveau très bas, ils n'ont aucune initiative. Il faut les violer, ils nous laissent faire et ensuite ils se plaignent et freinent des quatre fers⁶⁷⁷ ... »

Certains services se mutinent alors contre l'entrée de l'ordinateur dans les bureaux :

« On rencontre couramment une autre forme de conflits : les conflits ouverts à la base. C'est une sorte de guerre de position entre l'informatique et ses utilisateurs potentiels. Elle est particulièrement nette au niveau des études ; certains services de l'entreprise cherchent à éviter par tous les moyens le contact avec le service informatique⁶⁷⁸. »

Ces rejets se traduisent pour l'entreprise par une hausse des coûts de maintenance, que l'auteur évalue à près de 30% de procédures inutiles provoquées par la mauvaise volonté du personnel, un retard dans les plans d'équipement et une détérioration très nette des rapports sociaux.

Les causes ne sont que rarement techniques, mais provoquées par « l'humain », ce facteur devant lequel les informaticiens se trouvent si souvent démunis.

« L'expérience montre que les rejets de l'informatique ont deux sortes de causes : il existe un petit lot de causes techniques qui expliquent

⁶⁷⁶ Ibid.

⁶⁷⁷ Ibid.

⁶⁷⁸ Ibid.

entre le quart et le tiers de la crise et le reste soit les deux tiers ou les trois quarts sont des causes « humaines⁶⁷⁹ ».

Jean Chanard, consultant, réalise au Congrès sur la bureautique organisé à Grenoble en 1979 une intervention qui souligne également le risque de parcellisation des tâches que provoquent les nouveaux outils et l'impératif d'adaptation du travailleur au rythme de sa machine qui est un des facteurs qui explique le désintérêt en augmentation dans le secteur tertiaire pour des tâches sans cohérence⁶⁸⁰.

Deux catégories de personnels sont particulièrement rétives : les cadres et les secrétaires. Les premiers parce qu'ils se sentent dépossédés de certaines de leurs prérogatives, humoristiquement illustré par la caricature de De Monte montrant l'attachement du cadre à sa secrétaire, symbole de pouvoir, que l'on cherche à remplacer parfois par un ordinateur⁶⁸¹. Les secondes parce qu'elles subissent de plein fouet une modernisation qui ne se fait pas sans heurts. Dans son article de 2000 sur les secrétaires et la nouvelle économie des bureaux, Josiane Pinto souligne les difficultés d'adaptation que les personnels de secrétariat ont du surmonter pour s'adapter aux machines électroniques, puis aux systèmes à visualisation et enfin, au début des années 1980, aux logiciels de traitements de texte :

« La maîtrise du traitement de texte qui s'est généralement effectué sans rupture majeure a cependant nécessité de la part des secrétaires des gens post une transformation des gestes et des habitudes de travail. Certaines ont traversé cette étape avec souffrance (les pleurs sont fréquemment évoqués) ; une minorité n'a pas franchi l'obstacle s'est trouvée reléguée dans des tâches subalternes ou contraintes à une retraite anticipée. Les difficultés, d'ordre plutôt psychologique, tenait souvent au fait que les secrétaires, surtout dans les petites et moyennes entreprises (soit plus de la moitié d'entre elles), devait se familiariser seul avec ce

⁶⁷⁹ Ibid.

⁶⁸⁰ CHANARD Jean, Réalités et impératifs de la vie au bureau, in *Congrès Bureautique 79 des 30 et 31 mai 1979 de Grenoble*, 1979, p. 3-15.

⁶⁸¹ Figure 30. Le latin et sa secrétaire (De Monte).

nouvel outil : elle continuait à assurer leurs tâches habituelles sans bénéficier de formation appropriée. En outre, quel que soit leur génération, les secrétaires insistent sur la nécessité, parfois éprouvante, de mise à jour permanente (équipement, habitudes de travail, apprentissage...), liée à l'obsolescence régulière et matérielle, et sur l'appréhension d'incidents techniques entraînant par exemple la perte de données⁶⁸². »

3. L'Iria, acteur de l'informatisation de la société

Dans ce contexte de prise de conscience de la place de l'utilisateur dans le processus d'informatisation, l'Iria et son directeur ont une carte à jouer avec leur équipe d'ergonomie dont les actions passées et présentes constituent une parfaite vitrine pour l'institut en matière de promotion d'une informatique « respectueuse du facteur humain ».

Les réalisations menées sur le Cautra par André Bisseret et son équipe contribuent à faire connaître le petit groupe d'ergonomes et dès la fin 1975⁶⁸³, des demandes affluent auprès de la direction de l'Iria pour obtenir leur collaboration sur des projets très différents les uns des autres. De plus en plus de responsables informatiques s'intéressent aux travaux

⁶⁸² PINTO Josiane, Les secrétaires et la nouvelle économie des bureaux, in *Actes de la recherche en sciences sociales*, vol. 134, septembre 2000, p. 62-65.

⁶⁸³ La première trace de proposition de collaboration date de 1975. Une note interne de Montpetit (directeur adjoint de l'Iria) envoyée à Bisseret fait état d'une demande de Mrs Decouzon et Mitanchez (respectivement Sous-Directeur à la Direction des Services Postaux et Administrateur, chef du bureau A6) pour l'obtention d'un audit ergonomique dans leurs services par Bisseret et son équipe. Il ne sera pas donné suite à cette demande (*Note interne 374 N/Dir.MM75 du 12 novembre 1975 pour l'intervention de l'équipe de psychologie ergonomique de l'Iria dans le cadre d'un audit pour le compte de la Poste, 1975 (Inria Rocquencourt, Boite 02 00 039)*).

menés sur le Cautra⁶⁸⁴ car depuis 1973, la renommée du groupe hors des murs du Cena et de l'Iria est en constante augmentation⁶⁸⁵.

Les membres de l'équipe participent régulièrement à des rencontres nationales ou internationales pour faire connaître leurs conclusions de recherche. Après plus de dix ans de travail à la DGAC, Bisseret, Sperandio et Enard peuvent en effet se targuer d'une expérience importante en matière d'adaptation de l'outil informatique au travailleur humain. Le premier cercle de réception de ces communications est évidemment celui des psychologues du travail ou des concepteurs d'interfaces homme-machine. Ainsi, Sperandio, dont la thèse soutenue en 1971 a fait grand bruit dans le milieu des psychologues du travail et lui a ouvert les portes de l'enseignement universitaire à Paris VIII⁶⁸⁶, organise une conférence à l'Ecole Nationale Supérieure de l'Aéronautique et de l'Espace dans le courant de l'année 1973. Bisseret est invité à participer au séminaire « dialogue contrôleur-ordinateur » tenu à l'Institut Eurocontrol, du 7 au 11 mai 1973 au Luxembourg⁶⁸⁷.

La grande scène francophone de promotion et de circulation des idées dans le domaine de l'ergonomie est la conférence annuelle organisée par la Self, la Société d'Ergonomie de Langue Française. Fondée en 1963, elle rassemble lors de son congrès annuel des spécialistes français, suisses, québécois ou venus du Benelux qui représentent toutes les spécialités relatives à l'analyse du travail humain (essentiellement des

⁶⁸⁴ « On a toujours eu plus d'importance à l'extérieur qu'à l'intérieur (de l'Iria)... Beaucoup plus estimé à l'extérieur... Ce n'est pas à moi de le dire, mais tout de même, compte-tenu de ce que j'ai pu entendre ici où là, je crois que ce que nous avons fait sur le contrôle aérien a été considéré comme exemplaire, en France au moins (peut-être un peu aussi ailleurs) (...) Or, cela faisait un moment que l'on sentait qu'une demande était née pour le genre d'études que nous faisons à la Navigation Aérienne. Des ingénieurs venaient me trouver en souhaitant des études du même genre chez eux. Alors qu'avant il fallait prêcher pour l'ergonomie, j'ai senti qu'il y avait de la demande qui arrivait et qu'il s'agissait d'un changement brutal. » (THIERRY Benjamin, *Entretien avec André Bisseret* (12 novembre 2001)).

⁶⁸⁵ « Par ailleurs, l'équipe de l'Iria, détachée à la navigation aérienne, sur convention, a poursuivi son important travail d'ergonomie liée à l'étude de l'introduction des automatismes et de l'informatique dans le contrôle du trafic aérien. Ces études commencent à connaître un intéressant retentissement international et ont donné lieu à de nombreuses publications. » (*Brouillon dactylographié du rapport d'activité de l'Iria pour 1973 au Conseil d'Administration*, 1973 (Inria Rocquencourt, Armoire 9)).

⁶⁸⁶ SPERANDIO Jean-Claude, *Compléments d'analyse pour la formation au contrôle d'approche des élèves OCCA de l'Enac (N72-031)*, 1972 (Les amis du Cena, Notes)

⁶⁸⁷ *Rapport d'activité de l'Iria pour 1973*, 1973 (Inria Rocquencourt, Armoire 9)

psychologues, médecins du travail ou physiologistes)⁶⁸⁸. Bisseret y présente une communication sur ses travaux chaque année de 1972 à 1975 à l'exception de 1973 où il se rend au Ve congrès de l'International Ergonomics Association (IEA), fondée en 1961 et équivalent anglo-saxon de la Self.

Ainsi, pour la seule année 1976, les ergonomes participent en juillet au Congrès de la société d'Ergonomie de Langue Française, en octobre à l'organisation d'un cours intitulé « Interaction homme-machine et travail humain⁶⁸⁹ » et à la commission « Sciences humaines » du VIIe plan⁶⁹⁰.

Le milieu des années 1970 est le moment où, la renommée aidant, André Bisseret décide de recruter des étudiants en psychologie (en thèse pour la plupart) pour étoffer son équipe et faire face aux demandes qui s'accumulent. En 1976, l'équipe compte André Bisseret, Jean-Claude Sperandio, Claude Enard, Alain Michard, Pierre Boutin et Alain Girard⁶⁹¹.

Profitant de sa bonne entente avec André Danzin depuis 1972, André Bisseret va également plaider sa cause auprès du directeur de l'Iria en faisant valoir que la convention de recherche passée avec la DGAC peut être dénoncée à tout moment et que plusieurs contrats lui ont été proposés, contrats qu'il ne peut honorer tant qu'il sera chercheur sur contrat sans poste fixe à l'Institut :

« Je suis donc allé voir Danzin. C'était à ce moment qu'il était en train de participer au Livre Blanc. Je n'ai pratiquement pas eu à plaider ; je lui ai exposé les choses, la demande croissante à l'extérieur, le besoin d'étudier d'autres domaines, etc. et je lui ai demandé un poste pour développer ça. Notre entretien n'a pas duré très longtemps. Il m'a dit qu'il

⁶⁸⁸ <http://www.ergonomie-self.org/Pages/self/histoire/histmetz.html> présente un bref historique de la fondation de la Société d'Ergonomie de Langue Française, Bernard METZ, Juin 1991.

⁶⁸⁹ *Rapport d'activité du Sessori*, 1976 (Inria Rocquencourt, Armoire 23)

⁶⁹⁰ Ibid.

⁶⁹¹ « Nous étions une grosse équipe à l'époque. Sperandio devait déjà être professeur, mais il y avait avec moi, Michard, Boutin, Enard et Girard. » (THIERRY Benjamin, *Entretien avec André Bisseret* (12 novembre 2001)).

était tout à fait pour, en gros parce « qu'il était pour que l'on se préoccupe de l'humain dans l'informatique ». Et, dès cet entretien, il m'a dit « moi, je vous donne un poste à partir du début 1976 (nous étions en 1975) ; et vous vous débrouillez, vous avez montré que vous savez le faire, vous obtenez des contrats et allez-y...⁶⁹² »

4. Le rôle du livre blanc du CCRI

Le contexte au sein de l'Iria est favorable en 1975-1976 à une intégration de l'équipe après sa longue précarité initiée en 1969 par la signature de la première convention avec la DGAC notamment du fait de la rédaction et de la présentation du Livre Blanc du CCRI.

Présenté le 9 décembre 1975 à la presse⁶⁹³, le « Livre Blanc » du CCRI est le fruit d'une réflexion d'envergure menée depuis deux ans par les acteurs de la recherche en informatique en France. Son maître d'œuvre est André Danzin, vice-président du comité de rédaction⁶⁹⁴. Cette réflexion sur les maux de la recherche française propose plusieurs pistes d'amélioration. Loin de se limiter au simple domaine de la recherche, le rapport analyse et propose une orientation à suivre pour réussir les transferts de connaissances vers l'industrie et c'est dans ce cadre que les membres du CCRI sont amenés à se pencher sur l'ergonomie de l'informatique.

En effet, les innovations technologiques récentes (terminaux interactifs tactiles de type Digitatron, mini-ordinateurs, microprocesseurs⁶⁹⁵, gamme d'ordinateurs de gestion et débuts de la bureautique) et la mutation des usages (passage de l'informaticien scientifique à l'informaticien gestionnaire et plus encore apparition de l'utilisateur novice) promettent une ouverture de l'informatique à des publics plus larges :

⁶⁹² Ibid.

⁶⁹³ *Rapport d'activité de l'Iria pour 1975, 1975* (Inria Rocquencourt, Armoire 9).

⁶⁹⁴ THIERRY Benjamin, *Entretien avec André Danzin* (2001).

⁶⁹⁵ Le premier microprocesseur est élaboré en 1971 par Intel (CERUZZI Paul, *A history of modern computing*, MIT Press, Cambridge, 2003, 446 p.).

« Depuis peu, mais de façon très rapide, chez les responsables de grands projets en particulier, on assiste à la prise de conscience du rôle de l'homme en tant qu'élément fondamental des systèmes mis en place ; une période se termine qui a vu la recherche centrée sur les seuls éléments technologiques des systèmes de travail : Le thème « communication homme-machine » recouvrait en fait des recherches sur les outils de communication et non sur la communication elle-même.

Ne s'appuyant pas sur des recherches concernant l'activité de l'opérateur humain, l'introduction de l'informatique dans le travail des agents (à part les cas où il s'est agi de reproduire ce qui se faisait en manuel) s'est souvent soldée par des réussites peu convaincantes, des fonctionnements partiels voire des échecs complets.

Le CCRI en son livre blanc, insiste plusieurs fois, tant à propos de l'informatique que de l'automatique sur la nécessité de tenir compte des paramètres humains pour la conception et l'insertion des systèmes automatisés.

Ceci suppose une stratégie de conception de système « homme-machine » et s'appuyant donc, conjointement aux recherches technologiques, sur des recherches sur l'activité (et en particulier sur l'activité cognitive) des opérateurs⁶⁹⁶. »

Si l'ergonomie et ses méthodes sont abondamment citées, la discipline est toujours rejetée hors du champ des réflexions relevant strictement de la conception informatique : l'ergonome est maintenu à la périphérie, « *extra-informatique*⁶⁹⁷ ». Ainsi, avant de voir l'ergonomie comme un contributeur possible pour améliorer l'outil, c'est avant tout un domaine où l'utilisation de l'ordinateur pourra servir à améliorer la qualité des recherches :

⁶⁹⁶ *Rapport d'activité du Sesori, 1976 (Inria Rocquencourt, Armoire 23)*

⁶⁹⁷ *Procès verbal de la séance du 26 juin 1975 du CCRI, 1975 (Inria Rocquencourt, Boite 02 00 019)*

« En ergonomie, l'informatique permet de modéliser les processus cérébraux des opérations intellectuelles, de mesurer la fatigue et de proposer de dispositifs qui réduisent la peine et les erreurs d'attention⁶⁹⁸. »

Mais la nouveauté qu'introduisent les débats du CCRI, le recours à une adaptation de l'ordinateur à l'utilisateur, repose également sur une incompréhension profonde de l'ergonomie qu'on assimile aux sciences de l'organisation. Aussi, André Bisseret est mis à contribution pour rédiger une annexe concernant ce domaine⁶⁹⁹ pour le Livre Blanc. Bien entendu les deux disciplines n'ont pas grand-chose en commun, au plus partagent-elles une fonction adaptative de l'ordinateur au contexte humain dans l'esprit des administrateurs et informaticiens une fois la machine en place sur le lieu de son exploitation... L'ergonomie cognitive que pratiquent Bisseret et son équipe n'a pas pour but d'adapter la machine aux usages d'une communauté selon une méthode vaguement inspirée de la sociologie des organisations (ce que font les sciences de l'organisation, prolégomènes du management), mais d'opérer une modélisation des processus mentaux de l'opérateur, conçu comme entité pensante, et d'y adapter le fonctionnement machine.

Les réflexions du CCRI ont néanmoins le mérite de relever deux états de fait dommageables de la recherche en informatique en France. Premièrement, les

« connaissances en informatique sont inégalement avancées. Schématiquement le matériel déjà disponible est plus évolué que nos techniques pour en tirer parti. On sait mieux fabriquer que l'on ne sait utiliser⁷⁰⁰. »

Ensuite, qu'il y a une lacune criante des recherches conduisant à connaître les conditions d'utilisation de l'ordinateur par les utilisateurs, car « peu de recherches en sciences humaines ont été menées sur les situations d'implication entre l'homme et l'ordinateur⁷⁰¹. » Et cela n'a rien de bien étonnant, comme le confirme aujourd'hui André

⁶⁹⁸ Livre blanc du CCRI (archive du projet), 1975 (Inria Rocquencourt, Boîte 02 00 021)

⁶⁹⁹ Procès verbal de la séance du 20 mars 1975, 1975 (Inria Rocquencourt, Boîte 02 00 021).

⁷⁰⁰ Préparation du Livre Blanc en 1974 – Correspondance, 1974 (Inria Rocquencourt, Boîte 02 00 021).

⁷⁰¹ Ibid.

Danzin, aucune activité d'ergonomie de l'informatique ne coexiste avec celles de l'équipe d'Orly pendant cette période⁷⁰².

Deuxièmement, l'introduction de l'informatique hors de son lieu de naissance, ce passage de l'informatique scientifique à une informatique de gestion, se heurte à des résistances chez les personnels concernés par cette mutation des usages dans leur travail du fait d'une « barrière psychologique dont souffre la diffusion de l'informatique⁷⁰³. »

Les membres du CCRI sont conscients que l'ordinateur quand il ne respecte pas les modes de fonctionnement de celui qui doit l'utiliser est un puissant facteur de déshumanisation du travail, l'opérateur sous-utilise alors sa machine ou l'abandonne purement et simplement. À ces résistances psychologiques l'ergonomie propose une solution psychologique. C'est en ce sens qu'elle propose une solution adaptée pour faciliter l'informatisation de la société, dans une dimension conçue comme curative.

Les solutions proposées par le Livre Blanc reposent donc sur une ambiguïté : l'utilisation de l'ergonomie de l'informatique est recommandée et même soulignée comme étant un des domaines de recherches d'importance accueilli par l'Iria, mais son fonctionnement est mal connu de ceux qui en font la promotion et son action n'est conçue que sous l'angle de la facilitation de l'informatisation, jamais comme un acteur de la conception des dispositifs.

Après la méconnaissance totale de l'existence de l'ergonomie, puis sa découverte en 1972-1973 par André Danzin, s'ouvre en de 1974 à 1976 l'ère de l'expansion mêlée d'incompréhension. Ainsi le rapprochement de l'ergonomie et des sciences de l'organisation est un fait capital pour comprendre les attentes qu'elles suscitent toutes deux auprès des autorités. Les deux disciplines prétendent être associées au stade de la conception machine et non pas cantonnées à un rôle correctif ou curatif des défauts de l'ordinateur confronté aux novices. Elles forment, chacune à leur manière, un foyer de résistance à l'isolationnisme de l'informaticien. Après la publication du Livre Blanc,

⁷⁰² « Benjamin Thierry : « Parce qu'à l'époque personne ne menait ce type de recherche ? », André Danzin : « Non, pas à ma connaissance. » (THIERRY Benjamin, *Entretien avec André Danzin* (2001)).

⁷⁰³ *Préparation du Livre Blanc en 1974 – Correspondance*, 1974 (Inria Rocquencourt, Boite 02 00 021).

plusieurs réactions reçues par André Danzin témoignent de cette volonté d'être pris en compte. L'une d'elle, celle de Bruno Lussato, professeur d'analyse des systèmes d'organisation du Cnam, est un prêche ardent pour une analyse préalable de l'organisation d'une structure avant l'insertion de l'ordinateur afin que cette dernière réussisse :

*« Il faut définir l'organisation avant les moyens informatiques...
Voici les assertions qui courent les rues depuis des années mais qui, malgré
des efforts louables et sporadiques, sont restés à l'état de vœux pieux⁷⁰⁴ ».*

Comme l'ergonome, le tenant des sciences de l'organisation conteste à l'informaticien le pouvoir qu'il s'arroge d'être l'artisan unique de la réussite de l'informatisation de la société :

*« La véritable raison de l'échec de l'informatique et des
informaticiens : la méconnaissance profonde des règles fondamentales de
l'organisation⁷⁰⁵. »*

Le professeur Bourgeois⁷⁰⁶ acquiesce aux critiques de son collègue du Cnam dans la lettre qu'il fait également parvenir à André Danzin suite à la parution du Livre Blanc :

*« Je rejoins ici le professeur Lussato lorsqu'il dit [...] « la véritable
raison de l'échec de l'informatique et des informaticiens : la
méconnaissance profonde des règles fondamentales de l'organisation⁷⁰⁷. »*

L'influence du Livre blanc sur les recherches en ergonomie est importante. Elle confère à la nouvelle discipline un rôle important dans l'informatisation de la société regrettant le « peu de recherches en sciences humaines qui ont été menées sur les

⁷⁰⁴ LUSSATO Bruno, *Note complémentaire au rapport du CCRI de Juillet 1975 adressé à André Danzin*, 1976 (Inria Rocquencourt, Boite 02 00 023).

⁷⁰⁵ Ibid.

⁷⁰⁶ Professeur au Centre de Formation Supérieure du Management.

⁷⁰⁷ *Lettre du Pr Bourgeois adressée à André Danzin concernant la parution du Livre Blanc du CCRI*, 1976 (Inria Rocquencourt, Boite 02 00 023).

situations d'implication entre l'homme et l'ordinateur⁷⁰⁸ » tout en favorisant l'obtention de nouveaux moyens d'action dès 1976.

Les conclusions du Livre Blanc illustrent également un véritable « market pull » porté par certaines grandes administrations et entreprises publiques, en demande d'une informatisation de leurs services respectueuse de leur manière originelle de travailler et des procédures de travail élaborées précédemment par leurs personnels. Comme dans le cadre de la Navigation Aérienne, l'on veut trouver dans l'informatique une aide sans induire un bouleversement des habitudes collectives et personnelles. Ces éléments motivent en partie le

« Lancement de la section Bisseret dans le cadre du Sesori. Débordé de demandes sur des sujets concrets et urgents (...) (navigation aérienne, Direction Générale des Impôts, Médecine, etc ...) ⁷⁰⁹. »

Souhaitant respecter les lignes d'orientation définies par le CCRI et personnellement persuadé de la valeur des recherches de l'équipe d'ergonomie, André Danzin fait engager André Bisseret sur poste budgétaire Iria au 1^{er} janvier 1976⁷¹⁰ avec enthousiasme :

« J'ai trouvé que c'était une « pierre précieuse » qui était à ramasser. C'est pourquoi vous (la) voyez apparaître au moment où le CCRI définissait un certain nombre de routes⁷¹¹. »

La convention de recherche avec la DGAC est alors dénoncée unilatéralement par l'Iria le 31 décembre 1975 et reconduite au 1^{er} janvier 1976 après la prise en compte du nouveau statut d'André Bisseret ce qui, nous l'avons souligné, lui permet probablement de perdurer étant données les pressions budgétaires subies par Dominique Alvarez concernant le coût de son équipe d'ergonomie pendant la période 1974-1975.

⁷⁰⁸ Notes dactylographiées intitulées 'Projet Livre Blanc', 1974 (Inria Rocquencourt, Boite 02 00 021).

⁷⁰⁹ CCRI, Livre Blanc. Réflexions 1976 et suites données au Livre Blanc du CCRI, 1976 (Inria Rocquencourt, Boite 02 00 023).

⁷¹⁰ Contrat d'engagement d'André Bisseret sur poste budgétaire Iria au 1er janvier 1976, 1975 (Archives Personnelles d'André Bisseret, Contrats et convention).

⁷¹¹ THIERRY Benjamin, Entretien avec André Danzin (2001).

A partir de cette date, l'ergonomie de l'informatique devient une *action de recherche* et continue de tirer l'essentiel de ses crédits des contrats passés à l'extérieur de l'Iria. C'est un des rares axes de travail rentable au sein de l'institut à cette date. L'apport financier contrebalançant avantageusement la marginalité des recherches. Les demandes sont d'ailleurs si nombreuses qu'elles ne peuvent pas toutes être acceptées :

« On doit citer également comme évolution majeure de la liaison avec le secteur économique et social la réussite de la cellule de recherches en « ergonomie des systèmes automatisés » confiée à André Bisseret au sein du SESORI pour l'amélioration de l'interaction homme-machine. La liste des demandeurs d'études s'est beaucoup étendue ; Le contrôle de la navigation aérienne qui a longtemps joué le rôle de pionnier est maintenant suivi par des demandeurs aussi typiques et variés que la Direction Générales des Impôts, la Sécurité Sociale, certains organismes du secteur bancaire, un service d'obstétrique à Paris, l'Institut de Recherches des Transports ... Il y a là une sorte de foisonnement des demandes d'intervention sur une spécialité encore peu développée à l'étranger, mais d'une grande importance économique-sociale⁷¹². »

Admis comme étant une pièce essentielle du dispositif d'informatisation de la société par la direction de l'Iria et le CCRI, reconnus en France et à l'étranger pour leurs travaux très innovants sur l'ergonomie de l'informatique, passant d'un statut précaire à une affectation sur poste fixe et sollicités pour des contrats toujours plus nombreux, les ergonomes de l'Institut semblent à leur apogée en 1976. L'entrée au Sesori⁷¹³ marque l'entrée des recherches en ergonomie dans une nouvelle ère après la période : celle de la diversification des études et de la maturité :

« Mais au 1er janvier 1976, j'entre sur un poste IRIA au lieu d'être sur contrat et Danzin me dit, c'est le moment où ça commençait à bouger, où des gens venaient nous voir pour nous dire qu'ils voudraient bien faire

⁷¹² Rapport d'activités de l'Iria, 1977 (Inria Rocquencourt, Armoire 9).

⁷¹³ Service de synthèse et d'orientation de la recherche en informatique.

comme ce que l'on faisait à Orly... Et il me dit je vous donne un poste et vous vous débrouillez... C'est donc à partir de 1976 que ça bouge et que j'obtiens des contrats, avec la RATP, Renault, Beaudelocque, je sais plus quoi, et voilà⁷¹⁴...

B. L'ergonomie, discipline en cours de structuration

L'ergonomie est une discipline aujourd'hui bien structurée. A partir de 1992, les ergonomes sont rattachés à la 16^e section du CNU⁷¹⁵ alors dirigée par Claude Bastien et Christian Guillevic⁷¹⁶. Hors du monde universitaire, les professionnels ont acquis une réelle visibilité au sein d'entreprises spécifiquement dédiées à la pratique ergonomique ou dotées de services spécialisés.

Si les querelles d'écoles n'ont pas cessé⁷¹⁷, le champ a gagné une réelle homogénéité autour d'institutions, de pratiques et de récits mythiques des origines qui s'appuient sur une galerie bien fournie de pères fondateurs⁷¹⁸ qui font référence.

Au milieu des années 1970, il n'en va pas de même. La discipline n'existe encore qu'au sein des associations professionnelles qui s'en réclament à l'image de la Société d'Ergonomie de Langue Française qui est la plus connue d'entre-elles et autour de quelques dizaines de praticiens qui ont été formés dans des disciplines très diverses, de la médecine à la psychologie.

Les lignes de fractures entre pratiques et orientations théoriques sont encore vives et dans ce cadre, la psychologie ergonomique de l'informatique est un domaine neuf et marginal qui s'impose peu à peu comme un secteur nécessaire d'une discipline qui

⁷¹⁴ THIERRY Benjamin, *Entretien avec André Danzin* (2001).

⁷¹⁵ Aujourd'hui « Psychologie, psychologie clinique, psychologie sociale ».

⁷¹⁶ MONTMOLLIN DE Maurice, *Les systèmes hommes-machines*, Presses Universitaires de France, Paris, 1967, 221 p.

⁷¹⁷ THIERRY Benjamin, *Entretien avec André Bisseret* (12 novembre 2001).

⁷¹⁸ BRANGIER E & DROUIN A, *Histoire de l'ergonomie* (consulté le 11 avril 2013, http://www.canal-u.tv/producteurs/universite_paul_verlaine_metz_sam/histoire_s_de_l_ergonomie).

abandonne progressivement l'étude exclusive des corps pour se tourner vers l'examen d'activités à forte composante intellectuelle.

1. La Self et la promotion d'une ergonomie

« francophone »

La Société d'Ergonomie de Langue Française est la principale arène de discussion et de structuration de la profession en France et au Benelux. Elle est fondée en 1963 après que quelques Français réunis deux ans plus tôt à Stockholm durant un congrès de « l'International Ergonomic Society » aient décidés de tenter d'échapper à l'hégémonie anglo-saxonne des « human factors ⁷¹⁹ » anglo-saxons. En effet, « l'International Ergonomic society » est à cette date l'émanation internationale de « l'Ergonomics Society » qui est la première association professionnelle créée en 1949 en Angleterre sous l'égide des représentants de la psychotechnique britannique et américaine ⁷²⁰ : Sir Frederic Bartlett, Donald Broadbent, W. E. Hick, Alan Welford, et J. S. Weiner ⁷²¹.

La fondation de la Self a pour but de dépasser

« les impasses du scientisme stérile de la psychologie des aptitudes, et [...] les approximations athéoriques de l'organisation du travail ⁷²² »

telles qu'on les pratique aux États-Unis et selon son article 1 de

« promouvoir les recherches dans le domaine des Sciences physiologiques et psychologiques, en particulier appliquées au Travail Humain dans la perspective d'une meilleure adaptation des méthodes, des moyens et des milieux de travail ⁷²³. »

⁷¹⁹ MONTMOLLIN DE Maurice, Généalogies, in *Sur le travail. Choix de textes (1967-1997)*, 1997, p. 153-160. Les promoteurs de cette solution sont Faverge et Scherrer.

⁷²⁰ SHAHNAVAZ Housang, The Ergonomics Society Society's Lecture 1995 Making ergonomics a world-wide concept, in *Ergonomics*, vol. 39, n°12, 1996, p. 1391-1402.

⁷²¹ *The ergonomics society. A History (1949-1970)*, 1971 (Archives CNAM de l'IEA, Boite IEA History).

⁷²² MONTMOLLIN DE Maurice, Généalogies, in *Sur le travail. Choix de textes (1967-1997)*, 1997, p. 153-160.

⁷²³ *Bulletin de la Self n°19 Décembre 1978*, 1978 (Archives de la Self, Boite 286J41).

Cette volonté d'encourager une approche « francophone » de l'ergonomie est motivée par le rejet d'une pratique anglo-saxonne fondée en grande partie sur les tests d'aptitudes et de matériels nés durant la Seconde Guerre Mondiale et de développer un champ de recherche qui existe depuis la fin du XIXe siècle en France⁷²⁴ et qui se structure autour de la psychotechnique d'une part et de la médecine du travail d'autre part.

Une naissance américaine

En effet, selon Maurice de Montmollin⁷²⁵, l'ergonomie est née aux États-Unis durant le Second Conflit Mondial « *des amours de la psychologie et des corps militaires, l'aviation et la marine essentiellement*⁷²⁶. »

Cette opinion est aujourd'hui largement partagée par l'ensemble de la communauté des ergonomes comme l'illustrent les nombreuses introductions d'ouvrages qui retracent brièvement l'histoire de la discipline ou le travail de mémoire réalisé en 2013 par Eric Brangier et Annie Drouin⁷²⁷ à l'Université de Lorraine. Ainsi, Jean-Claude Sperandio⁷²⁸, dans son livre sur la psychologie ergonomique, affirme que c'est

« *la production de matériels militaires, complexes pour l'époque, qui, lors de la guerre 1939-1945, provoqua l'essor de l'Human Engineering américain et, en tout premier plan, le développement des recherches de psychologie expérimentale*⁷²⁹. »

⁷²⁴ RIBEILL Georges, Les débuts de l'ergonomie à la veille de la Première Guerre Mondiale, in *Le mouvement social*, n°113, 1980, p. 3-36.

⁷²⁵ Maurice de Montmollin est ergonomiste et a dirigé la publication de nombreux ouvrages sur le sujet aux éditions Ocarès.

⁷²⁶ MONTMOLLIN DE Maurice, *Les systèmes hommes-machines*, Presses Universitaires de France, Paris, 1967, 221 p.

⁷²⁷ BRANGIER E & DROUIN A, *Histoire de l'ergonomie* (consulté le 11 avril 2013, http://www.canal-u.tv/producteurs/universite_paul_verlaine_metz_sam/histoire_s_de_l_ergonomie).

⁷²⁸ Professeur d'ergonomie à l'Université Paris VIII et collaborateur d'André Bisseret à l'IRIA dans le cadre du projet d'ergonomie de l'informatique de 1967 à 1990.

⁷²⁹ SPERANDIO Jean-Claude, *La psychologie en ergonomie*, Presses Universitaires de France, Paris, 1980, 254 p.. Guillevic partage cet avis quant à l'apparition de l'ergonomie, qu'il situe également dans l'application de la psychologie expérimentale à la confection des postes de pilotages des avions de chasse et de blindés : « la nécessité d'adapter des postes de pilotage des chars et des avions, créés en masse pour la seconde guerre mondiale, (qui) va donner un coup de fouet aux travaux visant à adapter les postes de travail. » (GUILLEVIC Christian, *La psychologie du travail*, Nathan, Paris, 1999, 255 p.).

Plutôt qu'une naissance stricto sensu, il serait plus juste de parler des prolégomènes de l'ergonomie. Car ce qui semble émerger au milieu des années 1940 aux États-Unis, c'est le souci, pour la première fois exprimé dans l'histoire du travail, d'une adaptation de la machine à l'homme⁷³⁰. Souci que l'on voit apparaître à nouveau au début des années 1960 dans le projet d'informatisation du contrôle aérien français à l'occasion d'une deuxième étape de complexification des dispositifs avec l'arrivée de l'informatique.

À l'aube du second conflit mondial, les états-majors anglais et américains font reposer leur système de sélection et d'affectation des recrues sur un ensemble des tests d'aptitudes psychotechniques⁷³¹. Des psychologues et des médecins sont intégrés aux armées pour assurer la sélection des hommes à l'aune des capacités de chacun. Par ces tests, on essaie de formaliser les aptitudes physiques et psychologiques des futurs soldats dans le but d'associer aux armements les plus complexes les équipes les plus efficaces et les individus les plus capables. En ce sens, on adapte l'homme à la machine. Pour se donner les moyens de cette sélection à grande échelle plusieurs départements universitaires sont fondés aux États-Unis et en Angleterre pour servir de cadre à la recherche en psychotechnique appliquée aux armées⁷³².

⁷³⁰ « A cette prise de conscience correspond la phase des études « centrées sur l'homme », ce que les Anglo-Saxons ont nommés « l'Human Engineering. » (MONTMOLLIN DE Maurice, *Les systèmes hommes-machines*, Presses Universitaires de France, Paris, 1967, 221 p.).

⁷³¹ PALMADE Guy, *La psychotechnique*, Paris, 1983, 128 p.

⁷³² L'*Applied Psychology Unit of Cambridge University*, placé sous la direction de Sir Bartlett, est créé en 1939. Il est le premier organisme universitaire anglais de psychologie destiné à fournir aux militaires des études sur leurs armements. La même année, le *National Research Council Committee on Aviation Psychology*, est fondé aux États-Unis sous la direction de Jack Jenkins. Parallèlement à ces nouvelles fondations, d'anciens départements laissés dans le giron universitaire réorientent leurs recherches selon les nécessités du moment. C'est le cas de S.S. Stevens et J.C. Licklider du *Harvard's University's Psycho-Acoustic Laboratory* qui commencent, en 1940, des recherches sur les contraintes de bruit et d'altitude dans la compréhension des ordres oraux à l'intérieur des cockpits selon les gammes de fréquences employées. En 1940 aux États-Unis, un organisme national, l'*Applied Panel of the National Defense Research Committee*, dirigé par le colonel John Flanagan⁷³², est constitué pour regrouper les travaux de tous les départements de recherche en psychologie appliquée du pays. Comme les initiatives précédentes, il s'agit de fournir des études sur les matériels militaires pour établir la sélection la plus cohérente possible au sein des contingents. Mais la grave crise dans le recrutement des pilotes et des personnels navigants de l'*US Air Force* provoque une remise en question radicale de ces principes de sélection au début de l'année 1941. Remise en question dont les conclusions seront ensuite étendues aux autres armes. (ROSCOE Stanley, *The adolescence of Engineering psychology*, in *Human factors and ergonomics Psychology*, 1997, p. 355., MEISTER David, *The history of human factors and ergonomics*, Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, 1999, 382 p.).

Assez rapidement, les seuls ressorts de la formation ne suffisent plus pour assurer un niveau d'efficacité satisfaisant du couple homme-machine sur les armements modernes et apparaissent alors pour la première fois dans les rapports des états-majors de l'air, entre fin 1942 et début 1943, la notion de *human error* et de *pilot error*⁷³³. Les analyses faites par les groupes de psychologues et d'ingénieurs démontrent que les pertes d'appareils, au combat ou par suite d'accidents, sont moins le fait d'infériorité ou d'avarie technique que d'erreurs de pilotage ou de limite de la résistance des personnels embarqués aux conditions de vol. Un horizon conçu comme indépassable est rattrapé : la machine aussi complexe et technologiquement avancée soit-elle ne sert plus à rien quand la défaillance est humaine. Il faut dès lors, pour résoudre le problème du recrutement, inverser les termes du problème : l'homme ne doit plus s'adapter à la machine mais c'est la machine qui doit être à la mesure de l'homme.

L'apparition des rapports d'utilisation faisant mention des erreurs humaines comme première cause de la perte de matériel et de pilotes, amènent les psychotechniciens à se tourner vers la machine pour la rendre plus facile à manipuler, plus conforme dans sa structure à la physiologie et au comportement psychologique de ses utilisateurs. C'est désormais à la mesure de l'homme qu'il faut concevoir les systèmes et ainsi permettre leur utilisation par le plus grand nombre.

Comme le note Montmollin, c'est à ce moment qu'on « *se tourna enfin vers la machine en cherchant à l'adapter, elle, aux caractéristiques des opérateurs humains*⁷³⁴ », renversement du paradigme fondamental dans le domaine de la conception d'outils qu'ils soient à destination des militaires ou des civils. « L'engineering psychology », les « human factors sciences », « l'human engineering », autant de termes qui se mettent à

⁷³³ CHAPANIS Alphonse, *Applied experimental psychology: human factors in engineering design*, Wiley, New York, 1949, 434 p.

⁷³⁴ MONTMOLLIN DE Maurice, *Les systèmes hommes-machines*, Presses Universitaires de France, Paris, 1967, 221 p.

désigner cette coopération, entre médecins, physiologistes, psychologues et ingénieurs, qui visent à rendre le matériel plus accessible à ses utilisateurs⁷³⁵.

« L'Human Engineering » ou « l'Engineering Psychology » se préoccupent alors essentiellement de

« la perception (attention et vigilance), (des) ajustements sensori-moteurs et (de) l'apprentissage », ce qui donne « lieu à l'ergonomie des dispositifs de présentation variés, mais principalement visuels (displays), et à l'ergonomie des commandes (controls)⁷³⁶. »

La percée conceptuelle fondamentale est réalisée, le regard ergonomique sur le couple homme-machine est rendu possible.

C'est ensuite en partie pour se démarquer partiellement de la psychotechnique, taxée de « réductionnisme⁷³⁷ », que quelques psychologues du travail se retrouvent dans les années 1950 autour du terme « d'ergonomie » popularisé par le psychologue anglais

⁷³⁵ En 1943, comme le rapporte Roscoe, le lieutenant Alphonse Chapanis se rend auprès de pilotes et de copilotes de bombardiers, pour essayer de comprendre pourquoi les appareils s'écrasent sans raison apparente, par temps clair, en retour de mission, au moment d'atterrir. Après plusieurs heures de vol en compagnie des équipages, Chapanis se rend compte de la présence d'un défaut de conception dans le système de commandes du cockpit des bombardiers. D'un strict point de vue mécanique, tout fonctionne parfaitement, ce qu'avaient déjà révélé les expertises après tous les atterrissages ratés. Mais la configuration des commandes accessibles au copilote peut porter à confusion et provoquer l'accident. En effet, après sa phase d'approche, le bombardier doit sortir ses trains d'atterrissage une fois placé dans l'alignement de la piste. Mais avant de sortir les trains, le copilote doit ouvrir les trappes qui les contiennent. Or, les deux manettes sont côte à côte dans le cockpit : « *Still, he immediately noticed that the side-by-side wheel and flap controls (in most cases identical toggle switches or nearly identical levers) could easily be confused* ». Et si les opérations sont inversées, les trains se bloquent, ne peuvent plus être sortis et provoquent un atterrissage sur le ventre la plupart du temps synonyme de destruction de l'appareil. L'étude comportementale de Chapanis montre que parfois, le copilote pose la main sur la mauvaise manette, du fait de son positionnement proche de la seconde, et se reprend au dernier moment. Une solution simple est adoptée pour régler le problème. Les ingénieurs relient les deux systèmes mécaniques. Cela permet de n'avoir plus qu'une seule manette et d'ouvrir automatiquement les trappes quand on souhaite sortir les trains (ROSCOE Stanley, *The adolescence of Engineering psychology*, in *Human factors and ergonomics Psychology*, 1997, p. 355.).

⁷³⁶ SPERANDIO Jean-Claude, *La psychologie en ergonomie*, Presses Universitaires de France, Paris, 1980, 254 p.

⁷³⁷ HUTEAU Maurice, *L'école française de psychotechnique (1900-1940)*, in *Les histoires de la psychologie du travail*, Octarès Editions, Toulouse, 1999, pages 21-45.

Murrell en 1949⁷³⁸, une manière nouvelle de désigner ce que les Américains nomment « Human Factors ». La volonté d'ancrer la psychologie industrielle ou la psychotechnique dans une véritable démarche scientifique conduit ceux qui la pratiquent à ne s'intéresser qu'aux comportements de l'homme, conçus comme signes de l'état mental du sujet. Tout au long des années 1940, on considère que seul ce qui est fait, donc visible, est observable, les états de la conscience ne pouvant être décrits de façon rationnelle puisque étant inaccessibles à l'observation directe. C'est Burrhus Skinner (1904-1990), psychologue américain, qui représente le fer de lance de cette conception dite behavioriste de la psychologie appliquée.

Dans le cadre de l'étude des situations de travail, cette théorie est abondamment utilisée pour repérer et modifier les éléments qui favorisent un comportement inadapté à la réalisation du but assigné à l'action. C'est notamment selon ces vues qu'Alphonse Chapanis fait modifier la configuration des commandes de sortie des trains d'atterrissage dans les cockpits de bombardiers durant la dernière guerre. Et ce, après l'observation de l'inadaptation des équipements avec les comportements du copilote.

C'est ce béhaviorisme américain qui s'érige en paradigme dominant de l'étude ergonomique durant les années 1950 et 1960 et duquel les ergonomes français cherchent à s'émanciper dès les années 1960.

Des filiations européennes

Si l'ergonome reconnaît « l'Human Engineering » comme moment fondateur de sa discipline, il faut noter que l'Europe n'attend pas les lendemains de la Seconde Guerre Mondiale pour proposer discours et pratiques sur la place de l'homme au travail et ainsi constituer un terreau fertile à l'émergence des formes de pratique et de discours que l'on retrouve à l'état d'influences dans l'ergonomie de l'informatique⁷³⁹.

⁷³⁸ MURRELL Hywel K. F., *Ergonomics : Man in his environment*, Chapman & Hall, Londres, 1965, 496 p.. Le terme existe déjà, mais est peu usité. Son « inventeur » serait le naturaliste polonais Wojciech Jastrzebowski dès la fin du XIXe siècle.

⁷³⁹ RIBEILL Georges, Les débuts de l'ergonomie à la veille de la Première Guerre Mondiale, in *Le mouvement social*, n°113, 1980, p. 3-36.

Dans son ouvrage sur la psychologie du travail, Christian Guillevic montre de manière tout à fait convaincante qu'il faut remonter à la fin du XIXe siècle pour trouver en Europe, les premières racines de l'ergonomie avec la naissance de la psychologie industrielle autour des figures de Wundt, Kraepelin et Münsterberg⁷⁴⁰, préoccupés par les incidences de la fatigue et de la monotonie de la tâche sur le travail en usine. Cette étape est fondatrice en ce qu'elle représente la première sortie du laboratoire pour le psychologue et la mise en place d'un courant de psychologie qui ne traite pas directement du pathologique⁷⁴¹.

C'est dans ce contexte qu'émerge la psychotechnique⁷⁴², branche cousine de la psychologie du travail tout entière tournée vers l'évaluation des aptitudes du travailleur dans le but de l'affecter au poste où il sera le plus efficace. La psychotechnique utilise les mêmes méthodes que son aînée en intégrant la pratique de tests de compétences ou d'aptitudes pour sélectionner les meilleurs éléments et distribuer les tâches selon les capacités de chacun. Münsterberg peut se targuer d'être le père de la discipline avec la publication de *Grundzüge der Psychotechnik* en 1914⁷⁴³.

Ce que l'on reproche dès lors à Taylor et à ses disciples – ne s'intéresser qu'au rendement des ouvriers et transformer, par la parcellisation des tâches, le travail en répétition de gestes simples et abrutissants – s'applique aussi à la psychotechnique qui, en grande partie, le lui permet. Les études visent avant tout à accroître le rendement par la connaissance la plus poussée de la condition humaine, physique et psychologique⁷⁴⁴.

⁷⁴⁰ GUILLEVIC Christian, *La psychologie du travail*, Nathan, Paris, 1999, 255 p.

⁷⁴¹ CHAUMON Franck & GROS Frédéric, Editorial, in *Raisons politiques*, n°25, 2007, p. 5-13.

⁷⁴² HUTEAU Maurice, *L'école française de psychotechnique (1900-1940)*, in *Les histoires de la psychologie du travail*, Octarès Editions, Toulouse, 1999, pages 21-45.

⁷⁴³ MÜNSTERBERG Hugo, *Grundzüge der Psychotechnik*, Barth J.A., Leipzig, 1914, 786 p.. C'est cette manière d'opérer par formalisation d'aptitudes puis distribution des postes grâce à ces conclusions qui est utilisée par les psychotechniciens américains et européens lors de la seconde guerre mondiale. Les tests sont pratiqués, à l'origine, lors des réorganisations d'atelier. Frank Gilbreth, disciple de Taylor, dès les années 1920, filme les chaînes de montages et en élimine les ouvriers les plus lents pour accroître la productivité et réorganiser son atelier (GILBRETH Franck, *Etude des mouvements appliqués. Série de mémoires concernant la méthode d'organisation à employer dans l'industrie*, Dunod, Angers, 1921, 161 p.).

⁷⁴⁴ SCHNEIDER William H., The Scientific Study of Labor in Interwar France, in *French Historical Studies*, vol. 17, n°2, 1991, p. 410-446.

Sans abandonner les impératifs d'accroissement de la production, ce sont les années 1950 qui voient se mettre en place dans les grandes entreprises des départements de recherches psychotechniques poursuivant aussi un objectif d'amélioration des conditions de travail. C'est le cas au « Service Psychotechnique des Automobiles Peugeot » créé en 1949 par Raymond Bonnardel⁷⁴⁵. En 1954, Alain Wisner fonde le « Laboratoire de Physiologie et de Biomécanique » au sein des usines Renault. André Lucas y dirige le département d'étude des conditions de travail.

En Europe et en France en particulier, c'est la recherche du bien-être du travailleur qui est revendiquée comme l'objectif central de son action par l'ergonome dès le début des années 1960 et non la seule recherche de performances sur le modèle états-unien. Et c'est en son nom que la parenté avec la psychotechnique, qui n'a jamais totalement rompu avec la rationalisation du travail menée selon les vues de Taylor, est dénoncée. Il est pourtant évident que la méthode, issue de la psychologie expérimentale de Wundt et de ses successeurs, que partagent les ergonomes et les psychotechniciens, ne peut être vue qu'en forme de filiation directe, comme l'affirme d'ailleurs Jean-Marie Faverge :

« Il est courant d'entendre des psychologues ergonomes rejeter la psychotechnique sans doute comme les enfants rejettent ce que pratiquaient leurs parents (...) (Mais) les gens de ma génération ne me contrediront probablement pas si je dis que la psychologie ergonomique a été pour nous fille de la psychotechnique⁷⁴⁶. »

⁷⁴⁵ Directeur du laboratoire de Psychologie Appliquée de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes.

⁷⁴⁶ Préface de Jean-Marie Faverge in SPERANDIO Jean-Claude, *La psychologie en ergonomie*, Presses Universitaires de France, Paris, 1980, 254 p. ; GUILLEVIC Christian, *La psychologie du travail*, Nathan, Paris, 1999, 255 p.. Maurice de Montmollin dans son pamphlet de 1972 *Les psychopitres*, dresse un tableau bien plus noir de la permanence des méthodes psychotechniques dans le monde du travail : « À cette époque reculée l'obscurantisme régnait sur le pays, et ses ravages étaient considérables. C'était alors le triomphe de la psychotechnique, de sinistre mémoire. La psychologie industrielle se résumait aux superstitions testologiques, ou exceptionnellement à des opérations de formation d'un empirisme de cuisine. » (DE MONTMOLLIN Maurice, *Les Psychopitres. Une autocritique de la psychologie industrielle*, Presses Universitaires de France, Paris, 1972, 158 p.).

2. Une rénovation francophone sous influence américaine : une ergonomie de l'esprit et des tâches invisibles

Face à la complexification des systèmes de travail dans les années 1950 et 1960 ainsi qu'à l'impossibilité pour les behavioristes de rendre compte d'activités à faibles composantes observables comme le contrôle aérien, certains psychologues-ergonomes s'inspirent d'autres sources théoriques et engagent, dès la fin des années 1950, une rénovation des théories et des pratiques de l'ergonomie. C'est dans le sillage de cette rénovation plurielle de la discipline qu'il faut inscrire la psychologie ergonomique de l'informatique qui naît en France en 1961 au sein du contrôle aérien.

Des influences américaines multiples

Cette rénovation commence avec la publication en 1955 de l'ouvrage de Jean-Marie Faverge et André Ombredane, « L'analyse du travail⁷⁴⁷ » qui fait du comportement du travailleur un objet scientifique observable et une source possible d'informations pour la modification du poste de travail⁷⁴⁸. André Ombredane enseigne alors à l'Université Libre de Bruxelles et Jean-Marie Faverge, qui lui succède en 1959, fait de la Belgique comme un pôle important de développement de l'ergonomie européenne et donne corps à l'idée qu'il existe une « ergonomie francophone » partageant une méthode et des objectifs communs.

Si pour Maurice de Montmollin

⁷⁴⁷ OMBREDANE André & FAVERGE Jean-Marie, *L'analyse du travail facteur d'économie humaine et de productivité*, Presses universitaires de France, Paris, 1955, 236 p.. « Cette branche constituera le cadre de la future ergonomie, qui se développera véritablement en France à partir des années 1960, à la suite des travaux de Faverge et Ombredane (1955) » (LE BIANIC Thomas, *Les 'ingénieurs des âmes'. Savoirs académiques, professionnalisation et pratiques des psychologues du travail de l'entre deux guerres à nos jours*, Université Aix-Marseille II, Doctorat en sociologie sous la direction de Eric Verdier, 2005, 643 pages.)

⁷⁴⁸ DE MONTMOLLIN Maurice, *Les Psychopitres. Une autocritique de la psychologie industrielle*, Presses Universitaires de France, Paris, 1972, 158 p.

« Il n'y a rien aux États-Unis qui corresponde à cette révolution, si ce n'est peut-être Flanagan et sa méthode des incidents critiques, [c'est cela] qui explique qu'en matière d'ergonomie industrielle (par opposition au militaire), l'Europe soit en avance⁷⁴⁹. »

c'est sous influence américaine que la rénovation se poursuit quand Jacques Leplat et André Bisseret, commencent à puiser outre-Atlantique les éléments théoriques nécessaires à l'observation des contrôleurs aériens au début des années 1960. En effet, André Bisseret explique parfaitement ce changement de paradigme qu'il est obligé d'adopter au début de ses observations à la navigation aérienne :

« Jusqu'aux années 1950, l'orientation psychotechnique est dominante ; elle s'appuie sur les modèles de l'analyse factorielle des capacités et utilise des batteries de tests en termes de facteurs. Cette perspective s'inscrit bien dans un schéma béhavioriste classique (...) L'évolution des systèmes techniques pose de façon plus pressante la question du traitement de l'information et de son mode de structuration. Les réponses en termes de gestes élémentaires ou de capacités figées ne peuvent plus convenir pour le psychologue agissant en milieu de travail⁷⁵⁰. »

Jacques Leplat, co-auteur d'un ouvrage important aux côtés de Jean-Marie Faverge en 1958 intitulé « L'adaptation de la machine à l'homme⁷⁵¹ » connaît parfaitement les travaux américains de Chapanis et s'en inspire largement⁷⁵². Mais c'est le jeune Bisseret qui, confronté au caractère à la fois silencieux et statique de l'activité des aiguilleurs du

⁷⁴⁹ Ibid.

⁷⁵⁰ THIERRY Benjamin, *Entretien avec André Bisseret* (12 novembre 2001).

⁷⁵¹ Faverge Jean-Marie, JACQUES Leplat & GUIGUET Bernard, *L'adaptation de la machine à l'homme*, Presses universitaires de France, Paris, 1958, 216 p.

⁷⁵² « On était à l'époque du plan Marshall qui finançait des voyages d'études aux États-Unis. Ainsi, Faverge, qui était aussi enseignant de psychologie industrielle à l'Institut de Psychologie de la Sorbonne, est allé en Amérique avec d'autres collègues. Il a découvert des laboratoires de « Human engineering », (le mot d'ergonomie n'existait pas encore à l'époque). Il a été impressionné et séduit. Il est revenu avec un livre de Chapanis, « Applied Experimental Psychology ». Je le revois encore arrivant dans mon bureau en me disant : « Tenez, je vous donne ça, vous allez regarder ce livre et vous m'en ferez un compte rendu. Je crois que c'est intéressant. » Cela a été le début d'une orientation nouvelle de ce service du CERP qui s'est mis à s'intéresser aux méthodes d'analyse du travail. » (CLOUTIER Esther & GAUDART Corinne, Jacques Leplat. Entrevue guidée, in *Pistes*, vol. 7, n°1, 2005, p. 1-6.).

ciel à Orly⁷⁵³, pousse la logique de l'emprunt un peu plus loin et s'intéresse très précocement au cognitivisme⁷⁵⁴ initié par Newell et Simon⁷⁵⁵, mais également par Piaget en France⁷⁵⁶ pour sortir de l'impasse que constitue la seule observation des comportements pour déduire les structures de l'activité mentale du travailleur.

Ce virage dont nous avons vu les effets concrets dans la réalisation du système Cautra permet à Bisseret de dépasser deux limitations de la psychologie ergonomique de son temps : l'impossibilité de traiter des tâches complexes à dominante intellectuelle et d'explorer les processus mentaux chez des opérateurs menant des activités à faible composante physique, donc difficilement observables et formalisables.

Une volonté d'entre soi

Membre de la Self depuis l'origine, Bisseret se sent néanmoins assez vite en décalage avec une majorité de ses membres, notamment du fait de son ancrage théorique

⁷⁵³ « Avec le contrôle aérien, il fallait changer ; c'est comme si on étudiait un joueur d'échec en behavioriste. En ne regardant que les mouvements, on ne va pas trouver les règles, enfin, je veux dire les règles qu'utilise le joueur pour jouer. Les règles du jeu, peut-être, et encore ; donc il faut adopter d'autres méthodes que celle de l'observation stricte des seuls comportements qui sont peu nombreux. Dans le contrôle aérien, c'est pareil. J'ai souvent pris la comparaison. Tout d'un coup le contrôleur dit quelques mots à un avion, autrement c'est le silence ; il écrit un chiffre sur sa fiche. Un avion confirme qu'il atteint tel niveau. Bon d'accord... De la simple observation de comportements simples et rares on ne pouvait rien tirer de vraiment intéressant. » THIERRY Benjamin, *Entretien avec André Bisseret* (12 novembre 2001).

⁷⁵⁴ Voir la définition qu'en donne la *Stanford Encyclopédia of Philosophy* en ligne à <http://plato.stanford.edu/archives/win2002/entries/cognitive-science/> (Thagard, Paul, « Cognitive Science », The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Winter 2002 Edition), Edward N. Zalta editor).

⁷⁵⁵ NEWELL Allen & SIMON Herbert, Elements of a theory of human problem solving, in *Psychological Review*, vol. 65, n°3, 1958, p. 151-166.

⁷⁵⁶ « Oui. Il y avait Piaget et c'était un de nos exemples. Mais à l'époque à pratiquer... J'avais appris toute la psycho à la Sorbonne... behavioriste et là il fallait adapter... il fallait passer ... c'est comme si on étudiait un joueur d'échec en behavioriste. En ne regardant que les mouvements on ne va pas trouver les règles, si on ne connaît pas les règles, on ne va même pas trouver les règles du jeu. Enfin, je veux dire les règles qu'utilise le joueur pour jouer. Les règles du jeu, peut-être et encore. D'accord ? Donc il faut adopter d'autres méthodes que celle de l'observation stricte des seuls comportements qui sont peu nombreux. Dans le contrôle aérien c'est pareil. J'ai souvent pris la comparaison. Tout d'un coup le contrôleur dit un truc à un avion, autrement c'est le silence. Un avion qui est à tel niveau, il confirme. Bon d'accord... de tout ça on ne pouvait rien en tirer. Il fallait...

Aux Etats-Unis, il y avait Newell, Newell et Simon qui venaient de lancer un bouquin qui a été très important et nous juste derrière on a eu envie de s'inspirer de ça.

Benjamin Thierry : Eux sont dans un pur cognitivisme ?

Ah oui. C'est eux qui renouvèlent, c'est les grands, c'est le grand bouquin. » (THIERRY Benjamin, *Entretien avec André Bisseret* (12 novembre 2001)).

très large, du cognitivisme américain naissant à la psychologie du travail soviétique d'Ochanine en passant par la psychologie piagétienne. D'autant plus en décalage que les relations avec les recherches américaines, qui se font par le truchement de l'IEA devenue une fédération de sociétés nationales présidée par Alphonse Chapanis⁷⁵⁷ en 1976, passent par une faible participation des francophones : au milieu des années 1970, l'IEA compte 5 membres français de 51 ans d'âge moyen quand la délégation des Pays-Bas par exemple, en compte 23 de 34 ans seulement d'âge moyen et l'Angleterre quinze, de trente-six ans⁷⁵⁸. A ses yeux, la psychologie française et l'ergonomie qui est encore largement dominée par les questions d'adaptation de la tâche physique à l'opérateur « ronronne⁷⁵⁹ ».

Pour expliquer cette attitude francophone de rejet, il faut comprendre que dans la seconde moitié des années 1970 les États-Unis sont largement érigés en repoussoir pour une bonne partie des psychologues français et belges. La psychologie des organisations qui constitue désormais plus de la moitié des études aux États-Unis et est durement jugée et qualifiée de « vide intellectuel » :

« A vrai dire, comme d'habitude, les américains se soucient médiocrement de constituer de belles théories d'ensemble. La psychologie des organisations, c'est d'abord la psychologie pratiquée dans les organisations⁷⁶⁰. »

En psychologie industrielle, c'est le courant néo-skinnérien dont « le sectarisme de ses représentants fait plaisir à voir⁷⁶¹ » qui domine et en ce qui concerne « l'engineering psychology », les applications civiles n'ont pas réussi à s'imposer hors de la sphère militaire :

⁷⁵⁷ *Bulletin de la Self n°13 Novembre 1976*, 1976 (Archives de la Self, Boite 286J41).

⁷⁵⁸ *Bulletin de la Self n°9 Juillet 1974*, 1974 (Archives de la Self, Boite 286J41).

⁷⁵⁹ THIERRY Benjamin, *Entretien avec André Bisseret* (12 novembre 2001)

⁷⁶⁰ *Bulletin de la Self n°14 1977*, 1977 (Archives de la Self, Boite 286J41).

⁷⁶¹ *Ibid.*

« Il semble bien en effet que ce soit l'armée (surtout l'aviation et la marine) le plus gros client des « human factors », tant en recherches qu'en applications⁷⁶². »

Cette opposition n'a pas lieu d'être aux yeux des ergonomes qui se préoccupent d'informatique. Non seulement, ils doivent une bonne partie de leurs orientations théoriques à des penseurs américains, mais ils participent régulièrement à des voyages d'études outre-Atlantique et reçoivent également leurs collègues nord-américains à l'Iria⁷⁶³ et établissent avec eux des contacts jugés fructueux. Pour André Bisseret, la Self et la position de la majorité de ses membres face aux États-Unis la condamnent à la « ringardise⁷⁶⁴ ».

3. Une ergonomie des corps qui perdure

Autre facteur de « ringardise », le fait que les études centrées sur le corps y soient encore largement majoritaires. La Self lors de son congrès annuel où sont présentés une partie des travaux de ses membres voit une écrasante majorité d'entre eux s'intéresser à une ergonomie des corps, à l'image de Georges Coppé le premier président de l'association, médecin et chercheur en physiologie⁷⁶⁵. Cette préoccupation jugée d'un autre âge par les plus jeunes membres de l'association s'explique par une surreprésentation des médecins et des physiologistes qui s'enracine elle-même dans l'importance des secteurs industriels et dans l'ancrage des membres de la Self au sein des milieux de la médecine du travail⁷⁶⁶ et de la psychotechnique.

⁷⁶² Ibid.

⁷⁶³ En 1978, Dominique Scapin fait notamment un séjour à l'invitation de Chapanis à Baltimore pour observer les recherches en cours (Inria Rocquencourt, 1978, #44930) qui initie des liens durables en fort développement durant les années 1980.

⁷⁶⁴ « Parce que la SELF c'est un peu ringard...

La SELF c'est ringard ? Dite moi pourquoi.

Je sais pas, c'est la vieille ergonomie » (THIERRY Benjamin, *Entretien avec André Bisseret* (12 novembre 2001))

⁷⁶⁵ *Bulletin de la Self n°21 Juillet 1979*, 1979 (Archives de la Self, Boîte 286J41)

⁷⁶⁶ Médecine du travail instituée par la loi n° 46-2195 du 11 octobre 1946 qui institue le corps des médecins du travail, parue au JO du 12 octobre 1946, pp. 8638-8639. La loi reprend l'essentiel des dispositions de celle de 1942 (loi n° 625 du 28 juillet 1942) après son annulation.

Physiologistes et médecins du travail

En 1969, sur l'ensemble des nouveaux membres admis à la Self, sept pratiquent la physiologie ou la médecine du travail, deux la psychologie industrielle et deux autres les sciences de l'ingénieur⁷⁶⁷. Cette tendance se confirme durant les années 1970 avec une augmentation modérée des psychologues qui ne dépassent jamais les 30% de la totalité des membres⁷⁶⁸ de l'association, ce qui est régulièrement regretté par les psychologues de l'association qui mesurent la faiblesse de la présence des disciplines intéressées à l'analyse du travail hors de sa dimension physique :

« Parmi les adhérents de la SELF le nombre initial d'universitaires, de scientifiques va en s'amenuisant. Le nombre des ingénieurs reste très faible. La représentation des sociologues et encore plus des économistes est symbolique. Par contre le nombre de médecins du travail s'est nettement accru ces dernières années. Enfin. Les syndicalistes ne font que des apparitions ponctuelles dans les congrès⁷⁶⁹. »

En 1973, le bulletin de l'association permet de se faire une idée plus précise de la composition de l'association. Elle compte :

64 médecins,
48 psychologues,
45 physiologistes,
28 ingénieurs,
22 administratifs,
6 divers⁷⁷⁰.

La surreprésentation des médecins et des physiologistes est également visible dans le domaine de la formation et des filières universitaires. La première formation en

⁷⁶⁷ *Bulletin de la Self n°1 Janvier 1970, 1970 (Archives de la Self, Boite 286J41).*

⁷⁶⁸ *Bulletin de la Self n°7 Décembre 1972, 1972 (Archives de la Self, Boite 286J41).*

⁷⁶⁹ *Bulletin de la Self n°19 Décembre 1978, 1978 (Archives de la Self, Boite 286J41).*

⁷⁷⁰ *Bulletin de la Self n°8 novembre 1973, 1973 (Archives de la Self, Boite 286J41) La Self regroupe 256 membres en 1975, nombre qui constitue un niveau d'étiage qui reste à peu près stable jusqu'aux années 1980 (Bulletin de la Self n°11 Décembre 1975, 1975 (Archives de la Self, Boite 286J41)).*

ergonomie est assurée à partir de 1964 au CNAM par Alain Wisner⁷⁷¹. Organisée en collaboration avec la Faculté de médecine de Paris, elle offre deux ans de cours de physiologie du travail. En 1970, la Faculté de Médecine de Paris et son homologue Strasbourgeoise créent à leur tour deux certificats d'Ergonomie fondés sur deux parties distinctes à valider successivement par les étudiants : « Physiologie du Travail physique et mental », ouverte à partir d'octobre 1970 sous la direction du Professeur Scherrer. L'autre, intitulée « Physiologie de l'environnement », ouverte à Strasbourg en 1971, sous la direction du Professeur Metz.

Ce n'est qu'au début 1971 qu'un diplôme « d'ergonome » est créé au CNAM sur le modèle des diplômes déjà octroyés aux ingénieurs et aux économistes⁷⁷². Cette formation propose aux étudiants des approches de l'organisation du travail en sociologie et en psychologie, mais garde un important centre de gravité autour de la physiologie.

Avec la mise en place des formations à l'Université Paris I en 1975⁷⁷³ et à Orsay, la psychologie gagne du terrain, mais reste une partie marginale des enseignements. Il faut attendre 1978 et la mise en place du stage d'ergonomie organisé dans le cadre de la formation permanente par l'Université de Paris VIII sous l'impulsion de Jean-Claude Sperandio pour que de nouvelles orientations vers la psychologie cognitive fassent leur entrée dans les filières d'ergonomie⁷⁷⁴. Le Cnam reste à cette date un foyer de résistance aux nouveautés « psychologisantes » avec le maintien d'un enseignement organisé par le laboratoire de physiologie du travail et d'ergonomie en 1978-1979 qui ne comporte que des cours de physiologie du travail tout comme la formation au diplôme « d'ergonome Cnam », cycle post-universitaire d'un an à destination des professionnels en phase de reconversion⁷⁷⁵.

⁷⁷¹ *Bulletin de la Self n°1 Janvier 1970*, 1970 (Archives de la Self, Boite 286J41).

⁷⁷² *Bulletin de la Self n°5 Octobre 1971*, 1971 (Archives de la Self, Boite 286J41).

⁷⁷³ *Bulletin de la Self n°10 Février 1975*, 1975 (Archives de la Self, Boite 286J41).

⁷⁷⁴ *Bulletin de la Self n°17 Mars 1978*, 1978 (Archives de la Self, Boite 286J41).

⁷⁷⁵ *Bulletin de la Self n°18 Juillet 1978*, 1978 (Archives de la Self, Boite 286J41).

Entre laboratoire et terrain

La prédominance des médecins et des physiologistes s'accompagne d'un maintien des méthodes de quantification des phénomènes observés menées en laboratoire sur le modèle de la psychologie industrielle de l'entre-deux guerres⁷⁷⁶. Cette opposition entre les tenants d'une pratique de laboratoire et les promoteurs d'une pratique de terrain, marginalise les seconds dont André Bisseret fait partie. Plus globalement, c'est le rapport entre recherche, comme assez souvent considérée comme une activité « noble », et « pratique » qui se joue dans la seconde moitié des années 1970. Pierre Cazamian le résume en 1979 en ces termes :

« Cette querelle entre la théorie et la pratique, le laboratoire et le terrain, existe depuis les débuts de notre Société et en pimente d'ailleurs agréablement les congrès de quelques piques confraternelles. Mais je crains que certains, inquiets peut-être de voir l'ergonomie leur échapper en devenant un mouvement de masse, ne songent à accentuer le divorce et à séparer une ergonomie savante bardée de diplômes, d'une pratique abandonnée au vulgaire et qui devrait se satisfaire des armes dérisoires des check-lists, des grilles et des normes. Je m'opposerais quant à moi fermement à ce projet s'il prenait corps car une telle dichotomie serait préjudiciable aux deux parties et à l'ergonomie elle-même. Les savants y perdraient toute compréhension des besoins des travailleurs. De leur côté, les praticiens, coupés de leurs bases scientifiques y perdraient leur autorité et leur indépendance d'experts. Par delà, ce serait la fin d'une conception française de l'ergonomie, proche parente de la médecine du travail, très distincte des technicités anglo-saxonnes, mais qui, si j'en crois mes correspondants africains et sud-américains, essaime avec succès dans

⁷⁷⁶ SCHNEIDER William H., The Scientific Study of Labor in Interwar France, in *French Historical Studies*, vol. 17, n°2, 1991, p. 410-446.

plusieurs pays du Tiers Monde. Ce serait aussi, selon moi, la fin de notre Société d'Ergonomie⁷⁷⁷. »

André Bisseret qui s'est battu au sein du Cerp, puis de l'Iria pour faire accepter l'idée d'une pratique qui ne serait pas dissociée de la recherche rappelle pourquoi les deux activités sont dissemblables, mais complémentaires :

« Parce que la SELF c'est un peu ringard [...] c'est la vieille ergonomie, puis ce qui me gênait beaucoup c'est qu'ils ne savaient pas faire la différence entre la recherche et l'application. Moi, les applications ça m'intéressait pas attention, c'est très dangereux la recherche appliquée... Pour moi ça n'existe pas et c'est ce qui m'a tout le temps guidé : c'est deux grandes activités humaines qui ont des objectifs complètement différents. La recherche c'est savoir comment faire, par exemple comment le cerveau fonctionne. Et la pratique c'est pour réussir. C'est deux choses complètement différentes. Et heureusement qu'on a réussi dans la pratique... mais l'idée de faire de la recherche pour faire de la pratique, il y aurait un lien direct, mais c'est pas vrai⁷⁷⁸. »

Une ergonomie cognitive de l'informatique toujours isolée

L'analyse de Thomas Le Bianic dans sa thèse de doctorat soutenue en 2005 portant sur « les ingénieurs des âmes », c'est-à-dire les psychologues du travail, est quelque peu optimiste lorsqu'il voit dans les années 1970 le moment durant lequel la psychologie ne se préoccupe plus uniquement de la dimension physique des phénomènes observés (stress et fatigue essentiellement) :

« Depuis les années 1970, l'ergonomie ne se cantonne plus d'ailleurs aux outillages physiques : le domaine de la psychologie ergonomique (« engineering psychology ») se prolonge jusqu'à l'ergonomie

⁷⁷⁷ CAZAMIAN Pierre, Pour une conception unitaire de l'ergonomie, in *Bulletin de la Self*, n°20, 1979, p. 5-6.

⁷⁷⁸ THIERRY Benjamin, *Entretien avec André Bisseret* (12 novembre 2001).

*des logiciels informatiques, à travers l'analyse des processus et cheminements cognitifs mis en œuvre. Les méthodes de la psychotechnique et de l'ergonomie sont nettement différentes, ce qui explique le cloisonnement qui existe encore aujourd'hui entre ces deux filières*⁷⁷⁹. »

Ainsi, quand la DGRST lance son programme d'aide au financement des études portant sur l'amélioration des conditions de travail au milieu des années 1970, le tableau esquissé par la soixantaine de laboratoires financés de 1976 à 1980 confirme l'isolement de l'équipe Bisseret au sein de sa propre discipline.

En effet, la Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique a réuni en 1973 et 1974 un groupe de réflexions dont l'objectif est de faire le point sur la recherche en matière de conditions de travail⁷⁸⁰. C'est cette initiative d'Hubert Curien qui donne naissance en 1975 à une Action Concertée baptisée Resact (Recherche Scientifique et Amélioration des Conditions de Travail)⁷⁸¹.

Si la présentation de l'action concertée tente de mobiliser volontairement toutes les disciplines qui peuvent être intéressées au champ très large des conditions de travail, les résultats concrets du programme d'aide à la recherche dont les subventions ont été versées de 1976 à 1978 montrent parfaitement l'isolement de la psychologie ergonomique pour l'informatique dont le seul récipiendaire est Jean-Claude Sperandio pour un projet sur les effets de la charge de travail des contrôleurs radar aéroportuaires⁷⁸² mené dans le cadre de sa collaboration avec l'équipe d'André Bisseret sur les équipes du Cap Gris-Nez.

⁷⁷⁹ LE BIANIC Thomas, *Les 'ingénieurs des âmes'. Savoirs académiques, professionnalisation et pratiques des psychologues du travail de l'entre deux guerres à nos jours*, Université Aix-Marseille II, Doctorat en sociologie sous la direction de Eric Verdier, 2005, 643 pages.

⁷⁸⁰ « La DGRST a décidé de stimuler la recherche en ce domaine. Elle a chargé le comité Resact, en liaison avec les administrations intéressées, de définir des priorités et d'examiner, conformément à ces priorités, les projets de recherche qui lui sont soumis pour faire l'objet de subventions en réponse à son appel d'offres. » (*Bulletin de la Self* n°20 Mars 1979, 1979 (Archives de la Self, Boite 286J41)).

⁷⁸¹ JÉRÔME Dominique & REYNAUD Jean-Daniel, Une action d'incitation à la recherche sur les conditions de travail : les recherches conduites dans le cadre de l'action RESACT de la DGRST, in *Revue d'économie industrielle*, vol 10, n°1, 1979, p. 104-113.

⁷⁸² SPERANDIO Jean-Claude, *Les effets de la charge de travail des contrôleurs radar aéroportuaires sur leurs algorithmes de raisonnement (interaction et régulation en feed-back)*, 1976 (Inria Rocquencourt, Armoire 25).

À l'inverse, une ergonomie physique de la vision se structure pour répondre aux interrogations légitimes des effets de l'utilisation des écrans dans le cadre d'activités prolongées. Loin d'être inutile, elle montre néanmoins les pesanteurs d'une discipline qui n'arrive toujours pas à quitter la dimension corporelle de ses réflexions originelles.

Les premiers à se mobiliser sont les médecins du travail qui publient des compilations de recommandations sur la distance optimale à conserver en face d'un écran ou le temps de pause et la fréquence de repos à observer. Le premier article du genre est publié en 1975 dans *Médecine et collectivité* et repris l'année suivante dans *Informatique & Gestion*⁷⁸³.

Sur ce modèle, Alain Wisner étudie dans le cadre du laboratoire de physiologie du travail et d'ergonomie du Cnam de 1976 à 1978 l'amélioration des conditions de travail dans les imprimeries de presse parisiennes en consacrant une partie de cette étude à mesurer les effets de la composition sur écran cathodique⁷⁸⁴ grâce au financement Resact. Cette action s'inscrit dans le sillage de l'initiative menée en 1977 par les professeurs Rey et Meyer en collaboration avec l'Inspection cantonale du travail suisse qui a conduit à l'organisation du premier séminaire sur *Les problèmes visuels des opérateurs utilisant des écrans de visualisation*⁷⁸⁵ :

L'objectif principal du séminaire est

*« de faire connaître aux constructeurs et utilisateurs d'écrans cathodiques les difficultés rencontrées à ces postes par l'œil emmétrope, encore aggravées en cas de défauts visuels. » car « On peut prétendre, actuellement, que les informaticiens ne sont pas formés à prendre en considération ces données*⁷⁸⁶. »

⁷⁸³ GILET Alain, Etude du poste d'opérateur sur terminal à écran. Ambiance lumineuse et vision, in *Informatique et Gestion*, n°82, 1976, p. 39-43.

⁷⁸⁴ JÉRÔME Dominique & REYNAUD Jean-Daniel, Une action d'incitation à la recherche sur les conditions de travail : les recherches conduites dans le cadre de l'action RESACT de la DGRST, in *Revue d'économie industrielle*, vol 10, n°1, 1979, p. 104-113.

⁷⁸⁵ *Bulletin de la Self n°18 Juillet 1978*, 1978 (Archives de la Self, Boite 286J41)

⁷⁸⁶ Ibid.

Problème social majeur pour Alain Wisner, notamment du fait de la multiplication actuelle et à venir des terminaux :

« Le travail sur écran d'ordinateur pose actuellement un problème social en pleine expansion et d'une réelle gravité. En effet, on estimait en 1976 à 60 000 le nombre de terminaux installés en France, et on évalue à 300 000 leur nombre pour 1985⁷⁸⁷. »

À la marginalisation subie au sein de l'Iria, l'ergonomie de l'informatique doit ajouter également les effets d'une marginalité éprouvée au sein même des associations et du milieu scientifique qui est le sien. Les présupposés qui servent les arguments utilisés lorsque André Bisseret se voit contraint de quitter le Cerp sont toujours à l'œuvre au sein d'un champ disciplinaire où les médecins du travail et les physiologistes sont encore majoritaires : le maçon et la secrétaire l'emportent sur le contrôleur aérien ou tout autre travailleur du savoir dans la représentation que se font la majorité des ergonomes français de leur terrain privilégié d'intervention.

II. DES REPONSES NOUVELLES

Aux enjeux de l'invasion des écrans et de la multiplication des dispositifs de bureautique, ainsi qu'aux équilibres conflictuels présents au sein de la communauté des ergonomes français, répond dans la seconde moitié des années 1970 la diversification des chantiers investis par l'équipe de l'Iria qui porte seule depuis une quinzaine d'années l'ergonomie de l'informatique.

Le Cautra joue encore un rôle déterminant puisqu'il constitue le creuset au sein duquel les méthodes et les hypothèses initiales se sont forgées et continuent d'être utilisées. Aussi n'est-il pas étonnant de constater que la seconde moitié des années 1970 est pour l'ergonomie de l'informatique l'occasion d'une consolidation des théories et des

⁷⁸⁷ WISNER Alain, *Notes dactylographiées intitulées Le travail à l'écran d'ordinateur*, 1978 (Archives de la Self, Boite 286J108).

pratiques réalisée au contact d'objets qui entretiennent une forte similitude avec le contrôle aérien dans le domaine du contrôle de processus dynamique notamment.

A. Des chantiers neufs pour l'équipe d'ergonomie de l'Iria : entre anciennes méthodes et nouvelles problématiques

1. La supervision de processus

Dès la mise en place des premières études à la navigation aérienne, André Bisseret n'a pas caché son ambition de confronter ses méthodes à d'autres domaines qui entretiendraient avec le système Cautra des proximités et des problématique similaires. C'est ce qu'il fait à partir de 1976⁷⁸⁸ en acceptant certains des contrats d'intervention qui lui sont proposés, notamment dans le domaine de la surveillance de processus dynamiques, terrain bien exploré par la quinzaine d'années passées au sein du Cautra. L'objectif principal est la généralisation des hypothèses émises dans le cadre du contrôle aérien. Tous ces chantiers abordent la thématique des processus de décision dans le risque à partir d'estimations perceptives bien connue pour avoir donné naissance à l'étude des activités de lecture d'information sur écran radar :

« Des études sur ce thème sont poursuivies depuis plusieurs années à partir des tâches de diagnostic de risque de conflit sur l'écran de radar (contrôle aérien - trafic maritime). Il s'agit pour l'opérateur, à partir de données sur les états actuels de prévoir des états futurs afin de les catégoriser (par exemple: dangereux/non dangereux) et de décider d'éventuelles solutions⁷⁸⁹. »

⁷⁸⁸ Rapport d'activité du Sesori, 1976 (Inria Rocquencourt, Armoire 23).

⁷⁸⁹ Rapport du groupe de psychologie ergonomique de l'Iria, 1978 (Inria Rocquencourt, Armoire 9).

Les terrains d'intervention choisis le sont également pour l'état embryonnaire de l'informatisation ou de l'automatisation qui y est menée⁷⁹⁰. André Bisseret ayant à cœur d'y mener une intervention complète de l'étude diagnostique à la réalisation du système et ne pas simplement venir panser les plaies d'une réalisation à laquelle il n'aurait pas participé de bout en bout :

« Le groupe a pour but de contribuer au développement des connaissances et des savoir-faire en matière d'adaptation de l'informatique aux opérateurs humains. Il s'agit moins d'étudier a posteriori l'effet de l'informatisation que de rendre possible un mode de conception des applications informatiques qui prévoit à priori d'adapter le comportement machine à la logique du comportement de l'opérateur⁷⁹¹. »

Volonté louable et scientifiquement cohérente, mais qui exclut du champ d'intervention de l'ergonomie de l'informatique des chantiers plus modestes ou dans lesquels l'informatique a été introduite sans que la nécessité d'une adaptation à l'utilisateur ait été ressentie dès les premiers instants, c'est-à-dire la majorité des cas d'informatisation en France dans la seconde moitié des années 1970.

Le premier des nouveaux chantiers choisis comme terrains d'intervention en 1976 est celui de l'analyse des fonctions humaines dans le système de surveillance des navigateurs et du centre de coordination du Cap Gris-Nez. Le problème y est centré autour de la conception du dialogue entre surveillants et système de présentation des informations. Ce travail est financé grâce à la convention de recherche passée avec le Secrétariat Général de la Marine Marchande via l'Institut de Recherche des Transports. Il est réalisé en étroite liaison avec les ingénieurs de l'IRT chargés de l'évolution des technologies du système.

Le second chantier est constitué par l'analyse des communications des conducteurs de métro et de RER parisiens dans la perspective de la mise en place d'une nouvelle salle

⁷⁹⁰ *Rapport d'activité du Sesori*, 1976 (Inria Rocquencourt, Armoire 23).

⁷⁹¹ *Rapport d'activité du groupe de psychologie ergonomique de l'Iria*, 1978 (Inria Rocquencourt Armoire 9), p. 3.

de contrôle du RER à Auber. L'étude est financée sur contrat par la RATP à partir de 1978⁷⁹². Bien entendu, la DGAC reste un terrain d'intervention privilégié durant cette période également.

L'incontournable étude diagnostique

Comme pour la période 1961-1965, les ergonomes impliqués au Cap gris-Nez et à la RATP commencent par une étude diagnostique de la situation. Il s'agit de décrire les interactions entre l'opérateur et son activité avant que ne surviennent les premiers dispositifs informatiques ou d'automatisation⁷⁹³ :

« La première démarche lorsque nous abordons un terrain nouveau consiste en une analyse dite diagnostique: elle se compose d'une première description à un niveau global du système de travail et des tâches des principaux opérateurs: souvent sous forme d'organigrammes (même grossiers) des principaux processus de travail des opérateurs.

Diverses méthodes (interview in situ des opérateurs, observations, relevé d'erreurs, analyse d'incidents critiques, études des traces...) sont utilisées pour mettre en lumière les aspects du travail dont l'étude fine serait importante. On aboutit à des hypothèses de travail pour ces études.

Cette phase de recherche des problèmes sur le terrain est pour nous fondamentale et fait partie de la recherche: elle correspond à l'aspect observation de la méthode expérimentale⁷⁹⁴. »

L'objectif poursuivi est triple. Il s'agit d'abord de comprendre les enjeux de l'activité que l'on va contribuer à informatiser. L'ergonome, la plupart du temps psychologue de formation, doit réaliser le tour de force de comprendre assez précisément les enjeux du contrôle aérien, maritime ou ferré avant de pouvoir agir sur le système

⁷⁹² Bon de commande de la RATP pour l'étude ergonomique d'un simulateur de ligne de métro, 30 janvier 1978 (Inria Rocquencourt, Boite 86 02 008)

⁷⁹³ Rapport du groupe de psychologie ergonomique de l'Iria, 1978 (Inria Rocquencourt, Armoire 9)

⁷⁹⁴ Ibid.

d'automatisation. Il s'agit ensuite de recueillir les données qui permettent de reconstituer les raisonnements des différents opérateurs impliqués. André Bisseret en 1978 utilise les organigrammes de décision qu'il pratique depuis le début des années 1960 et qui permettent de reproduire assez fidèlement les cheminements du raisonnement face à une situation de supervision de processus. Enfin, cette phase d'étude diagnostique permet d'aborder le terrain au sens ethnographique du terme, l'ergonomie entretenant des similitudes frappantes avec la sociologie ou l'ethnologie participative, il s'agit de « se faire accepter » par ceux que l'on observe, mais dont on va également modifier en profondeur la situation de travail.

Au Cap Gris-Nez, cette étape dure deux mois et permet de mener les premières observations de l'activité des contrôleurs maritimes, de dépouiller les archives qui décrivent l'activité du centre pendant une période chargée et d'observer les divers dispositifs techniques à la disposition des personnels (écrans radars en particulier).

Durant ces deux mois passés sur la côte d'Opale, Bernard Senach et Alain Michard prennent également le temps de mener une série d'entretiens avec les « navigants » pour mesurer leur degré de satisfaction à l'égard du système de contrôle. Les manœuvres d'anticollision et de suivi d'une route maritime sont également suivies en direct par les ergonomes de l'Iria⁷⁹⁵. La classe des problèmes abordée est très similaire à celle déjà étudiée avec le Cautra : la résolution de conflits entre mobiles⁷⁹⁶. La spécificité de ce terrain réside dans le fait que les navires sont dotés d'un radar et que le centre au sol ne participe pas encore au contrôle⁷⁹⁷, ce que recommandent les ergonomes et l'IRT⁷⁹⁸.

Il en va de même du côté de la RATP avec l'étude des processus de contrôle d'une ligne de métro menée par André Bisseret et Joël Cohen. Les procédures mises en place

⁷⁹⁵ SENACH Bernard, *Formation des opérateurs du centre CROSS MA du Cap Gris-Nez. Rapport IRT R03*, 1978 (Inria Rocquencourt, Armoire 21).

⁷⁹⁶ MICHARD Alain, *Remarques sur les méthodes d'exploitation des données radar pour assurer l'anticollision. Rapport C IRT N1*, 1978 (Inria Rocquencourt, Armoire 21).

⁷⁹⁷ MICHARD Alain, *Méthodes d'anticollision dans le Pas-de-Calais : guidage radar depuis le cap Gris-Nez. Rapport IRT N1*, 1978 (Inria Rocquencourt, Armoire 21).

⁷⁹⁸ MICHARD Alain, *Remarques sur les méthodes d'exploitation des données radar pour assurer l'anticollision. Rapport C IRT N1*, 1978 (Inria Rocquencourt, Armoire 21).

dans le cas d'un accident matériel sont particulièrement attentivement étudiées, ainsi que la maquette du poste de travail du conducteur.

André Bisseret accélère même la procédure en menant dès les premières semaines un début d'analyse des raisonnements mis en œuvre pendant la phase de résolution des accidents par les régulateurs de ligne⁷⁹⁹ et une description précise de l'activité de communication entre les opérateurs de la coordination des tâches réunis autour du chef de régulation⁸⁰⁰.

À elle seule la phase diagnostique explique la difficulté du recours à une réelle ergonomie de l'informatique. Longue et donc couteuse, elle doit intervenir précocement et laisser une place importante aux considérations sur le facteur humain.

La résolution de conflits et la prévention des incidents

La surveillance des processus dynamiques est une classe de problème bien connue des ergonomes à la fin des années 1970. Les études au Cap Gris-Nez et à la RATP réutilisent donc abondamment les méthodologies employées à la navigation aérienne comme elles l'avaient déjà faites avec la phase diagnostique.

Pour l'anticollision maritime, ce sont les techniques d'informations à la demande qui permettent dès la fin de l'année 1978 à Alain Michard de progresser dans la compréhension des raisonnements du contrôleur⁸⁰¹ et dans la mise en place de procédures de résolution des risques de collision dans la perspective d'une participation des personnels au sol à la supervision du trafic maritime au Cap gris-Nez⁸⁰².

⁷⁹⁹ *Rapport du groupe de psychologie ergonomique de l'Iria*, 1978 (Inria Rocquencourt, Armoire 9).

⁸⁰⁰ BISSERET André & COHEN Joël, *Etude préliminaire du travail de contrôle d'une ligne de métro urbaine. Rapport CM R01*, 1978 (Inria Rocquencourt, Armoire 11)

⁸⁰¹ « On a utilisé la technique de l'information demandée par le sujet : celui-ci ne dispose au départ sur un problème que d'un minimum d'informations et il doit demander à l'expérimentateur celles qu'il estime nécessaires. » (MICHARD Alain, *Méthodes d'anticollision dans le Pas-de-Calais : guidage radar depuis le cap Gris-Nez. Rapport IRT N1*, 1978 (Inria Rocquencourt, Armoire 21)).

⁸⁰² MICHARD Alain, *Remarques sur les méthodes d'exploitation des données radar pour assurer l'anticollision. Rapport C IRT N1*, 1978 (Inria Rocquencourt, Armoire 21).

À la RATP, Bernard Senach étudie l'importance des dispositifs à aiguilles lorsqu'ils dysfonctionnent pour l'établissement d'un diagnostic de panne grâce à une observation des stratégies de prises d'informations des opérateurs sur tableau de contrôle⁸⁰³ :

« Un plan expérimental simple (9 problèmes x 9 sujets) a permis de montrer :

- un mode de résolution invariant chez les opérateurs (résolution toujours locale),*
- des prises d'informations déterminées souvent plus par la « logique du dessin » du tableau de contrôle que par la logique de l'interaction entre les variables ; on montre que celle-ci n'est pas systématiquement déductible à partir du tableau de contrôle sur lequel, comme souvent prévalent des aspects topographiques du dispositif. Des solutions sont proposées et doivent être testées⁸⁰⁴ ... »*

L'enjeu de la formation

« C'est là un domaine de recherche et d'application très important: nous pensons en effet que ergonomie et formation sont en interaction et ne doivent donc pas être traitées séparément dans une optique de réelle conception à priori de l'assistance informatique. Il faut d'ailleurs y ajouter tout le domaine intermédiaire des notices, manuel de l'opérateur etc... dont la qualité est généralement très faible actuellement⁸⁰⁵. »

Dans la période d'expansion qui commence en 1976-1978, la formation des opérateurs conserve une place importante. Comme l'affirme André Bisseret, elle est intimement liée à la compréhension des systèmes et ne doit pas être mise de côté.

⁸⁰³ SENACH Bernard, *Analyse du travail de manœuvre : problèmes d'établissement d'itinéraires. Rapport CM 7907 R 03*, 1979 (Inria Rocquencourt, Armoire 21).

⁸⁰⁴ *Rapport d'activité du groupe de psychologie ergonomique de l'Iria pour 1979 et 1980*, 1980 (Inria Rocquencourt, Armoire 11).

⁸⁰⁵ *Rapport du groupe de psychologie ergonomique de l'Iria*, 1978 (Inria Rocquencourt, Armoire 9).

Tirant ses présupposés de Micup dont l'origine est également la formation des contrôleurs aériens, la formation s'enrichit progressivement avec l'adjonction des possibilités offertes par l'EAO alors en plein essor et est rebaptisée en 1979 « Méthodes de formation des opérateurs ; entraînement assisté par ordinateur⁸⁰⁶ ».

À la RATP, dans la perspective de la mise en place d'un simulateur de gestion de trafic sur Digitatron, Bernard Senach et Dominique Scapin commencent la réalisation d'un script de logiciel de formation⁸⁰⁷. Les observations menées durant les mois précédents auprès des contrôleurs ont pour but de respecter les structures réelles des problèmes rencontrés proposés aux élèves⁸⁰⁸. Au centre de contrôle du Cap Gris-Nez, Senach met en place le même type de formation à destination des personnels au sol en 1978⁸⁰⁹. En parallèle, est étudié en collaboration avec la société Opeform un système d'aide à l'anticollision qui s'inspire du filet de sauvegarde et des versions antérieures du Cautra. Les objectifs déclarés sont de permettre au navigant d'anticiper au mieux les positions futures des autres navires lorsqu'il doit prendre une décision de manœuvre⁸¹⁰. Un Simulateur de radar est réalisé pour permettre l'entraînement dans des conditions proches du réel sur micro-ordinateur⁸¹¹.

Parfois, plus étonnant, la méthodologie née de la surveillance de processus donne lieu à l'exploration de terrains originaux. C'est cas avec le recrutement de Suzanne Sébillotte⁸¹² qui réalise une thèse de doctorat à la clinique Beudelocque, spécialisée en obstétrique dont la particularité est d'assurer une surveillance de la grossesse et de l'accouchement assistée par ordinateur. Elle y analyse dès 1976 les modes d'intégration des paramètres présentés par écran dans l'ensemble des raisonnements de diagnostic des

⁸⁰⁶ *Rapport d'activité du groupe de psychologie ergonomique de l'Iria pour 1979 et 1980*, 1980 (Inria Rocquencourt, Armoire 11).

⁸⁰⁷ SENACH Bernard & SCAPIN Dominique-Louis, *Conception du dialogue instructeur - simulateur de trafic. Rapport CM 1992*, 1983 (Inria Rocquencourt, Armoire 21).

⁸⁰⁸ *Rapport du groupe de psychologie ergonomique de l'Iria*, 1978 (Inria Rocquencourt, Armoire 9).

⁸⁰⁹ SENACH Bernard, *Formation des opérateurs du centre CROSS MA du Cap Gris-Nez. Rapport IRT R03*, 1978 (Inria Rocquencourt, Armoire 21).

⁸¹⁰ MICHARD Alain & DELPON Jean-Claude, *Simulation radar pour l'étude des processus d'anti-collision. Rapport IRT 8001 R 06*, 1979 (Inria Rocquencourt, Armoire 21).

⁸¹¹ MICHARD Alain, Représentations opératoires et modèles du processus dans les tâches de diagnostic, in *Bulletin de psychologie*, vol. XXXIII, n°1-3, 1979, p. 39-42.

⁸¹² THIERRY Benjamin, *Entretien avec Suzanne Sébillotte* (mai 2002).

sages-femmes. Une série d'interviews est alors réalisée auprès de sages-femmes et de médecins du service. Compte tenu des informations recueillies, Suzanne Sébillotte se rend compte avec André Bisseret que l'activité observée est très proche de la surveillance de processus (avancée de la patiente dans le processus de grossesse, décision dans le risque si un problème médical survient, etc...) Quelques moments clés sont analysés en ce sens : interprétation du dossier de la patiente (structuré et codé en fonction de son traitement informatique), prise d'information au moment de début de service d'une sage-femme, etc... dans le but de rédiger un cahier des charges pour une informatisation centrée sur l'activité de diagnostic⁸¹³

2. De nouveaux enjeux et de nouveaux terrains

La deuxième partie des années 1970 n'est pas, pour les ergonomes, qu'une période de réutilisation des méthodes éprouvées dans le cadre du projet Cautra, mais également l'occasion d'explorer de nouveaux champs d'étude dont la nouveauté est résumée en 1978 par le rapport annuel du groupe en ces termes :

« On constate que les problèmes concrets posés par ces différents terrains orientent les travaux du groupe spécialement sur l'analyse de l'activité de représentation par les opérateurs des objets du travail, de prise d'information et de décision⁸¹⁴. »

La communication entre opérateurs

Avec la lecture des informations sur un écran et la prise de décision dans le risque, la coopération entre opérateurs est un des grands chantiers que l'équipe a esquissé sur le Cautra dans le cadre de la coordination inter-secteur et qui est, dès 1978, réinvesti dans les autres domaines où des personnes doivent communiquer.

« L'étude de l'influence de ces interactions sur les tâches individuelles, sur les activités de communications, sur la représentation par

⁸¹³ Rapport d'activité du Sesori, 1976 (Inria Rocquencourt, Armoire 23).

⁸¹⁴ Rapport du Conseil d'Administration de l'Iria, 1978 (Inria Rocquencourt, Armoire 9).

l'opérateur du travail des autres, etc. est importante tant pour la conception des assistances informatiques qui participent souvent à ces interactions que pour la formation des opérateurs. Ce thème avait fait l'objet d'études importantes de l'équipe d'Orly sur la fonction de « coordination inter-contrôleur ». Il reste un des thèmes importants du groupe⁸¹⁵. »

Dans le cadre des observations réalisées à la RATP, une étude est menée sur l'interaction et la communication entre opérateurs différents par André Bisseret dans le cadre d'une automatisation. Alors que *« le contrôle d'une ligne de métro automatisée repose sur quatre grandes fonctions: la conduite, la manœuvre dans le terminus, le départ, la régulation centrale⁸¹⁶. »* quatre types d'opérateurs sont en liaison constante par téléphone ou par téléphone hautes fréquences. On relève alors de grandes difficultés de compréhension entre les opérateurs. Un premier modèle hypothétique de fonctionnement des interactions entre opérateurs est esquissé. Il fait correspondre à deux états du processus contrôlé (un état de routine et un « état incident ») deux réseaux de communications entre opérateurs: un « réseau libre » où chacun est centre de décision et peut communiquer avec les opérateurs de son choix ; et un « réseau hiérarchisé » où la coordination et les principales décisions sont centralisées par la régulation centrale. L'hypothèse posée dans ce cas est que lors d'un incident il y a une réelle difficulté pour certains opérateurs à prévoir le changement d'état et donc une inertie pour changer de réseau se met en place ce qui crée des retards dans les procédures de dépannage⁸¹⁷.

Le dialogue au terminal

Beaucoup plus nouveau pour les ergonomes, la seconde moitié des années 1970 est le moment de la découverte des enjeux du dialogue avec des dispositifs informatiques plus complexes que ceux qu'ils ont eu l'habitude de pratiquer à la navigation aérienne, mais surtout pour lesquels, l'utilisateur n'est pas convoqué dans le processus de conception.

⁸¹⁵ *Rapport du groupe de psychologie ergonomique de l'Iria*, 1978 (Inria Rocquencourt, Armoire 9).

⁸¹⁶ Ibid.

⁸¹⁷ Ibid.

C'est notamment sur le terrain de l'informatisation des agences des impôts lancée par la DGI que cette nouvelle approche est réalisée.

La perspective générale des travaux menés à la DGI vise à la conception d'un système de traitement « homme-ordinateur » où l'ordinateur apporterait aux agents l'assistance nécessaire dans l'accomplissement de leurs tâches (émission de l'impôt, contrôle de l'assiette⁸¹⁸...). Il s'agit de réaliser l'étude approfondie des processus de travail et particulièrement des processus intellectuels des agents et ceci conjointement aux études informatiques⁸¹⁹ dans le cadre de ce qui se rapproche fortement d'une « étude diagnostique » préalable classique.

Jean-Claude Sperandio qui pilote cette étude a conseillé à l'issue de cette analyse un type de terminal à utiliser⁸²⁰. Les problèmes qui affleurent sont ceux de la recherche d'information dans des dossiers assez complexes. De plus, l'introduction de l'informatique sera probablement une source de complexification supplémentaire pour la recherche dans ces dossiers⁸²¹.

Un autre thème important est le langage technique qui est utilisé par les agents des impôts qui risque d'entrer en contradiction avec le langage issu de l'informatisation. Il est considéré par l'équipe comme très neuf du fait de l'absence de travaux sur ces thèmes :

« C'est là un thème important que le groupe a abordé récemment. Force est de constater la quasi-inexistence de travaux scientifiques sur ces problèmes. On trouve simplement dans la littérature des réalisations empiriques d'où sont parfois tirées des recommandations normatives mais non validées expérimentalement. C'est donc un domaine à, défricher: certains travaux de psycholinguistique⁸²² et le (ou les) courant(s) de la

⁸¹⁸ Il donnera naissance au système Medoc (Mécanisation des opérations comptables).

⁸¹⁹ *Rapport d'activité du Sesor*, 1976 (Inria Rocquencourt, Armoire 23).

⁸²⁰ SPERANDIO Jean-Claude & VOLLEAU Nicole, *Recommandations ergonomiques pour les dialogues conversationnels du projet Medoc. Rapport CI 8004 R05*, 1980 (Inria Rocquencourt, Armoire 21).

⁸²¹ Ibid.

⁸²² La psycholinguistique est l'étude des processus cognitifs mis en œuvre dans le traitement et la production du langage. Fondée dans les années 1950, la psycholinguistique fait appel à de nombreuses disciplines, telles les sciences du langage, la neurologie et la neurobiologie, la psychologie et les sciences cognitives

*mémoire sémantique*⁸²³ *constituent peut-être une source utile pour le choix d'un cadre théorique*⁸²⁴. »

Il s'agit de prêter une grande attention aux termes qui sont utilisés à cette fin pour ne pas induire l'agent en erreur⁸²⁵. Dans ce cadre, est prévue la mise en place de méthodes simples et rapides d'accès au travail informatisé⁸²⁶ sous forme de listes de recommandations.

Le projet est également l'occasion d'étudier les stratégies de consultation des dossiers par les agents. Attachées au thème « Processus de prise d'informations », l'étude consiste à formaliser les stratégies entreprises par les agents des recettes des impôts pour consulter, modifier ou créer un dossier⁸²⁷ avant l'irruption de l'informatique. Cette étude préalable est réalisée par Jean-Claude Sperandio et Nicole Volleau afin de commencer à produire des spécifications pour la présentation du dossier à l'écran⁸²⁸.

La programmation

Enfin, sous l'égide d'Alain Michard qui en fera le sujet de sa thèse de doctorat de troisième cycle soutenue le 19 décembre 1978 sous la direction de Jean-Claude Spérandio⁸²⁹, est lancé un axe d'étude sur les recherches d'erreur dans les programmes.

Les débuts de cet axe sont modestes. En 1978, après un passage en revue de la littérature internationale sur le sujet, Michard montre qu'une activité de « débogage »

(MESURE Sylvie & SAVIDAN Patrick, *Dictionnaire des sciences humaines*, Presses Universitaires de France, Paris, 2006, 1275 p.).

⁸²³ En psychologie cognitive, la mémoire sémantique est le système mnésique par lequel l'individu stocke ses connaissances générales (connaissances factuelles sur le monde, définitions de concepts abstraits, etc.) Mise en évidence dans les travaux de Endel Tulving, psychologue estonien, la mémoire sémantique est une tentative de différenciation des différents types de capacités de mémorisation (qui compte également la mémoire épisodique ; EHRlich Stéphane & TULVING Endel, *La Mémoire sémantique*, Bulletin de psychologie, 1976, 390 p.).

⁸²⁴ *Rapport du groupe de psychologie ergonomique de l'Iria*, 1978 (Inria Rocquencourt, Armoire 9).

⁸²⁵ Ibid.

⁸²⁶ Ibid.

⁸²⁷ VOLLEAU Nicole & SPERANDIO Jean-Claude, *Etude des modes de consultation de dossiers par les agents des impôts. Rapport CI 7907 R 04*, 1979 (Inria Rocquencourt, Armoire 21).

⁸²⁸ *Rapport d'activité du groupe de psychologie ergonomique de l'Iria pour 1979 et 1980*, 1980 (Inria Rocquencourt, Armoire 11).

⁸²⁹ BISSERET André, *Demande au comité des emplois de l'Iria de la promotion d'Alain Michard*, 13 décembre 1978 (Inria Rocquencourt, Boite 96 17 006).

demande au programmeur une connaissance fine des finalités propres du programme étudié et qu'il est donc assez difficile pour quelqu'un ne connaissant pas ces finalités de « relire » un programme pour un autre⁸³⁰. Ce sont les années 1980 et l'explosion du nombre de programmeurs qui feront de l'ergonomie de la programmation un axe de développement majeur de l'équipe.

Dans la seconde moitié des années 1970, l'équipe de psychologie ergonomique de l'Iria est encore isolée sur le champ de l'adaptation des dispositifs informatisés à l'utilisateur. Elle montre néanmoins une réelle vitalité dans le développement de nouveaux chantiers qu'André Bisseret accepte d'investir pour leur caractère exemplaire et la présence de forts enjeux de conception centrée sur l'utilisateur.

Confirmation des hypothèses posées dans le cadre du travail matriciel réalisé sur le Cautra, le domaine de la supervision de processus atteste de l'importance des grands réseaux de transports comme lieux propices de développement de l'ergonomie de l'informatique étant donnée la composante essentielle qu'est le risque dans l'activité des opérateurs.

L'autre domaine émergent est celui de la communication. Communication entre opérateurs humains dans le cadre de systèmes informatisés, mais également communication homme-machine qui préfigure les enjeux de dialogue avec l'ordinateur que les années 1980 vont voir se multiplier sous les effets de la diffusion des micro-ordinateurs.

Enfin, la diversification des chantiers de la seconde moitié des années 1970 ne doit pas masquer la grande homogénéité de la figure de l'utilisateur individuel étudié par les ergonomes et né avec le Cautra, qui apparaît désormais sous les traits du régulateur de trafic RER, du contrôleur au Cap Gris-Nez ou comme agent des impôts ou médecin obstétricien : utilisateur non informaticien, mais professionnel de haut niveau dont les

⁸³⁰ *Rapport d'activité du groupe de psychologie ergonomique de l'Iria, 1978* (Armoire 9, Inria Rocquencourt).

pratiques et les raisonnements sont pris en compte, au moins en partie, au stade de la conception de l'outil. Opposée à la figure de l'utilisateur-serviteur auquel l'informatique s'impose, parfois durement, dans les bureaux notamment durant les années 1970, l'utilisateur que fait émerger l'ergonomie est accompagné dans sa découverte, son utilisation et sa formation à l'informatique.

B. La « bureutique », objet charnière et sans lendemain

Les 8, 9 et 10 mars 1978 l'Institut des Mathématiques Appliquées de Grenoble (Imag) organise pour la première fois un congrès sur la bureautique. Cette rencontre doit faire date et présente l'ensemble des matériels disponibles sur le marché tout en proposant une série de conférences sur les options d'équipement qui s'offrent aux organisations :

« Pendant ces trois jours, des conférences se dérouleront parallèlement à des cours de formation et à l'exposition des principaux matériels de traitement de textes disponibles sur le marché français⁸³¹. »

À la différence de secteurs plus traditionnels de la production, le travail de bureau est toujours le parent pauvre de l'organisation et de la modernisation technique que la bureautique se propose de rationaliser :

« Les organisations publiques et privées planifient et contrôlent leurs coûts mais ne cherchent pas à accroître la productivité des bureaux. Pourtant, près de 50% de la population actives y travaille aujourd'hui avec pour tâche la transcription et la communication d'informations textuelles. La bureautique se propose de répondre à ce problème par l'introduction de techniques modernes de traitement de textes, de courrier électroniques,

⁸³¹ Plaquette de présentation et programme du Congrès bureautique 78, 1978 (Inria Rocquencourt, Boite 02 00 101)

*d'archivage..., tout en se préoccupant des questions de formation et d'organisation qui en résultent*⁸³². »

À cette date, depuis plus d'un an, l'Iria a commencé à réfléchir sur la manière d'investir ce champ de recherche traditionnellement cantonné depuis le début des années 1970 aux « applications de l'informatique », donc considéré par nombre de chercheurs comme n'ayant pas sa place à l'Institut⁸³³. Sous la responsabilité de Najah Naffah, jeune chercheur ayant fait ses classes avec Louis Pouzin au sein du projet de réseau de données Cyclades⁸³⁴, le projet-pilote Kayak nourrit l'ambition à partir de 1978 de fournir aux cadres « le bureau du futur ». Structuré autour de la conception d'un micro-ordinateur à interface graphique et doté de fonctions étendues (production, archivage et communication de textes, mais également de la parole), le projet Kayak constitue à la toute fin des années 1970 un triple objet charnière en matière d'interface, de régime d'interaction et de place de l'utilisateur individuel dans le processus d'informatisation.

Dans un premier temps, Kayak et son Bureauviseur cristallisent les attentes et les promesses que la bureautique a suscitées en matière d'augmentation de la productivité et d'efficacité des entreprises et des administrations depuis le début de la décennie. Mais la « buretique⁸³⁵ » définie par Najah Naffah dépasse par ses ambitions les objectifs de la bureautique de masse de la première moitié des années 1970 et propose une vision globale des activités dites tertiaires dont le but poursuivi est l'informatisation intégrale. Il ne s'agit plus d'automatiser la production des textes, mais d'informatiser totalement le bureau au travers des tâches de production de texte évidemment, mais également d'archivage et de communication de ces derniers.

⁸³² Ibid.

⁸³³ Eunika Mercier-Laurent, membre du projet de bureautique Kayak explique parfaitement qu'aux yeux de nombre de ses collègues, la bureautique est un domaine peu valorisant relevant des « applications de l'informatique », c'est-à-dire encore moins noble que « l'informatique appliquée » (THIERRY Benjamin, *Entretien avec Eunika Mercier-Laurent* (20 janvier 2003)).

⁸³⁴ SCHAFFER Valérie, *La France en réseaux (tome 1) La rencontre des télécommunications et de l'informatique (1960-1980)*, Nuvis, Paris, 2012, 384 p.

⁸³⁵ Comme nous l'avons vu, le terme de « bureautique » n'entre dans l'usage courant et le dictionnaire qu'au début des années 1980. Najah Naffah lui préfère alors « buretique ».

Dans un second temps, Kayak est la première acclimatation d'un régime d'interaction original, né outre-Atlantique au *Palo Alto Research Center* de Xerox⁸³⁶ et qui se définit essentiellement par l'utilisation d'une interface graphique pourvue d'icônes, avec laquelle l'utilisateur interagit par le truchement d'une souris dans le cadre d'une métaphore du bureau. Le projet-pilote de Najah Naffah est en ce sens un pont jeté entre les grands projets d'informatisation des années 1960 et 1970 reposant sur des interfaces spécifiques, nées de la volonté de s'adapter au mieux à une tâche précise (à l'image du Digitatron dans le contrôle aérien) et les interfaces graphiques « grand public » des années 1980 et 1990 popularisées par le micro-ordinateur et « destinées à tous » ou voulues comme tel.

Enfin, Kayak par son régime d'interactivité spécifique destiné aux cadres non-informaticiens de l'entreprise, définis comme des « novices » ou des « naïfs » par les ergonomes qui participent au projet, est une anticipation des projets d'informatisation grand public de la décennie suivante, dont certains - à l'image de la télématique - sont déjà à l'étude dans le giron des télécommunications et poursuivent les mêmes cibles en proposant des interfaces très différentes. Avec Kayak, et nous terminons cette première partie avec lui à dessein, le régime d'interaction mis en place dans les années 1960 passe d'un public cible constitué de professionnels précisément identifiés (contrôleurs de la navigation aérienne ou autre, médecins en situations de diagnostic, etc...), parfois lourdement formés, à un public cible se définissant avant tout par la nécessité qu'il a de manipuler immédiatement l'outil, faisant reposer sur l'interface graphique l'essentiel des enjeux d'interaction, de dialogue et de compréhension de la machine.

1. Du bureau automatisé au bureau informatisé

Dès 1977, plusieurs projets français se consacrent à l'implémentation dans un système informatique de capacités de traitement des informations textuelles (production, édition, impression et archivage). De la même manière que l'informatique et ses promoteurs avaient prophétisé l'automatisation complète de certaines tâches quand

⁸³⁶ HILTZIK Michael A., *Dealers of lightning : Xerox PARC and the dawn of the computer age*, Harper Business, New York, 1999, 448 p.

l'ordinateur avait commencé à pénétrer le monde du travail, la seconde moitié des années 1970 voit se mettre en place un discours prophétique sur l'abandon prochain du papier dans les activités de bureau au profit d'une informatisation totale des communications et de la conservation d'informations, thème qui rejoint les attentes concernant son rôle dans l'augmentation de la productivité :

« L'automatisation des secrétariats [...] on devrait ainsi voir le papier, comme véhicule principal de l'information textuelle, s'effacer au profit des techniques électroniques⁸³⁷. »

En 1977, l'Iria lance un projet pilote baptisé « Traitement de textes techniques⁸³⁸ ». Il s'agit, sous la direction d'une équipe de recherche de l'Institut, de rassembler industriels et chercheurs pour essayer de faire naître un savoir-faire conduisant à la conception d'un système capable de traiter, d'archiver et, bien entendu, de produire des textes à destination des entreprises. L'année suivante, l'Imag⁸³⁹ lance également un projet de bureautique :

« Le laboratoire d'Informatique et de Mathématiques Appliquées a lancé en 1978, un projet de bureautique devant utiliser et réunir les compétences de diverses équipes travaillant dans des domaines de recherches différents⁸⁴⁰ »).

Moins ambitieux que le projet « Traitements de textes techniques », il ne se propose que de mettre en place un système de traitement de texte pour les chercheurs grenoblois. C'est un développement auto-référentiel, c'est-à-dire dans lequel les concepteurs du dispositifs sont ses premiers et principaux utilisateurs, alors que le projet de l'Iria est décrit dès l'année de sa création comme devant conduire à une commercialisation.

⁸³⁷ Note manuscrite intitulée 'Du traitement de texte à la bureautique', 1977 (Inria Rocquencourt, Boite 02 00 047).

⁸³⁸ Organisation du projet "Traitement de textes techniques", 1977 (Inria Rocquencourt, Boite 02 00 012).

⁸³⁹ Institut des Mathématiques Appliquées de Grenoble.

⁸⁴⁰ Bulletin de liaison de la recherche en informatique et automatique n°70 Spécial Kayak, 1981 (Inria Rocquencourt, Armoire 9).

En octobre 1978, Najah Naffah, qui vient de prendre la direction de l'équipe « buretique », présente au conseil scientifique un fascicule pour le lancement d'un projet pilote « buretique⁸⁴¹ » alors que « Traitement de textes techniques » a été abandonné avant même sa mise en place⁸⁴² pour des raisons encore obscures.

La vision de Naaffah rompt assez radicalement avec ce qui avait été envisagé précédemment à l'Iria ou commencé à être réalisé à l'Imag : plutôt que de fournir une partie uniquement logicielle, le chercheur veut réaliser un système et en même temps la machine permettant de le faire fonctionner, « le Bureauviseur⁸⁴³ ». Il s'agit de construire un prototype d'un « bureau électronique », permettant de réaliser tous les travaux habituellement dévolus à l'employé et à ses outils :

« C'est pour remplacer l'ensemble des procédés manuels que le bureauviseur viendra s'intégrer dans un bureau⁸⁴⁴. »

L'ambition est de créer un outil permettant une informatisation totale de ces activités :

« Le projet KAYAK est consacré à la buretique. Nous entendons par buretique les techniques de production, de stockage, de recherche et de communication de l'information dans les bureaux⁸⁴⁵. »

L'examen de l'avant-projet donne lieu à une journée d'étude tenue en grande pompe à l'Iria le 22 juin 1978 à l'occasion de laquelle les industriels susceptibles d'être intéressés par le projet (Steria, Sema, Dataid, Cap-Sogeti, Télésystèmes, Bertin) et les chercheurs associés (équipes Imag, Irisa, SupElec, Cnet, et ENST Paris⁸⁴⁶) sont invités:

⁸⁴¹ NAFFAH Najah, *Programme de Recherche et Développement en Bureautique (ORG 2.502)*, 1978 (Inria Rocquencourt, Boite 86 16 002).

⁸⁴² Les sources sont muettes quand il s'agit de savoir pour quelles raisons ce projet pilote n'est pas concrétisé. Est-il un préalable remanié qui aboutit à Kayak ? Un concurrent malheureux et écarté parce que moins ambitieux que le projet de Naffah ? Nous ne pouvons conclure sur ce pont.

⁸⁴³ Ibid.

⁸⁴⁴ Ibid.

⁸⁴⁵ *Rapport d'activité de l'Inria pour 1980. Annexes techniques*, 1980 (Inria Rocquencourt, Armoire 9).

⁸⁴⁶ *Bulletin de liaison de la recherche en informatique et automatique n°71*, 1981 (Inria Rocquencourt, Armoire 9).

« L'élaboration d'un nouveau projet sur la buretique a été entreprise en 1978. Ceci s'est traduit par une journée de travail le 22 juin, à laquelle assistaient des experts de l'industrie, des administrations, des sociétés nationalisées, et de la recherche⁸⁴⁷. »

Le 16 octobre suivant, le Conseil d'Administration donne son aval pour que le projet débute officiellement⁸⁴⁸ et Naffah peut commencer à constituer son équipe dès le début 1979. En effet, non seulement l'aide informatisée au travail de bureau est dans l'air du temps (et l'Iria compte bien avoir son propre projet dans ce domaine) mais le projet propose aussi par la réalisation de cet « intégré » une valorisation cohérente de l'industrie française des composants, une sorte de lieu de rencontre et d'émulation pleinement en accord avec le rôle de promotion attribué aux projets pilotes :

« Partant de l'hypothèse que la technologie actuelle pourra fournir les composants nécessaires à une réalisation bon marché des systèmes buretiques⁸⁴⁹. »

De plus, il n'y a pas en France d'industriel capable d'industrialiser ce type de matériel et l'un des objectifs poursuivis est de créer des compétences puis de les transférer vers les acteurs qui se chargeront d'industrialiser les bureautiseurs⁸⁵⁰ :

« En 1978, sur les matériels de traitement de texte vendus en France et annonçant les débuts de la bureautique, il n'y avait aucun terminal fabriqué en France. Les activités des industriels fabricants de systèmes informatisés étaient concentrées sur le développement de la périinformatique (terminaux intelligents de saisie de données ou terminaux

⁸⁴⁷ Note du 27 novembre 1978 (Projet Kayak), 1978 (Inria Rocquencourt, Boite 02 00 012).

⁸⁴⁸ Note Sesori N/342 du 8 août 1978 concernant le lancement de l'action Sesori Burotique, 1978 (Inria Rocquencourt, Boite 02 00 012).

⁸⁴⁹ NAFFAH Najah, Programme de recherche et développement en bureautique, 1978 (Inria Rocquencourt, Boite 86 16 002).

⁸⁵⁰ « L'objectif de cette opération n'est pas de confectionner un produit commercial de poste de travail mais d'élaborer les concepts nécessaires à la définition de versions de bureautiseurs adaptés aux profils des futurs utilisateurs. » (NAFFAH Najah, Rapport d'activité 1981 du projet pilote Kayak, 1981 (Inria Rocquencourt, Boite 83 04 002)).

spécialisés) et sur les réalisations des réseaux par paquets. Il fallait créer des compétences dans ce nouveau domaine de la bureautique⁸⁵¹. »

D'un point de vue technique, Kayak repose sur trois aspects fondamentaux. D'abord l'intégration au sein d'un même poste de l'ensemble des fonctions permettant de remplir les tâches traditionnelles que l'on a à accomplir dans une entreprise ou une administration :

« Notre point de départ pour la conception du système est basé sur une approche « intégration des services ». Cela signifie la coexistence de plusieurs services dans le même système⁸⁵². »

Le système repose sur une intégration d'une carte microprocesseur Intel 8086⁸⁵³ ISBC 86/12 A couplée à une carte mémoire 128k Matrox⁸⁵⁴. Ces matériels sont américains, aucune entreprise française ne fournissant de microprocesseur au début des années 1980, ni de carte mémoire semblable à la Matrox utilisée. Les différentes cartes présentes communiquent par Multibus, le système jouit de 512 ko de ram, d'un écran graphique de type bitmap, d'un clavier, d'une souris, d'un disque dur de 10 mo fonctionnant grâce à une technologie Winchester⁸⁵⁵, d'un lecteur de disquette, et d'une interface téléphone-vocale pour la communication⁸⁵⁶.

Cette configuration relève indiscutablement du très haut de gamme au début des années 1980 et induit un coût de production élevé. Elle permet également au bureauviseur de « fonctionner en mode autonome ou connecté⁸⁵⁷. » C'est cette capacité à être relié avec d'autres bureauviseurs ou des services annexes (serveurs d'impression par exemple) qui constitue la seconde originalité du bureauviseur. Cette capacité à connecter aisément les

⁸⁵¹ Kayak. Le projet-pilote bureotique, in *Bureau Gestion*, n°33, mai 1981, p. 37-38.

⁸⁵² *Rapport d'activité de l'Inria pour 1980. Annexes techniques*, 1980 (Inria Rocquencourt, Armoire 9).

⁸⁵³ 16 bits de données, 20 lignes d'adresse soit un champ de 1 méga octets et une horloge 5 mghz (Figure 31. Synoptique du système Kayak).

⁸⁵⁴ SCHEURER Bernard, Le buroviseur, poste de travail dans le bureau du futur, in *Bulletin de liaison de la recherche en informatique et automatique*, n°70, 1981, p. 2-7.

⁸⁵⁵ Permet d'interfacer la carte contrôleur SA 1403-D et la carte processeur.

⁸⁵⁶ THIERRY Benjamin, *Entretien avec Eunika Mercier-Laurent* (20 janvier 2003).

⁸⁵⁷ *Bulletin de liaison de la recherche en informatique et automatique n°69 Spécial Kayak*, 1981 (Inria Rocquencourt, Armoire 9).

terminaux entre eux permet un travail coopératif entre plusieurs acteurs de l'entreprise et une modularité d'installation⁸⁵⁸ importante. Le réseau employé est Danube, mis en place dans le cadre du projet pilote Cyclades par Louis Pouzin⁸⁵⁹. Le protocole de communication est compatible ISO dès 1981 et est basé sur le système CSMA « écoute préalable », qui permet une extension du réseau à 255 postes avec des débits de 1 mbits/sec⁸⁶⁰.

La configuration matérielle du Bureauviseur est à l'aune des ambitions de son créateur pour qui la « burotique » se doit d'être la remplaçante d'une organisation du bureau dépassée et qu'il faut rénover de fond en comble en l'informatisant.

2. L'influence américaine en matière de régime d'interaction

Autre caractéristique forte du Bureauviseur, l'importance donnée à son interface graphique. En effet, l'exploitation de l'architecture matérielle du Bureauviseur est rendue possible par la mise en place d'une interface graphique dans la lignée de celle développée par Ivan Sutherland sur Sketchpad⁸⁶¹, les travaux de Doug Engelbart⁸⁶² à Stanford puis d'Alan Kay au Xerox Parc⁸⁶³.

Ces travaux américains jouent un rôle déterminant dans la genèse et le développement de Kayak qui peut être vu comme une importation de ces réflexions autour

⁸⁵⁸ Ce n'est pas le cas avec un gros système et des terminaux.

⁸⁵⁹ C'est Ethernet, mis au point au Palo Alto Research Center qui sert de modèle à Danube, réseau local fonctionnant à partir d'un câble coaxial, sur une distance de 1 km maximum, avec un débit de 1 mégabit par seconde. Deux partenaires interviennent dans la mise en place de Danube : Logabax et Bertin & Cie. En 1981, il existe des réseaux Danube expérimentaux à Rennes, à Rocquencourt et à l'Imag (*Comité de pilotage Kayak du 12 mars 1981*, 1981 (Archives Inria Rocquencourt, Boite 85 07 001)).

⁸⁶⁰ NAFFAH Najah, Avant-propos au numéro n°70 du Bulletin de liaison de la recherche en informatique et automatique spécial Kayak, in *Bulletin de liaison de la recherche en informatique et automatique*, n°70, 1981, p. 1-2.

⁸⁶¹ Naffah connaît bien les travaux américains sur la CHM, il a notamment fait un voyage d'études au PARC avant de lancer Kayak (THIERRY Benjamin, *Entretien avec Najah Naffah* (mai 2009)).

⁸⁶² Inventeur de la souris (ENGELBART Douglas C., *Human intellect augmentation techniques*, National Aeronautics and Space Administration; for sale by the Clearinghouse for Federal Scientific and Technical Information, Springfield, Va., Washington, 1969, 70 p.).

⁸⁶³ HILTZIK Michael A., *Dealers of lightning : Xerox PARC and the dawn of the computer age*, Harper Business, New York, 1999, 448 p.

de l'interface graphique en France. En effet, avant de lancer le projet-pilote, Louis Pouzin conseille à Najah Naffah d'aller visiter les centres de recherche états-uniens qui travaillent sur le concept de « personal computer⁸⁶⁴ » ce qu'il fait entre la fin de sa thèse de doctorat soutenue en 1975 et le lancement effectif du projet en 1978. Décrit comme décisif par Najah Naffah lui-même⁸⁶⁵, ce voyage permet au jeune Français de rencontrer Engelbart, Kay et l'ensemble des chercheurs du Parc au moment où le projet Star⁸⁶⁶ commence sur les bases de l'Alto⁸⁶⁷, premier ordinateur à interface graphique mis en place par Xerox. Sa rencontre avec Alan Kay le convainc notamment de développer une interface très similaire, presque identique, à celle du Star et de substituer à l'interaction homme-ordinateur par ligne de commande (longue à maîtriser par un non-informaticien puisque supposant l'apprentissage du langage de programmation la permettant) une interaction graphique⁸⁶⁸ symbolique par icônes et désignation directe au moyen d'une souris.

Cette interaction est conçue sur un mode fonctionnaliste imitatif, c'est-à-dire que l'ordinateur remplit les fonctions précédemment assurées manuellement et qu'il le fait sur un mode de fonctionnement analogue. L'écran du Bureauviseur est ainsi appelé « bureau » et on y trouve de quoi remplir l'ensemble des tâches qui avant l'informatisation étaient

⁸⁶⁴ Concept développé par Alan Kay au Parc autour des bénéfices que l'on peut espérer de l'utilisation individuelle d'un ordinateur comme « outil de développement de l'intelligence » hérité en partie des travaux de Vannevar Bush et de son célèbre Memex (; Nyce and Kahn, 1992, #63139). L'expression sera ensuite reprise par IBM qui en fera un argument publicitaire pour son micro-ordinateur sorti en 1981.

⁸⁶⁵ THIERRY Benjamin, *Entretien avec Najah Naffah* (mai 2009).

⁸⁶⁶ « Tous les concepts des interfaces modernes sont présents dans le Star. » (BEAUDOIN-LAFON Michel, 40 ans d'interaction homme-machine. Points de repères et perspectives (fichier pdf de l'auteur), in *A la rencontre de l'interaction. Journée Asti 2001*, 2001, p. 1-9.).

⁸⁶⁷ En 1972, le *Palo Alto Research Center* met au point l'Alto, qui « fut la première station de travail personnelle munie d'un écran graphique, et servit de base, avec ses évolutions, à de nombreuses applications développées à PARC : édition de texte, dessin bitmap, dessin vectoriel, workflow, courrier électronique. » (Ibid.). Sur cette base est réalisé le Star, commercialisé en 1981 et qui fut un échec quasi complet pour Xerox, dont l'interface graphique est considérée comme la matrice de celles popularisées plus tard par Apple et caractérisées par le paradigme WIMP (Windows, Icons, Menus, Pointing Devices) (JOHNSON Jeff & ROBERTS Teresa, *The Xerox Star : a retrospective*, in *IEEE Computer*, vol. 22, 1989, p. 11-29.).

⁸⁶⁸ Basé dès 1981 sur le système de fenêtrage Xwindows, popularisé ensuite sous le nom de X11 (THIERRY Benjamin, *Entretien avec Eunika Mercier-Laurent* (20 janvier 2003)).

éparpillées entre machine à écrire, téléphone, télécopieur, photocopieuse et armoire d'archivage sur le bureau réel⁸⁶⁹.

Ainsi, Vitrail, le système de fenêtrage qui exploite l'écran de 1024x768⁸⁷⁰ points noir et blanc du Bureauviseur, permet une division de l'espace de travail entre les différents programmes qui rappelle la structure de positionnement d'un bureau réel⁸⁷¹. Dans le même ordre d'idée, Plume, l'éditeur de texte, est WYSIWYG⁸⁷² : « What You See Is What You Get », ce que vous voyez est ce que vous obtenez après impression. En cela PLUME est une imitation de la machine à écrire : on y voit la feuille de papier telle qu'on l'obtiendra après impression. La mise en page et la gestion des documents est assurée par un système de menus déroulants⁸⁷³ qui facilitent l'accès aux fonctions avancées du traitement de texte.

Le système de classement des fichiers créés⁸⁷⁴ (textes, feuilles de calcul, etc...) est aussi une analogie du système de classement que l'on trouve dans un bureau dépourvu d'ordinateur. Le système propose une structure selon un modèle d'arborescence armoire, tiroir et dossier⁸⁷⁵.

La recherche de la simplicité d'emploi par la reproduction fonctionnaliste conduit les membres de Kayak à explorer la voie de la communication entre opérateur et ordinateur sur le mode du langage naturel (c'est-à-dire la possibilité d'interroger la machine ou de lui demander d'enclencher certaines fonctions comme s'il s'agissait d'un

⁸⁶⁹ « Sur cet écran nous avons des fenêtres d'affichage, où l'on trouve des indications sur la présence et l'arrivée du courrier électronique, des pages, ou des titres représentant les étiquettes des dossiers classés. » (Kayak. Le projet-pilote buretique, in *Bureau Gestion*, n°33, mai 1981, p. 37-38.).

⁸⁷⁰ Figure 32. Kayak et son interface.

⁸⁷¹ « La surface de l'écran, appelée aussi VITRAIL, est assimilée à la surface de la table de bureau. » (*Bulletin de liaison de la recherche en informatique et automatique n°69 Spécial Kayak*, 1981 (Inria Rocquencourt, Armoire 9)).

⁸⁷² THIERRY Benjamin, *Entretien avec Eunika Mercier-Laurent* (20 janvier 2003)

⁸⁷³ *Rapport d'activité de l'Inria pour 1980. Annexes techniques*, 1980 (Inria Rocquencourt, Armoire 9).

⁸⁷⁴ Il repose sur le système de SGBD Trèfle mis au point à l'Iria.

⁸⁷⁵ « Classement et service de fichiers répartis. Dans le classement, un modèle simple type armoire-tiroir-dossier a été exploré. » (*Actes des journées 'Bilan du projet Kayak*, 1983 (Inria Rocquencourt, Armoire 15)).

humain) qui sera ensuite implanté par une équipe Bull⁸⁷⁶ sur le bureauviseur après la fin du projet à l'Iria en 1983.

Le bureauviseur concentre en lui l'ensemble des fonctions remplies préalablement par l'ensemble des machines de bureau (téléphone, télécopieur, machine à écrire, armoire de classement...). Pour ne pas déconcerter l'utilisateur, l'ordinateur adopte un type de présentation et de manipulation qui rappelle le précédent système organisationnel : les termes sont les mêmes (on parle d'armoires et de tiroir pour ranger les documents), on utilise ces nouveaux outils comme les anciens (le traitement de texte WYSIWYG ressemble fort à une machine à écrire). En proposant un environnement de travail virtuel fonctionnant par analogie de présentation et de fonction avec l'environnement manuel⁸⁷⁷, la CHM pense résoudre les difficultés d'adaptation des opérateurs à leur nouvelle situation de travail sans avoir à passer par une méthode plus longue et couteuse : l'enquête ergonomique.

3. Les « non-informaticiens » ancêtres du « grand public » ?

En 1978, au moment de sa présentation pour obtenir l'aval du conseil scientifique et du conseil d'administration de l'Iria pour le lancement de son projet, Najah Naffah explique que Kayak s'adresse à des catégories de personnels n'ayant pas ou très peu de contacts avec l'informatique, les « non-informaticiens » :

« Avec la buretique, on se propose de mettre à disposition de chaque personne travaillant dans les bureaux d'un organisme, un « ordinateur individuel » appelé buroviseur. Cet ordinateur sera caractérisé

⁸⁷⁶ Sans que l'essai ne soit probant : la reconnaissance vocale conçue dans les années 1980 comme la panacée en matière de CHM n'a pas les résultats escomptés. « *Un système de filtrage électronique de données (Supik 80), (Gonzales-Rubio, Rohmer, Bradier 87) a été intégré ultérieurement (1983) pour faciliter les recherches dans les bases documentaires. Les questions ont été posées en quasi-langage naturel, le système acceptait les lettres en trop, les lettres manquantes et les fautes d'orthographe.* » (THIERRY Benjamin, *Entretien avec Eunika Mercier-Laurent* (20 janvier 2003)).

⁸⁷⁷ « *C'est pour remplacer l'ensemble des procédés manuels que le Buroviseur viendra s'insérer dans un bureau.* » (NAFFAH Najah, *Note La buretique, définition et justification*, juin 1979 (Inria Rocquencourt, Boite 83 04 001)).

par une interface homme-machine simple, adaptée au travail de l'utilisateur non-informaticien⁸⁷⁸. »

« Les accès à ces services étant ouverts à des personnels non informaticiens, il est primordial de leur adapter les moyens de communication aussi bien matériels que procédures de dialogue⁸⁷⁹. »

Cette dénomination, pour floue qu'elle soit, constitue une rupture importante dans la manière dont sont conçus les utilisateurs des systèmes informatiques jusque-là. En effet, Najah Naffah en désignant les futurs utilisateurs de son système comme des « non-informaticiens » n'utilise plus une catégorisation qui repose sur des fonctions liées à un emploi ou une compétence particulière (« secrétaire », « contrôleur », etc...), ce qui fait de Kayak un système « universel » par opposition aux grands systèmes spécialisés comme le Cautra qui s'adressent – et tentent de s'adapter au mieux – à un type particulier de personnel et aux tâches précises qui s'y attachent.

En conséquence, le système doit reposer sur une logique de fonctionnement compréhensible par le plus grand nombre, ce qui explique le choix de la métaphore du bureau et la transformation des objets « réels » en entités informatiques manipulables sous forme d'icônes et d'interactions simples.

Pour s'assurer de remplir cet objectif, Naffah demande au Conseil d'Administration de vastes locaux pour accueillir un laboratoire d'essai⁸⁸⁰ et un bureau d'étude. Non seulement celui-ci sera le lieu d'essais de nature technique pour la conception du prototype de bureauviseur, mais il sera aussi utilisé pour expérimenter les aspects « ergonomiques » du projet.

⁸⁷⁸ NAFFAH Najah, *Programme de recherche et développement en bureautique*, 1978 (Inria Rocquencourt, Boite 86 16 002).

⁸⁷⁹ *Bulletin de liaison de la recherche en informatique et automatique n°70 Spécial Kayak*, 1981 (Inria Rocquencourt, Armoire 9)

⁸⁸⁰ 150 m2 pour le laboratoire seul (NAFFAH Najah, *Programme de recherche et développement en bureautique*, 1978 (Inria Rocquencourt, Boite 86 16 002)).

En effet, sans que cela ne soit mené par l'équipe de Bisseret dans un premier temps⁸⁸¹, les différents périphériques sont testés ainsi que les structures de présentation. Très vite les ergonomes sont associés au projet⁸⁸² :

« Nous avons mis au point un « laboratoire » de développement de poste de travail, où toutes les entrées-sorties naturelles sont évaluées : voix, tablette de dessin, désignation par menu, affichage bidimensionnel des objets. Dans ce laboratoire, des ergonomes et des concepteurs de systèmes informatiques sont associés.⁸⁸³ »

En quoi consistent ces « évaluations » ? Selon une méthode expérimentale, les chercheurs de Kayak mènent des chronométrages des utilisations par des membres de l'équipe des différents organes de saisie du Bureauviseur. On associe à ces exercices des questionnaires pour refléter les facilités d'usage de chaque système.

Comme le fait remarquer André Bisseret, ces techniques d'évaluation relèvent plus du concours ou du béhaviorisme que de l'ergonomie⁸⁸⁴. Il y a dans ces tests toute l'étendue de l'influence que la recherche américaine en matière de CHM fait peser sur Najah Naffah, connaisseur et admirateur du PARC.

Des études plus traditionnelles au sens de l'ergonomie de l'informatique sont néanmoins partiquées. L'équipe de psychologie ergonomique mène une expérience sur soixante-quatre personnes divisées en deux groupes, utilisateurs novices et utilisateurs expérimentés, de mémorisation des systèmes de commandes⁸⁸⁵. L'étude conclut à une supériorité évidente de la présentation graphique et de l'interaction symbolique chez les

⁸⁸¹ THIERRY Benjamin, *Entretien avec André Bisseret* (12 novembre 2001).

⁸⁸² *Rapport d'activité de l'Inria pour 1980.*, 1980 (Inria Rocquencourt, Armoire 9).

⁸⁸³ *Bulletin de liaison de la recherche en informatique et automatique n°69 Spécial Kayak*, 1981 (Inria Rocquencourt, Armoire 9).

⁸⁸⁴ « Les Américains, dans le domaine interface homme-machine, sont restés longtemps sur les problèmes d'interface stricto sensu. Dans une optique peut-être plus béhavioriste ? Plus axée sur le seul comportement... C'était plus, par exemple, sur les effets de la couleur, sur les différences entre souris et joystick. Des recherches que l'on critiquait nous, on appelait ça des concours, des concours entre souris et joystick... » (THIERRY Benjamin, *Entretien avec André Bisseret* (12 novembre 2001)).

⁸⁸⁵ *Etude des commandes et de la mémorisation des commandes du Bureauviseur (brouillon dactylographié)*, 1980 (Inria Rocquencourt, Armoire 25).

débutants pour la mémorisation des procédures simples (ouvrir un fichier, l'enregistrer, etc...).

Pour se familiariser avec leur sujet, Michard et Lassere commencent personnellement à manipuler des outils de bureautique traditionnelle et de traitements de texte⁸⁸⁶. Enfin, et c'est ce point qui sera le champ principal de collaboration de l'ergonomie avec l'équipe de Naffah, commence en 1980 une étude des syntaxes de commandes de la messagerie Agora Teletex, qui permet une communication entre bureauviseurs⁸⁸⁷.

Au début de l'année 1980, le bureauviseur est fonctionnel et plusieurs prototypes sont présentés aux partenaires industriels de l'institut. Aucun d'entre eux n'est alors prêt à se lancer dans l'industrialisation d'un ordinateur dont le coût de production dépasse les 30 000 francs⁸⁸⁸ et dont on ne voit pas clairement quel positionnement il pourrait adopter au sein de l'entreprise : les secrétaires ont des machines à écrire électroniques bien moins chères et les cadres « n'ont pas besoin » d'un ordinateur selon certains manufacturiers⁸⁸⁹. En dépit de quelques expériences d'utilisation au début des années 1980, notamment à la mairie d'Amiens au sein des services administratifs⁸⁹⁰, le projet est finalement abandonné au début de l'année 1983 faute de partenaire industriel.

Echec au même titre que le Star, Kayak ne trouve pas au début des années 1980 d'industriels français pour être industrialisé en grande série. Le projet reste à l'état d'anticipation des matériels et surtout des interfaces qui se popularisent avec l'arrivée du Macintosh en 1984 et de la micro-informatique à destination du grand public inspirée par Apple.

⁸⁸⁶ *Rapport d'activité du groupe de psychologie ergonomique de l'Iria pour 1979 et 1980*, 1980 (Inria Rocquencourt, Armoire 11).

⁸⁸⁷ BISSERET André, *Ergonomie du service Agora-Teletel. Rapport BUR 8009 R 04*, 1980 (Inria Rocquencourt, Armoire 21).

⁸⁸⁸ LIONS Jacques-Louis, *Lettre au Directeur des Affaires Industrielles et Internationales sur les spécifications de Kayak*, Sans mention de date (Inria Rocquencourt, Boite 83 04 001)

⁸⁸⁹ *Décision de clôture de la convention Kayak-Télé systèmes*, 27 octobre 1982 (Inria Rocquencourt, Boite 84 11 001)

⁸⁹⁰ *Demande de prolongation de la convention entre Kayak et la mairie d'Amiens*, 28 septembre 1983 (Inria Rocquencourt, Boite 84 11 001)

Le rôle joué par le projet-pilote de Najah Naffah est pourtant moins anecdotique que son échec peut le laisser penser dans un premier temps. À la charnière entre la période de mise en place des interfaces spécialisées menée par l'équipe d'André Bisseret et l'irruption du grand public à l'orée des années 1980, il fait émerger le souci d'une informatisation dont l'adoption repose sur l'utilisation de l'interface graphique importée des États-Unis qui annonce sa diffusion massive dans la seconde moitié des années 1980.

Il montre également que les rythmes adoptés par l'ergonomie de l'informatique dans le cadre de ses interventions « lourdes » auprès de projets d'informatisation d'envergure s'adaptent mal à l'informatisation du bureau qui s'annonce et qui commence à pénétrer les entreprises et les administrations. C'est dans le travail sur les interfaces, sur le modèle de ce que le Xerox Palo Alto Research Center réalise outre-Atlantique, que réside une solution envisageable pour l'équipement d'un public nombreux, peu formé et inaccessible aux ergonomes dans sa grande majorité.

CONCLUSION : LA NAISSANCE D'UN HUMANISME TECHNIQUE ?

L'inopinée rencontre entre l'ordinateur, le contrôle aérien et l'ergonomie de l'informatique naissante permet l'émergence d'une triple innovation de la fin des années 1950 à la fin des années 1970.

Cette rencontre permet d'abord la réalisation du Cautra, système informatique d'aide à la gestion de l'espace aérien qui connaît sa première grande période de développement entre 1961 et 1978 au travers de l'établissement progressif des différentes fonctions mises à disposition de l'aiguilleur du ciel. Initiée avec la numérisation des informations du plan de vol, puis avec l'extraction des données radar, l'informatisation du contrôle se poursuit avec l'établissement de la visualisation synthétique, du dialogue interactif autour de l'écran tactile et enfin, s'achève par la délégation d'une partie des

fonctions et des responsabilités de surveillance du contrôleur à la machine avec la mise au point du filet de sauvegarde dans la seconde moitié des années 1970.

Réalisation remarquable et remarquée, l'importance du système Cautra ne réside pourtant pas uniquement dans son haut degré d'achèvement technique. En effet, le projet est également un exemple à la fois précoce et abouti d'un développement entièrement centré sur l'utilisateur dont l'organisation tripartite autour des ingénieurs du Cena, des contrôleurs aériens et des psychologues-ergonomes est unique en son temps. En établissant le facteur humain comme norme d'appréciation de son fonctionnement, le Cautra inaugure les premières réflexions françaises sur la place de l'utilisateur individuel face à l'ordinateur et constitue le lieu de naissance de l'ergonomie de l'informatique.

C'est bien entendu le rôle fondamental de l'aiguilleur et de son savoir-faire dans l'activité de contrôle qui impose ce renversement de paradigme. À la fin des années 1950 et au début des années 1960, il s'agit pour la première fois de penser l'informatisation à l'échelle de sa composante primordiale, l'individu. Ce n'est pas le contrôle aérien qui utilise l'informatique, au sens où une banque, une assurance ou un département de recherche est utilisateur à cette date, c'est l'aiguilleur du ciel. Alors que l'on pense encore l'informatique à l'échelle de l'organisation, le contrôle aérien invente l'informatique personnelle en la ramenant à l'échelle de son utilisateur.

Ce virage vers un humanisme technique qui replace l'homme au centre de la réalisation technologique comme les hommes de la Renaissance ont remplacé l'homme au centre de la Création s'appuie également sur une somme de méthodes et de connaissances progressivement établies dont le but est de saisir la réalité du fonctionnement de l'opérateur pour indexer sur lui le fonctionnement de l'ordinateur. Ces méthodes sont progressivement regroupées et mises en cohérence au sein d'une discipline en gestation qui prend le nom de « psychologie ergonomique » ou « d'ergonomie de l'informatique ». Branche de la psychologie industrielle mûrie de cognitivisme, l'ergonomie de l'informatique se construit progressivement au fil des nécessités rencontrées dans le processus de cartographie des capacités, représentations et modes de fonctionnement des contrôleurs aériens. Suscitée par Jacques Leplat et développée par André Bisseret et son

équipe, l'ergonomie de l'informatique permet par ses procédures originales (verbalisations provoquées, étude diagnostique, analyse des représentations graphiques et des langages, déconstruction des théories de la mémoire au travail, etc.) de jeter un regard neuf sur une activité presque entièrement intellectuelle au sein de laquelle les comportements observables sont rares.

Au sein du Cautra, l'ergonomie permet aux concepteurs de sortir d'un bon sens à l'efficacité toute relative et des raisonnements auto-référentiels qui gouvernent traditionnellement l'élaboration technique :

« Après tout, se dit le concepteur : ne suis-je pas aussi un utilisateur⁸⁹¹ ? »

Si la participation de l'utilisateur permet effectivement de faire émerger une partie des attentes liées au fonctionnement de la machine, la participation de l'ergonome permet son approfondissement et sa traduction dans une forme compréhensible et utilisable par l'ingénieur.

Savoir neuf et original, l'ergonomie de l'informatique peine pourtant à sortir de l'étroit périmètre de la collaboration avec la Navigation Aérienne. Cette citation extraite de l'article de Georges Ribeill sur les débuts de l'ergonomie en France à la fin de l'entre-deux-guerres semble encore parfaitement convenir quarante ans plus tard en ce qui concerne l'ergonomie de l'informatique :

« Pour conclure provisoirement cette histoire de l'ergonomie naissante, essayons de dégager les facteurs intrinsèques à sa conception qui en expliquent sa place marginale. À l'inverse du taylorisme, fondé et promu par les ingénieurs, qui épousait d'emblée un point de vue patronal, dont la mise en application était au fond toute simple et peu

⁸⁹¹ Bulletin de liaison de la recherche en informatique et automatique n°85 spécial ergonomie, 1983 (Inria Rocquencourt, Armoire 9).

couteuse, les ergonomes, de formation scientifique, ont voulu traiter à fond l'économie du travail humain⁸⁹². »

En effet, en dehors des murs d'Orly, la méthode préconisée pour l'adaptation de la machine à l'homme reste encore significativement peu considérée. Bien entendu, durant les années 1970, la bureautique et ses ambitions d'informatisation tous azimuts ont donné lieu à leur content de vœux pieux et d'imprécations à l'encontre de l'informatique qui ne se soucie pas de ses utilisateurs et impose sa logique technicienne au mépris des travailleurs. Le Livre Blanc du CCRI en 1975 a marqué quant à lui une indiscutable prise en considération des nécessités d'un humanisme technologique naissant qui pourrait transformer l'informatique en outil d'amélioration des conditions de travail tout en augmentant la productivité, mais des paroles aux actes, il y a un gouffre.

L'ergonomie reste donc cantonnée à quelques grands projets innovants marqués par des contraintes spécifiques sur le modèle de celles rencontrées par la navigation aérienne à la fin des années 1950. L'ergonomie ne s'impose pas comme une alternative au développement centré sur la machine parce qu'elle est mal connue, couteuse et longue à mettre en place et qu'elle heurte les convictions d'un grand nombre d'informaticiens pour qui le seul salut se trouve dans l'amélioration technique et non pas dans le recours à une psychologie dont on doute du sérieux. Ne proclame-t-on pas encore à l'Iria en 1971 que l'Institut n'a pas besoin de psychologues⁸⁹³ ?

Au sein même de sa communauté disciplinaire, l'ergonomie de l'informatique peine à se faire entendre. La nouveauté des publics auxquels elle se consacre, les ordinateurs encore peu connus qu'elle étudie et la propension de la profession à donner une place prédominante au corps et aux activités physiques dans son action liée à l'amélioration des conditions de travail l'isolent dans les organisations professionnelles naissantes comme la Self. En 1969, l'équipe a quitté le Cerp parce qu'elle ne peut

⁸⁹² RIBEILL Georges, Les débuts de l'ergonomie à la veille de la Première Guerre Mondiale, in *Le mouvement social*, n°113, 1980, p. 3-36.

⁸⁹³ *Compte-rendu de la réunion du Directoire du 11 mai 1971*, 1971 (Archives personnelles d'André Bisseret, Correspondances).

continuer à défendre son projet d'étude des aiguilleurs du ciel au sein d'une organisation préoccupée avant tout de « maçons et de secrétaires⁸⁹⁴ ».

La seconde moitié des années 1970 est pourtant le moment d'un frémissement qui peut faire espérer aux ergonomes un retournement de l'opinion des décideurs, patrons, hauts fonctionnaires et chercheurs, au moment même où les attentes à propos de l'informatique apparaissent régénérées⁸⁹⁵ par l'apparition des nouveaux matériels de bureau et la multiplication des écrans qu'ils induisent. Le Livre Blanc du CCRI publié en 1975 ouvre cette période de questionnements autour du rapport homme-machine dans la communauté informaticienne, sans que cela ne se traduise par autre chose qu'une modeste augmentation des demandes d'interventions ponctuelles.

À la fin des années 1970, l'ergonomie de l'informatique peine à faire entendre sa voix dans le domaine de l'informatisation professionnelle. Son discours, teinté d'humanisme technique, est accepté, repris, mais sa réalisation toujours remise à plus tard.

C'est l'apparition du « grand public » comme nouvelle cible de l'informatisation qui émerge dans le giron de la puissante administration des télécommunications, qui s'apprête à changer la donne en matière d'adaptation de l'ordinateur à l'homme et à renouveler en profondeur les réflexions en matière d'interfaces et d'interactivité.

⁸⁹⁴ THIERRY Benjamin, *Entretien avec André Bisseret* (12 novembre 2001).

⁸⁹⁵ « La permanence des mêmes espoirs dans les bienfaits de la machine, qui libère l'homme, facilite son travail, le décharge des tâches fastidieuses... » (BERGER Pierre, *Rétrolecture : au fil des pages depuis 1947*, in *Informatique et Gestion*, n°100, octobre 1978, p. 33-44.)

Partie II. L'invention de l'interactivité grand public (1978-1984)

« *Télématique : ensemble des technologies inventées par les PTT pour doubler le montant des notes de téléphone*¹. »

Né du dépassement du régime d'interactivité vertical et fractionné lié à la grande informatique où l'individu n'a pas encore de rôle à jouer, le concept d'utilisateur apparaît précocement au sein du contrôle aérien français au début des années 1960. Les percées théoriques réalisées par André Bisseret et son équipe en matière d'adaptation de la machine à l'homme, la multiplication des projets plus ou moins réussis d'informatisation et de bureautique imposent peu à peu chez les responsables de projets, les chercheurs et les journalistes de la presse spécialisée, un *air du temps* où le vocabulaire forgé par l'ergonomie est repris, ses objectifs acceptés et ses méthodes inappliquées. L'étude du facteur humain est à la mode.

De leur côté, habitués aux interventions de longue haleine au sein de projets d'informatisation ambitieux où la gestion du risque joue souvent un rôle déterminant, les ergonomes de l'informatique restent alors prisonniers d'une conception spécifique de l'utilisateur en tant que professionnel de haut niveau auquel il s'agit d'adapter un système informatique complexe. Aussi ne se sentent-ils pas particulièrement concernés à la fin des années 1970 lorsque se multiplient les discours qui promeuvent l'informatisation de la société dont le rapport Nora-Minc est l'exemple le plus connu.

Du fait des spécificités du contexte français, marqué par la place de la puissante administration des télécommunications et de son monopole, c'est sur les épaules des télécommunicants que va reposer la responsabilité de l'équipement de l'homme de la rue en terminaux interactifs et communicants pour lui permettre d'accéder à de *nouveaux services* au début des années 1980 (Annuaire Electronique, messageries, services télématiques, etc...)

¹ *Science & Vie Micro n°10*, 1984 (Bibliothèque Nationale de France, 4-JO-43961).

Cette soudaine entrée en scène du grand public peut surprendre. Alors que la majorité des systèmes interactifs sont encore frustrés et réservés à quelques tâches particulières dans le domaine professionnel, que les interfaces graphiques sont encore en gestation de l'autre côté de l'Atlantique et connues que de quelques chercheurs comme Najah Naffah à l'Iria, la perspective de doter Monsieur Tout le Monde d'un terminal paraît parfaitement utopique en 1978. La conquête du grand public s'impose pourtant à la faveur d'une mise en cohérence d'un projet politique, administratif, scientifique et industriel.

LA TELEMATIQUE, LA RENCONTRE DE L'INFORMATIQUE ET DES TELECOMMUNICATIONS

Aux rêves d'une société « connectée », en phase avec les défis économiques et industriels de son temps, se conjugue à la fin des années 1970 la nécessité de rentabiliser l'effort d'équipement téléphonique mené depuis la période pompidolienne qui a permis de sortir la France de son état séculaire de sous-développement téléphonique². La puissante et monopolistique administration des télécommunications réfléchit alors à la création de *nouveaux services* à forte valeur ajoutée qui utiliseraient le réseau téléphonique pour développer un marché neuf et lucratif.

S'appuyant sur une recherche de pointe qui explore la téléinformatique depuis le début des années 1960 et de nouvelles normes pour la transmission et la visualisation de données, la Direction Générale des Télécommunications (DGT) élabore un projet de grande envergure au sein duquel le grand public joue le rôle de marché cible et de prétexte en écho au modernisme du temps. En 1978, le projet est avalisé par le Conseil des ministres et la conception commence.

² GRISET Pascal, Equipement du réseau téléphonique et politique industrielle : les contradictions d'une double ambition (1960-1986), in *Communication au colloque du bicentenaire de l'Ecole des Mines (Paris 21-22 octobre 2010)*, 22 octobre 2010,

UNE HISTOIRE NATIONALE DES PREMICES

L'historiographie et les promoteurs de la mémoire des télécommunications³ ont commencé ces dernières années à explorer les dimensions scientifiques, économiques et industrielles⁴ du succès du Minitel⁵ lancé en 1982. La maîtrise des technologies de réseau et notamment Transpac⁶, le réseau qui supporte l'essentiel du trafic généré par les services et l'Annuaire Electronique, l'organisation de la DGT ou le modèle tarifaire Kiosque ont donné lieu à une production importante et toujours active⁷.

Mais, à l'image des travaux sur l'informatique et en particulier sur le contrôle aérien, la question des interfaces et de l'adaptation au facteur humain est restée largement inexplorée. En la matière, l'hégémonie de la recherche américaine qui a triomphé au travers des interfaces Wimp⁸, popularisées par les micro-ordinateurs, conduit à passer sous silence la place et le rôle des régimes d'interaction antérieurs nés hors de l'Amérique du Nord⁹. La télématique a particulièrement été ignorée. Sa naissance dans le giron des télécommunications en dehors du milieu de l'informatique, la spécificité de son régime d'interaction et la disgrâce dans laquelle elle est tombée ces dernières années en font un objet historique non identifié.

³ En particulier les associations d'anciens personnels comme l'AHTI ou l'Armhoristel.

⁴ Citons sans volonté d'exhaustivité : Ibid., GRISET Pascal, Le développement du téléphone en France depuis les années 1950. Politique de recherche et recherche d'une politique, in *Vingtième Siècle. Revue d'histoire*, vol. 24, n°1, 1989, p. 41-54., GRISET Pascal (sd.), *Georges Pompidou et la modernité. Les tensions de l'innovation 1962-1974*, Peter Lang, Bruxelles, 2006, 315 p., GRISET Pascal, Entre logique d'opérateur et système national d'innovation : les programmes de recherche du Centre National d'Étude des Télécommunications de 1974 à la fin des années 1980, in *Entreprises et Histoire*, vol. 4, n°61, 2010, p. 9-31., ATTEEN Michel, Informatique et télécommunications, une première confrontation, in *Entreprises et Histoire*, vol. 29, n°1, 2002, p. 21-32., CARPENTER Marie, *La bataille des télécoms. Vers une France numérique*, Economica, Paris, 2011, 600 p..

⁵ Médium Interactif par Numérotation d'Informations TELéphoniques. Nom donné par Roger Tallon, le designer principal du premier modèle de Minitel.

⁶ SCHAFER Valérie, Evolution du nombre d'accès directs commerciaux à Transpac (1979-1985), in *Flux*, n°62, 2005, p. 75-80.

⁷ VALÉRIE SCHAFER & Benjamin G. Thierry, *Le minitel l'enfance numérique de la France*, Nuvis, Paris, 2012, 230 p.

⁸ Windows, Icons, Menus, Pointing Devices

⁹ MYERS Brad A., A brief history of human computer interaction technology, in *ACM Interactions*, vol. 5, n°2, 1998, p. 44-54.; BOOTH C., *Alan Kay and the graphical user interface* (consulté le 2009, www.kay_fanatics.com); JØRGENSEN Anker Helms, Taking Stock of User Interface History, in *Proceedings of the 5th Nordic conference on Human-computer interaction: building bridges*, vol. 358, 2008, p. 479-482..

Les barrières disciplinaires entre informatique et télécommunications¹⁰ ont comme effet principal de créer des séparations arbitraires dans l'esprit des chercheurs qui isolent ces deux champs l'un de l'autre. Séparation qui n'a pas lieu d'être en matière de recherche sur le facteur humain et l'interactivité, normes d'affichage et usages, objets largement transversaux. La télématique s'inscrit donc pleinement dans le mouvement historique français qui conduit à la civilisation des écrans que nous connaissons aujourd'hui et qui convoque informatique et télécommunications.

Plus encore, la télématique représente une spécificité nationale forte. Non seulement en matière industrielle, du point de vue de sa tarification ou de sa place dans la société des années 1980 avec ses célèbres messageries, mais également en matière d'interactivité par l'originalité de son projet précoce d'adaptation au grand public et les solutions mises en place pour s'y adapter au travers d'un régime d'interactivité essentiellement textuel, c'est-à-dire fondé sur la complémentarité de l'écran et du clavier sans dispositif de pointage.

Cette spécificité nationale conduit à fournir aux Français durant les années 1980 la première base de données accessible et largement utilisée par le grand public. Avec la télématique s'inventent des discours et des usages qu'il n'est pas possible d'ignorer pour comprendre le contexte dans lequel apparaissent les outils interactifs suivants (micro-informatique, téléphonie mobile, etc.), faisant du Minitel une référence incontournable dans les processus d'adoption et d'apprentissage du grand public.

La télématique représente donc l'occasion d'une histoire nationale des prémices. Nationale, car il est nécessaire de redonner sa place à la recherche française dans une histoire des interfaces dominée par une vision centrée sur les Etats-Unis ; des prémices, car c'est par la télématique et non par la micro-informatique, que la France fait son apprentissage de l'écran interactif.

¹⁰ SCHAFER Valérie, *La France en réseaux (tome 1) La rencontre des télécommunications et de l'informatique (1960-1980)*, Nuvis, Paris, 2012, 384 p.

LE FACTEUR HUMAIN AU CŒUR DU PROCESSUS D'INNOVATION

La mise en place de la télématique grand public est également l'occasion, dans le sillage de l'étude des travaux pionniers de l'ergonomie de l'informatique qui ne participe que de manière périphérique au grand projet de la DGT, d'analyser la place donnée au facteur humain dans l'innovation technique. En effet, l'objectif même de fournir un système d'information au grand public engendre l'élaboration de nouveaux objets et de nouvelles méthodes de recherche en interne ou au sein d'une nébuleuse de partenaires associés.

De nouveaux objets avec le développement des études de sciences humaines au sein du Cnet et du CCETT qui abordent les questions de lisibilité des écrans, de compréhension des consignes écrites ou d'acceptabilité. Avec la télématique, la DGT opère son virage vers l'utilisateur après avoir réalisé son virage vers le client au début des années 1970.

Pour répondre à ces besoins d'études du facteur humain, les télécommunications font appel à un nombre important d'agences de communication ou de sondages qui participent en particulier à l'encadrement des expérimentations en vraie grandeur lancées à l'été 1980 et apportent à la fois les personnels d'encadrement et des savoir-faire spécifiques (sociologie, marketing, composition et animation des panels, etc.)

C'est la période des expérimentations qui illustrent particulièrement ce souci de l'adaptation à un grand public encore très abstrait dans l'esprit des chercheurs du Cnet et du CCETT. Décidées dès 1978, ces expérimentations, menées conjointement en Bretagne et en région parisienne, sont conçues comme un banc d'essai global pour une innovation dont l'adoption est encore incertaine:

« Les expérimentations vont constituer dans chacun des pays un moment critique de la confrontation de la conception a priori des utilisations du nouveau média par les utilisateurs présumés (préconstruits) avec la réalité des comportements d'une fraction du grand public, sous la forme d'échantillons plus ou moins maîtrisables par les

promoteurs du vidéotex. D'une manière générale, les résultats apparaissent déconcertants, voire décevants, même si l'absence de toute référence permet également de rationaliser rapidement le décalage entre usages projetés et constat des comportements réels¹¹. »

Presque 5000 Français seront transformés à la fois en testeurs de l'annuaire électronique et des nouveaux services télématiques et en cobayes destinés à préfigurer la réaction du reste de la population.

Initiative sans équivalent ailleurs, « l'expérimentation sociale » vise à la compréhension des rapports de l'utilisateur avec l'interactivité proposée par la télématique : compréhension des écrans, des différentes touches du clavier, etc. Elle consiste également en l'exploration des rapports de l'usager avec les services : acceptation de la tarification, pratique de l'offre d'information, participation active au service de messagerie, etc.

Cette double dimension d'utilisation et d'usage¹² illustre l'importance première de l'interface dans la consommation d'une offre d'information et de communication et la nature particulière de l'utilisateur grand public qui est également un client qu'il faut savoir attirer et conserver¹³.

Enfin, du point de vue de l'historien, il est frappant de constater à quel point les discours et les moyens produits par les concepteurs pour anticiper l'utilisation des différents dispositifs permettent la mise en chronologie d'une histoire de l'informatisation et de la mise en réseau de la société. A l'image des grands systèmes techniques des années

¹¹ Il manque la référence !!!!!

¹² Nous concevons l'utilisation comme étroitement liée à la compréhension et à la manipulation du dispositif sans que l'intérêt pour un quelconque service ou contenu entre en ligne de compte. L'usage est quant à lui plus globalisant puisqu'il introduit la notion « d'acceptabilité » du service et d'intérêt que peut ressentir l'acteur dans l'usage dudit service.

¹³ Les usages et leurs définitions ont donné lieu à une importante littérature en sociologie dont on trouvera une synthèse utile dans ANDONOVA Yanita, *Parcours réflexif de la problématique des usages : une tentative de synthèse*, in *Communication & Organisation*, n°25, 2004, p. 158-179., VIDAL Geneviève, *Sociologie des usages. Continuités et transformations*, Lavoisier, Paris, 2012, 251 p. et JOUËT Josiane, *Des usages de la télématique aux Internet Studies*, in Denouël Julie & Grandjon Fabien, *Communiquer à l'ère numérique. Regards croisés sur la sociologie des usages*, Presses des Mines, Paris, 2011, pages 45-90.

1960 qui voient émerger les figures opposées de l'utilisateur et de l'utilisateur-serviteur, la télématique est le moment de naissance de l'idée « d'utilisateur grand public » qui gouverne un développement spécifique, au moins en ce qui concerne les interfaces.

Ce n'est donc pas dans une introuvable rationalité ou une recherche d'efficacité toujours relative qu'il faut chercher les raisons qui président à la mise en place d'une interface ou d'une famille d'interfaces, mais dans l'idée que le concepteur a progressivement construit de l'utilisation de sa réalisation. En retour, c'est aux résidus de cette anticipation, présents dans le fonctionnement et la matérialité même de la machine, que l'utilisateur réel aura à s'affronter au moment d'user du dispositif.

CONCEPTEURS, UTILISATEURS ET AFFORDANCES DES DISPOSITIFS

C'est pour conjurer l'incertitude constitutive de l'activité d'anticipation menée au stade de la conception que l'ergonomie de l'informatique a proposée d'accompagner l'utilisateur dans sa découverte des dispositifs interactifs, mais également de livrer les clefs du fonctionnement de l'utilisateur à l'utilisateur. En matière de télématique, le contexte particulier créé par le public-cible étendu à tous les français ne permet plus cet accompagnement qui est remplacé par l'expérimentation, stade intermédiaire entre la conception et l'usage.

Cette rencontre durant l'expérimentation entre le dispositif, conçu comme la matérialisation de l'anticipation de l'utilisateur par le concepteur, et l'utilisateur réel est l'occasion de tester les *affordances* de l'interface, c'est-à-dire la pertinence des indications explicites et implicites élaborées à destination des utilisateurs sur la manière de se servir du système (consignes, disposition des informations à l'écran, aides diverses, etc.).

Le concept d'affordance a été popularisé par Thierry Bardini¹⁴, qui l'a abondamment utilisé dans le cadre de ses travaux sur la micro-informatique¹⁵ et par

¹⁴ A la différence des travaux de l'Ecole de la traduction, pour Thierry Bardini, l'utilisateur est présent virtuellement dans les représentations que le concepteur a de lui et qu'il traduit en « affordances » dans le dispositif conçu.

¹⁵ BARDINI Thierry, Le clavier avec ou sans accord. Retour sur une controverse oubliée, in *Réseaux. Communication - Technologie - Société*, vol. 16, n°87, 1998, p. 45-74., mais également BARDINI Thierry,

Danielle Chabaud-Rychter dans son article original sur les appareils ménagers¹⁶, où elle montre comment les concepteurs de tels dispositifs prennent connaissance et mettent en forme les pratiques domestiques pour les rendre compatibles avec les processus de production industrielle. En retour, l'utilisateur peut espérer obtenir un appareil qui non seulement comble ses exigences mais par la grâce d'un concepteur sensible à ses besoins et à sa manière de fonctionner obtenir un appareil facile à manipuler, dont l'usage « tombe sous le sens ». Cette capacité d'un objet à suggérer les manipulations dont il peut être l'objet est désignée depuis les travaux du psychologue américain James Gibson¹⁷ sous le terme « d'affordance¹⁸ ». À l'origine, le terme désigne toutes les possibilités d'actions sur un objet avant d'être restreinte aux seules possibilités d'action envisageables par l'utilisateur¹⁹. Dans la littérature ergonomique²⁰, le sens a encore été précisé, avant que le terme ne soit repris en sciences sociales²¹, pour désigner la capacité d'un objet à suggérer sa propre utilisation, dans le cadre d'un usage que l'on peut qualifier d'intuitif.

Même si la complexité de l'Annuaire Electronique ou des services de réservation de billets de la SNCF n'ont rien de commun avec la manipulation d'un mixeur ou d'un four, cette relation entre le concepteur et l'utilisateur par le truchement du dispositif fonctionne sur le même schéma et éclaire les difficultés d'adoption qui ne relèvent pas de défauts techniques, mais d'un hiatus entre deux logiques différentes.

The social construction of the personal computer user, in *Journal of Communication*, vol. 45, n°3, 2008, p. 40-66. et BARDINI Thierry, *Bootstrapping : Douglas Engelbart, coevolution, and the origins of personal computing*, Stanford University Press, Stanford, 2000, 284 p..

¹⁶ CHABAUD-RYCHTER Danielle, La mise en forme des pratiques domestiques dans le travail de conception d'appareils électroménagers, in *Sociétés contemporaines*, n°17, 1994, p. 103-114.

¹⁷ GIBSON James J., *The ecological approach to visual perception*, Houghton Mifflin, Boston, 1979, 332 p.

¹⁸ Pour Gibson, l'affordance est l'ensemble de toutes les possibilités d'action d'un environnement donné à un instant donné. Celles-ci sont objectives, mais doivent toujours être comprises en lien avec l'acteur qui peut les exploiter. Gibson ne décrit pas des propriétés objectives, mais perçues (GIBSON James J., *The theory of affordances*, in *Perceiving, acting, and knowing*, 1977, p. 67-82.).

¹⁹ En anglais « to afford » a d'ailleurs un double sens. Le verbe peut désigner le fait d'être en mesure de faire quelque chose ou offrir.

²⁰ NORMAN Donald A., *The design of everyday things*, Doubleday, New York, 1990, 257 p.

²¹ BARDINI Thierry, *Bootstrapping : Douglas Engelbart, coevolution, and the origins of personal computing*, Stanford University Press, Stanford, 2000, 284 p..

Dans le cadre de la télématique, c'est étonnamment autour du clavier, élément d'interactivité pourtant jugé plus élémentaire que l'écran, que les échecs d'anticipation de l'utilisation seront les plus cuisants et donc les plus visible à l'historien des interfaces.

UNE CHRONOLOGIE DES INTERFACES

Dans un article récent, Simone Morgagni regrette l'absence de prise en compte dans la longue durée de la construction historique et culturelle des affordances et plus globalement de la manière dont les utilisateurs se saisissent d'une interface par référence à un dispositif similaire antérieur :

« les affordances relèvent d'un domaine communicationnel et que leur perception est dépendante d'un processus historique et culturel (donc collectif et développé dans le temps). Les affordances des objets numériques par exemple, celles prises particulièrement en compte lors de l'analyse en question, devraient alors être considérées comme des propriétés conçues lors d'une activité de design spécifique²². »

En introduisant la télématique dans la chronologie de la mise en place des interfaces homme-machine qui fonctionnent par le truchement d'un écran interactif, nous tentons de répondre à cette nécessité de prise en compte processuelle de l'interactivité comme phénomène collectif et historique. Pénétrée des principes nés dans le premier âge de l'ergonomie de l'informatique, des controverses autour de la place de l'utilisateur qui émerge dans la deuxième moitié des années 1970, la réflexion sur le facteur humain en télématique et les solutions adoptées pour élaborer son régime d'interactivité spécifique s'inscrivent dans cette généalogie. À son tour, le régime d'interactivité popularisé par le Minitel constitue durant les années 1980, en France, une référence à la fois pour les concepteurs et pour les utilisateurs en matière d'interaction homme-ordinateur. Ce processus souligne des rapports et des influences que la succession des dispositifs

²² MORGAGNI Simone, Repenser la notion d'affordance dans ses dynamiques sémiotiques, in *Intellectica*, n°55, 2011, p. 241-257.

techniques, traditionnellement étudiés séparément les uns des autres, dissimulent sous leur apparente diversité.

CHAPITRE 4. L'ENTREE EN SCENE DU « GRAND PUBLIC »

« Convaincre alors les industriels, les ingénieurs français de la nécessité de penser et de fabriquer grand public n'était pas une mince affaire. [...] Une telle approche allait à contre-courant de la culture industrielle dominante nourrie par les projets techniques hautement sophistiqués²³. »

L'émergence à la fin des années 1970 du grand public comme horizon de l'informatisation du pays émerge en France à la croisée des chemins suivis par les techniques de visualisation et de transmission de données, les conditions particulières dans lesquelles se déroule le rattrapage téléphonique et les attentes politiques en matière de modernisation du pays.

Du point de vue technique, la France poursuit comme la quasi-totalité des nations développées au même moment des recherches en matière de visualisation et de transmission de données dont le téléviseur doit constituer l'organe principal de visualisation. Au sein du Cnet²⁴ et du CCETT²⁵, structure originale née en 1972 du rapprochement des moyens de recherche de TDF et d'une partie des équipes du Cnet, les possibilités d'utilisation du poste et des lignes téléphoniques pour l'interrogation de bases

²³ CHARBONNEL Gilles, A la recherche d'une nouvelle méthode expérimentale. L'expérimentation sur le terrain des innovations en télécommunication et télématique, in *Bulletin de l'Idate*, n°7, 1982, p. 53-74.

²⁴ Centre national d'études des télécommunications.

²⁵ Centre commun d'études de télévision et télécommunications.

de données à distance sont explorées depuis 1970. En matière de visualisation, c'est l'utilisation de l'intervalle de trame de la télévision qui concentre toutes les attentions en faisant espérer la mise au point de services d'information diffusés et donne naissance à la norme Antiope à partir de 1974. Ces avancées permettent à la DGT, encore impliquée dans le rattrapage téléphonique, de nourrir des espoirs concrets quant à la mise en place de services nouveaux, à forte valeur ajoutée, qu'il serait possible de faire consulter à tout un chacun.

Dans le même temps, les réflexions du rapport Nora-Minc, commandé par le Président de la République en 1975 et publié accompagné des honneurs de la presse en 1978, popularise l'informatisation de la société, clef de la réforme de l'Etat, de la compétitivité économique et de l'entrée de toute la nation dans la modernité qui lui fait défaut. Du fait de sa réussite dans le processus de rattrapage, de son monopole et de sa puissance, la DGT est désignée comme l'acteur principal de l'informatisation par la promotion de la télématique, rencontre de l'informatique et des télécommunications.

Aussi le contexte est-il favorable lorsque la DGT propose un projet d'envergure consistant en la réalisation, l'expérimentation et l'industrialisation d'un ensemble de terminaux interactifs destinés à permettre à chaque Français de consulter un annuaire électronique conçu en remplacement de son homologue imprimé et des services d'information et de communication qui restent à définir. Le Conseil des ministres donne son aval à la fin 1978, année charnière pour la télématique, lançant les télécommunicants sur la voie de l'informatisation du grand public.

Tout à la fois public cible et périmètre de cette informatisation des foyers, le grand public joue donc un rôle déterminant dans la définition du projet même de télématique française. Il impose une redéfinition des objectifs de la recherche, une adaptation des discours de promotion d'une innovation que les Français ont du mal à imaginer et s'incarne dans le remplacement de l'annuaire papier par l'Annuaire Electronique, *alma mater* des services distants que s'appêtent à offrir les télécommunications.

En matière d'interface, le « positionnement grand public » entraîne une méthodologie de travail originale au sein de l'équipe-projet responsable de la conception

de l'annuaire, mais également des chercheurs du Cnet et du CCETT qui y collaborent. Premier dispositif écran-clavier permettant l'accès à une base de données devant être compréhensible et manipulée par un utilisateur sans formation, ni prédisposition particulière, la prise en compte des contraintes créées par le facteur humain pèse aussi lourdement sur les décisions et les arbitrages que les contraintes d'ordre technique et économique.

De la fin 1978 à l'été 1980, les télécommunications élaborent un régime d'interaction complet constitué autour du couple écran-clavier qui joue le rôle de support d'une transposition des fonctions de l'annuaire papier.

Période de conception auto-référentielle, la mise en place des premières pages-écrans, des premiers éléments de dialogue homme-annuaire et des touches de fonction du clavier permettent d'entrer précisément dans le processus d'anticipation-adaptation aux attentes et limitations supposées d'un grand public dont les contours restent encore bien flous.

I. 1978, ANNUS MIRABILIS

L'année 1978 est une étape commode pour dater les débuts de la télématique grand public et l'entrée de l'écran interactif dans la sphère du grand public. En effet, de la publication du rapport Nora-Minc à la décision de lancer les expérimentations bretonnes et versaillaises, l'année 1978 concentre les décisions essentielles et les événements les plus saillants qui permettent le démarrage du futur Minitel.

Bien entendu, sous l'écume des événements, des logiques de plus longue durée sont à l'œuvre et 1978 n'est que le moment de leur rencontre, de leur cristallisation. Le rattrapage téléphonique qui provoque les premières réflexions sur les nouveaux services à fournir aux usagers pour rentabiliser les efforts financiers consentis dans la multiplication des lignes, ainsi que la convergence entre informatique et télécommunications engagée depuis le début des années 1960, débordent de beaucoup les limites de la seule année

1978. De même, les recherches autour de la vidéographie et des protocoles de diffusion des données remontent au début de la décennie.

A. L'informatisation et les télécommunications : un mariage de raison

1. Le rapport Nora-Minc et « l'informatisation de la société »

Remis le 21 février 1978 au Président de la République Valéry Giscard d'Estaing²⁶, le célèbre rapport Nora-Minc est un point de départ commode et souvent repris pour dater le début de la « télématisation » de la société²⁷, processus qui marque également le début du souci de la diffusion de l'écran interactif au sein du grand public.

Commandé officiellement le 22 avril 1975, il s'agit alors de confier une réflexion générale sur les moyens de conduire « l'informatisation de la société » à Simon Nora, Inspecteur Général des finances et déjà auteur de plusieurs rapports remarquables, qui décide de s'adjoindre les services du jeune Alain Minc, tout juste sorti de l'Ena²⁸. Si le contexte difficile de lancement du troisième Plan Calcul et l'annonce contestée de la fusion de la CII avec Honeywell-Bull jouent incontestablement un rôle dans la nécessité ressentie au plus niveau de l'Etat de justifier d'un cap industriel, c'est plus globalement les évolutions de l'informatique qui poussent à cette floraison de réflexions socio-politiques dont le rapport Nora-Minc sera l'expression la plus médiatisée aux côtés de contributions plus discrètes comme le Livre Blanc du CCRI²⁹ qui en annonce les principales thématiques, télécommunications mises à part. Comme nous l'avons montré, l'entrée rapide de

²⁶ WALLISER Andrée, Le rapport « Nora-Minc ». Histoire d'un best-seller, in *Vingtième Siècle. Revue d'histoire*, vol. 23, n°1, 1989, p. 35-48.

²⁷ MARCHAND Marie, *The Minitel saga*, Larousse, Paris, 1988, 198 p., ABADIE Michel, *Minitel story. Les dessous d'un succès*, Favre, Paris, 1988, 176 p., CARPENTER Marie, *La bataille des télécoms. Vers une France numérique*, Economica, Paris, 2011, 600 p.

²⁸ NORA Simon & MINC Alain, *L'informatisation de la société : rapport à M. le président de la République*, La Documentation Française, Paris, 1978, 163 p.

²⁹ Cf. infra.

l'informatique dans les bureaux, les changements, les attentes, mais également les blocages qu'elle fait naître poussent à l'examen des implications de cette technologie qui ne semble pas connaître de limites à sa diffusion.

Aussi, à la fin des années 1970, dans la société et dans les médias, l'informatique et les télécommunications s'imposent comme un sujet de société³⁰ et le rapport Nora-Minc en fixe le vocabulaire et les principaux enjeux :

« Le rapport Nora-Minc, comme on l'appelle encore, n'hésitait pas à faire des prédictions affirmées : « Une informatisation massive de la société est à prévoir, qui la traversera comme un courant électrique. [...] Le débat s'articulera autour des interconnexions. [...] La répartition du pouvoir se fera au profit des opérateurs de réseaux et de ceux qui contrôleront les satellites. » Le rapport concluait que l'arrivée d'ordinateurs bon marché et de puissants réseaux de communication planétaires correspondrait à l'avènement « d'une société incertaine, champ de conflits innombrables et décentralisés, d'une société informatisée dans laquelle les valeurs seront l'objet de rivalités nombreuses, ce qui stimulera les communications transversales. » Pour conserver sa place au sein des nations de premier plan, exhortaient Nora et Minc, la France devait consentir un effort d'envergure nationale dans le nouveau secteur qu'ils décidèrent d'appeler télématique (contraction des termes français télécommunications et informatique). Ils ne manquèrent pas de noter que « la télématique, à la différence de l'électricité, ne véhicule pas un courant inerte, mais de l'information, c'est-à-dire du pouvoir » et que « la maîtrise du réseau est donc un objectif essentiel. Ce qui veut dire qu'il doit être conçu dans un esprit de service public³¹. »

³⁰ Le projet Safari à propos duquel *Le Monde* titrait le 21 mars 1974 : « La chasse aux Français est ouverte » est probablement la première grande controverse autour du rôle de l'informatique dans les médias français. Le fichier devait constituer un répertoire national et doter les citoyens français d'un numéro d'identification unique. Le scandale est à l'origine de la création de la Commission Informatique et Libertés la même année.

³¹ RHEINGOLD Howard, *Les communautés virtuelles*, Addison-Wesley, Paris, 1996, 255 p.

2. La télématique, fille du rattrapage téléphonique et de la téléinformatique

Du rapport remarqué signé par Nora et Minc nait le terme « Télématique », contraction de télécommunication et d'informatique. L'acteur principal de la promotion et de la diffusion de ce nouveau synonyme de « modernisation » est l'Etat et à travers lui, la puissante DGT³².

« Le rapport concluait que l'arrivée d'ordinateurs bon marché et de puissants réseaux de communication planétaires correspondrait à l'avènement « d'une société incertaine, champ de conflits innombrables et décentralisés, d'une société informatisée dans laquelle les valeurs seront l'objet de rivalités nombreuses, ce qui stimulera les communications transversales. » Pour conserver sa place au sein des nations de premier plan, exhortaient Nora et Minc, la France devait consentir un effort d'envergure nationale dans le nouveau secteur qu'ils décidèrent d'appeler télématique (contraction des termes français télécommunications et informatique). Ils ne manquèrent pas de noter que « la télématique, à la différence de l'électricité, ne véhicule pas un courant inerte, mais de l'information, c'est-à-dire du pouvoir » et que « la maîtrise du réseau est donc un objectif essentiel. Ce qui veut dire qu'il doit être conçu dans un esprit de service public³³. »

Ce rôle conféré à l'administration des télécommunications n'est pas un hasard. En 1978, elle réussit spectaculairement le rattrapage téléphonique : le nombre de lignes installées avoisine les deux millions alors que le pays n'en comptait pas 900 000 en 1975. De 1974 à 1978, la DGT³⁴ a réussi à raccorder autant de nouveaux abonnés qu'il n'en est

³² BERGERON Johanne, L'informatisation de la société : une réflexion critique autour de quelques ouvrages récents, in *Politique*, vol. 1, n°2, 1982, p. 153-165.

³³ RHEINGOLD Howard, *Les communautés virtuelles*, Addison-Wesley, Paris, 1996, 255 p.

³⁴ Direction Générale des Télécommunications. En 1975, la DGT emploie 125 000 personnes, soit, selon l'auteur, 0,55% de la population active du pays pour une valeur ajoutée représentant 0,98% du PIB. La DGT est également le premier investisseur de France (COURSON Jean-Luc, *Fonctionnement et mutations des*

apparu du début du XIX^e siècle aux années 1970³⁵ ! Grâce à elle, Valéry Giscard d'Estaing peut célébrer le 19 janvier 1978 au Palais des Congrès le dix millionième abonnement au téléphone et la fin de la situation de pénurie séculaire du pays.

Cette sortie de crise s'appuie sur des efforts financiers conséquents qui illustrent le volontarisme politique à l'œuvre :

« Les PAP (programmes d'action prioritaires) constituent le noyau dur du 7^e Plan : chaque année des crédits leur sont affectés en priorité dans la loi de finances, avant même l'examen des budgets des différents ministères. Le PAP télécoms est la priorité majeure du VII^e Plan puisqu'il absorbe à lui seul la moitié des crédits de paiement prévus pour l'ensemble des PAP de 76 à 80 : 93,7 milliards de francs [...] contre 90 milliards de francs 1975 au total pour tous les autres PAP, soit 104,4 milliards de francs 1975 en autorisations de programme³⁶. »

Le règlement de cette dette du passé s'accompagne également depuis le début de la décennie d'un effort de recherche sur les réseaux de données au sein des Télécommunications. Ce pari sur l'avenir donne lieu à la fin de l'année 1978 à l'ouverture du réseau de données Transpac³⁷ qui propose une desserte nationale, une tarification

appareils d'information et de communication. Contribution à l'étude des industries de la pensée, Université Paris Diderot Paris VII, Thèse de doctorat sous la direction de Pierre Fougeyrollas, 1978, 259 pages.)

³⁵ GRISET Pascal, Equipement du réseau téléphonique et politique industrielle : les contradictions d'une double ambition (1960-1986), in *Communication au colloque du bicentenaire de l'Ecole des Mines (Paris 21-22 octobre 2010)*, 22 octobre 2010. . En 1971, en ce qui concerne la densité des abonnements principaux, la France est dans la situation du Danemark en 1930, de la Suède en 1935, de la Grande-Bretagne en 1956, de l'Italie en 1964 et son taux d'automatisation est atteint dès 1947 par la RFA, en 1959 par la Grande-Bretagne, ou en 1962 par le Japon.

³⁶ COURSON Jean-Luc, *Fonctionnement et mutations des appareils d'information et de communication. Contribution à l'étude des industries de la pensée, Université Paris Diderot Paris VII, Thèse de doctorat sous la direction de Pierre Fougeyrollas, 1978, 259 pages.* Les efforts consentis ne datent pas, comme on a pu le lire ici et là, du septennat giscardien, mais remontent à la période pompidolienne notamment grâce à l'influence du conseiller pour les affaires industrielles du président, Bernard Esambert. Les crédits alloués augmentent dès 1967 (GRISET Pascal, Le développement du téléphone en France depuis les années 1950. Politique de recherche et recherche d'une politique, in *Vingtième Siècle. Revue d'histoire*, vol. 24, n°1, 1989, p. 41-54. et GRISET Pascal (sd.), *Georges Pompidou et la modernité. Les tensions de l'innovation 1962-1974*, Peter Lang, Bruxelles, 2006, 315 p.).

³⁷ Ouvert le 21 décembre 1978, Transpac est un réseau public spécialisé de transmission de données par paquets desservant l'ensemble du territoire et visant à mettre la télé-informatique à la portée des entreprises (MARTINEAU Jean, Le 30^e Sicob, in *Revue Administrative*, n°191, 1979, p. 563-568.).

indépendante de la distance et permet à l'administration de sortir de « l'infrastructure de pénurie » dans laquelle elle se trouvait face aux demandes de plus en plus nombreuses en provenance des grands comptes en matière de téléinformatique³⁸. La convergence entre informatique et télécommunications, élaborée depuis les années 1960, devient réalité.

Dans ce contexte, le rapport Nora-Minc qui confie aux Télécommunications le rôle d'informatiser la société inscrit cette action dans la continuité de l'effort de rattrapage : les nouveaux services télématiques sont à la fois permis par la multiplication des lignes et prévus pour rentabiliser les dépenses consenties. La DGT a tiré les lignes, Transpac supportera le trafic des données et les nouveaux services contribueront à la rentabilité de l'ensemble.

3. Antiope et le vidéotex

« Antiope a dès le départ été conçu conjointement par les ingénieurs du CNET et de TDF dans le cadre du CCETT, assurant ainsi une compatibilité totale du diffusé et de l'interactif, et même une indépendance du service par rapport au type de réseau. De plus, les terminaux Antiope/Téléétel pouvaient recevoir Prestel, alors que les terminaux Prestel ne peuvent interpréter les caractères et attributs d'Antiope. En d'autres termes, les terminaux français étaient (avec un peu de logiciels supplémentaires) bi-standard. Enfin, la représentation française au CCITT et CCIR était coordonnée. Cela conférait une position de force pour demander l'adoption d'une norme internationale la plus proche possible d'Antiope³⁹. »

En matière de technologies de visualisation et de « nouveaux services », le Cnet et le CCETT⁴⁰, les deux bras armés de la recherche en télécommunications, voient également

³⁸ SCHAFER Valérie, *La France en réseaux (tome 1) La rencontre des télécommunications et de l'informatique (1960-1980)*, Nuvis, Paris, 2012, 384 p.

³⁹ *Videotex. Bimensuel d'actualité des systèmes vidéographiques n°8 (2 avril 1981)*, 1981 (Archives Nationales, 1984 0665 04).

⁴⁰ Créé en 1972 par le rapprochement des équipes de recherche de TDF (Télé-diffusion de France) et du Cnet, le CCETT est conçu pour être le centre de recherche public dédié aux nouvelles technologies

en 1978 leurs recherches arriver à maturité⁴¹ ce qui permet d'envisager la mise sur le marché de nouveaux produits à court terme.

Il faut néanmoins remonter aux années 1960 pour en trouver l'origine. Ainsi, l'idée d'utiliser l'intervalle de trame⁴² pour faire transiter des informations est ancienne. Dès 1962, le Services des Etudes de l'ORTF étudie cette possibilité. Quatre ans plus tard, la BBC normalise son système propre qui repose sur le même principe et l'année suivante, outre-Atlantique, la RCA brevete le *Homefax* qui se révèle être un système de télétexte simple permettant la réception et l'affichage sur l'écran du téléviseur d'informations concernant le programme en cours⁴³.

En France, les recherches initiées par l'ORTF et Yves Guinet au CCETT donnent naissance en 1974 à Antiope, Acquisition Numérique et de Télévisualisation d'Images Organisées par Pages d'Écritures. Elles sont reprises et développées par l'équipe de Bernard Marti ce qui permet ainsi d'afficher sur l'écran d'un récepteur de télévision ordinaire, auquel on a ajouté un décodeur, des pages de texte de 24 lignes de 40 caractères (de 8 tailles différentes et en 7 couleurs) ou des graphiques rudimentaires⁴⁴ :

« Les objectifs du projet consistent à réaliser un système de première génération permettant une expérimentation du Service Antiope. »

télévisuelles et de télédiffusion (*Textes relatifs à la création du Centre Commun d'Etudes de Télévision et de Télécommunications*, 1972 (Archives CCETT Rennes, Boîte n° 4-3 Dossier Presse)).

Son rôle est déterminant dans l'établissement des normes télématiques et ensuite dans la mise au point de l'Annuaire Electronique : « Le CCETT est taxé de « pièce maîtresse » dans le cadre du projet Annuaire électronique avec 65 personnes qui y travaillent. »

Il a au début des années 1980 un budget annuel de 70 millions de francs, emploie 300 personnes dont 45% d'ingénieurs et couvre quatre domaines principaux de recherche : la télévision numérique, la télévision par câble, les nouveaux services et la télé-informatique (MATRAS Yves, *Nouvelles orientations au CCETT*, in *Bulletin de liaison de la recherche en informatique et automatique*, n°42, Février 1980, p. 27-38.).

⁴¹ PONJAERT Marina, GEORGIADIS Pauline & MAGNIER Alain, *Communiquer par Télétel. Les acquis de l'expérience de Télétel 3V et de l'annuaire électronique en Ille-et-Vilaine*, 1983 (Archives Historiques de France Télécom, Boîte 99026/03).

⁴² Désigne les quelques fractions de seconde après chaque trame (il faut deux trames de 312 lignes pour faire une image de 625 lignes) qui sont nécessaires au spot électronique qui balaie l'écran pour revenir à sa place initiale avant de décrire une autre trame.

⁴³ COURSON Jean-Luc, *Fonctionnement et mutations des appareils d'information et de communication. Contribution à l'étude des industries de la pensée*, Université Paris Diderot Paris VII, Thèse de doctorat sous la direction de Pierre Fougeyrollas, 1978, 259 pages.

⁴⁴ Ibid.

Ce service consiste à diffuser, sous forme numérique, un « magazine » constitué de pages à contenu alphanumérique, affichable sur un récepteur télévisuel⁴⁵. »

« En 1974, Bernard Marti et son équipe y mettent au point le système Antiope-Titan, système de vidéotex (tous les écrans de télévision reçoivent le même texte composé sur ordinateur). C'est un nouveau langage visuel. Le logiciel, amélioré, connectable sur le réseau téléphonique, permettra la réalisation des pages vidéotex caractéristiques du futur réseau Minitel, en couleur ou noir et blanc selon le type d'écran⁴⁶. »

C'est également à cette date qu'est développé Didon pour la distribution des données dans le réseau qui s'appuie sur le savoir-faire Transpac :

« Contrairement au système britannique dont les propriétés visuelles sont conditionnées par celles du canal de transmission en fonction de l'équation simple (certains diraient simpliste) : une ligne de télévision = une rangée de texte et une fréquence de transmission = un nombre de caractères par rangée, les Français conçoivent séparément un système de diffusion de données par paquets dont les principes généraux sont dérivés de ceux de Transpac et un système de vidéographie utilisable sur tout réseau⁴⁷. »

Dès 1975, le service est testé en laboratoire et fonctionne parfaitement⁴⁸.

Au tout début de l'année 1976, le codage des informations affichées repose sur le mode alphanumérique qui ne permet de représenter que des caractères prédéfinis de

⁴⁵ *Rapport d'activité du CCETT au Comité de Direction pour 1974, 1974* (Archives CCETT Rennes, Boite rapports d'activité CCETT 1972-1977) p. 114.

⁴⁶ BILLARD Jacques & DALADOIRE Alain, *Le Minitel en Bretagne*, in *Actes du septième colloque sur l'histoire de l'informatique et des Transmissions*, 2004, p. 81-86.

⁴⁷ CARMAGNAT Fanny, *De la télématique aux autoroutes électroniques, le grand projet reconduit*, in *Réseaux. Communication - Technologie - Société*, vol. 13, n°69, 1995, p. 223-225.

⁴⁸ *Rapport d'activité du CCETT pour 1975, 1975* (Archives CCETT Rennes, Boite rapports d'activité CCETT 1972-1977)

l'alphabet international Ascii. C'est ce mode qui est utilisé dans Tic-Tac⁴⁹ dès 1971 et qui est amélioré par Marti et son équipe par l'introduction d'un alphabet « mosaïque » constitué de formes élémentaires dont la combinaison permet des dessins simplifiés, d'attributs pour les caractères comme la couleur, la taille et le clignotement et l'introduction des « alphabets mous », « semigraphiques⁵⁰ » ou DRCS⁵¹, c'est-à-dire l'extension de l'alphabet de 94 signes à tous les signes (accentués ou non) de 39 langues différentes⁵² logés en mémoire vive et occupant une place réduite⁵³ car transmis à la demande.

L'objectif est notamment d'offrir un système d'affichage des résultats quotidiens pour les Jeux Olympiques d'hiver de Moscou en 1980. Le système doit donc être capable d'afficher à la fois des caractères en français, anglais et en alphabet cyrillique.

Antiope Bourse, premier service de cotation diffusé en direct, est lancé le 15 mai 1977 et en septembre 1977, la *Funkaustellung* de Berlin est l'occasion de démontrer encore une fois les capacités d'Antiope. Pourtant, le projet Anglais a pris de l'avance et Ceefax s'expose à cette occasion sur une quarantaine d'écrans quand le projet français est encore un modeste prototype que les ingénieurs du CCETT font fonctionner pendant que les hôtes britanniques distribuent brochures sur papier glacé et boissons fraîches, donnant une impression de professionnalisme et une assurance à la délégation anglaise que ne peuvent se targuer d'avoir les français⁵⁴. Gérard Théry, Directeur général des télécommunications, découvre néanmoins à cette occasion que le système est pleinement opérationnel. À sa demande, un rapport de synthèse sur l'état de la recherche est rédigé par les ingénieurs du Cnet et du CCETT et Théry décide alors d'accélérer les recherches et de passer le plus vite possible au stade de la commercialisation⁵⁵.

⁴⁹ Terminal Intégré Comportant un Téléviseur et l'Appel au Clavier (Tic-Tac. Un terminal domestique. Pourquoi pas ?, in *L'écho des recherches*, n°74, janvier 1974, p. 40-41.)

⁵⁰ *Compte-rendu d'activité du CCETT pour 1976, 1976* (Archives CCETT Rennes, Boite rapports d'activité CCETT 1972-1977) p. 23.

⁵¹ Dynamically Redefinable Character Sets.

⁵² Qui donne naissance à la norme Antiope 4.

⁵³ 4 à 5 ko, ce qui représente un tour de force.

⁵⁴ MARCHAND Marie, *The Minitel saga*, Larousse, Paris, 1988, 198 p.

⁵⁵ *Compte-rendu d'activité du CCETT pour 1977, 1977* (Archives CCETT Rennes, Boite rapports d'activité CCETT 1972-1977).

4. Le contexte international aiguillonne la recherche française

Car l'intérêt pour la télématique n'est pas une affaire franco-française. Les Britanniques, mais aussi les Américains, les Canadiens et les Japonais se lancent à la même période dans les *nouveaux services*.

En Angleterre, nous l'avons vu, les recherches ont débuté précocement et sont menées au sein de *British Telecom* et de la BBC⁵⁶. Dès 1973, Sam Fedida, en charge du projet anglais, présente un système plus élaboré qu'il baptise « Viewdata ». Un essai est mené dès 1976 à Martlesham. Le système prend alors le nom commercial de Prestel⁵⁷.

Outre-Rhin, la *Deutsche Bundespost* commence à s'intéresser au vidéotex alors que la mise en service de Prestel est annoncée. En janvier 1977, l'administration allemande achète le logiciel britannique et organise quelques mois plus tard une présentation du « Bildschirmtext » au salon de la radio et de la télévision de Berlin.

Enfin, aux Etats-Unis, le vidéotex ne se comprend pas à l'échelle nationale : il n'y a pas de grands projets d'équipement du pays. Des services spécialisés existent néanmoins comme les informations boursières qui informent 42 000 abonnés et trouveront ensuite une postérité avec les premiers ordinateurs personnels. Des initiatives à l'échelle des états sont également mises en place comme « Viewtron » en Floride⁵⁸.

Dans ce contexte de course internationale associée à une guerre des normes franco-britanniques dans les instances internationales, le lancement de la télématique apparaît aux yeux de Gérard Théry comme une question qu'il faut régler au plus vite⁵⁹.

⁵⁶ Le projet Antiope du CCETT, in *L'écho des recherches*, n°78, octobre 1974, p. 67-69.

⁵⁷ FORD Michel, L'expérience Prestel en Grande-Bretagne, in *Actes du colloque international informatique et société. Informatique, télématique et vie quotidienne*, tome III, 1980, p. 111-116.

⁵⁸ On peut également évoquer Captain au Japon ou encore Télidon au Canada (GUÉDON Claude, Norme ou système technique ? Les avatars de Télidon au Canada, in *Réseaux*, vol. 7, n°37, 1989, p. 69-82.).

⁵⁹ CARPENTER Marie, *La bataille des télécoms. Vers une France numérique*, Economica, Paris, 2011, 600 p.

Déjà en 1977, le rapport du groupe de réflexion sur les nouveaux produits électroniques grand public avait conclu sur le télétexte en affirmant l'urgence du développement d'une solution française sous peine de passer sous dépendance étrangère :

« Il faut que l'un au moins des systèmes [diffusé ou interactif] puisse se développer très rapidement, dans le sillage des opérations pilotes, afin qu'un service efficace puisse être offert aux utilisateurs. Sinon le risque serait grand de voir apparaître sur le marché un système de télétexte étranger, assorti de l'utilisation de matériels essentiellement importés, ce qui pourrait annuler d'un seul coup les positions techniques favorables acquises en commun par les laboratoires publics et les industriels nationaux⁶⁰. »

C'est durant le Comité interministériel du 22 novembre 1978 que sont adoptés les grands axes de la stratégie que doit mener la DGT en matière de nouveaux services : l'annuaire électronique, un projet de téléinformatique grand public, avec expérimentation à Vélizy, la visiophonie, le poste téléphonique à fréquence vocale, la télécopie grand public, et le satellite Télécom 1⁶¹.

La télématique entre alors dans une phase d'élaboration progressive de son architecture technique, mais également de son régime d'interactivité stabilisé en 1985 au moment de l'ouverture nationale de l'Annuaire Electronique.

B. Equiper le grand public

Les décisions prises à la fin de l'année 1978 conduisent naturellement à la mobilisation au début de 1979 des deux principaux acteurs de la recherche en télécommunications en France, le Cnet et le CCETT⁶² et aux lancements des deux projets

⁶⁰ Groupe de réflexion sur les nouveaux produits de l'électronique grand public du CCETT, *Rapport du groupe de réflexion sur les nouveaux produits de l'électronique grand public*, 1977 (Archives CCETT Rennes, Boîte 590-1).

⁶¹ THIERRY Benjamin, *Entretien avec Marie Marchand* (28 mars 2011) ; MARCHAND Marie, *The Minitel saga*, Larousse, Paris, 1988, 198 p.

⁶² Centre Commun d'Études de Télévision et Télécommunications.

de conception et de tests « en vraie grandeur » de la télématique : l'Annuaire Electronique, autour des terminaux et des dialogues d'une part et Télétel 3V d'autre part, autour des services télématiques et des serveurs.

Jusqu'à l'ouverture de l'expérimentation de Saint Malo en juillet 1980, la télématique développe les éléments de base de son système interactif, les terminaux et les dialogues, selon une logique prescriptive, organisée autour de contraintes économiques fortes, mais également d'objectifs généraux, qui traduisent les directives politiques et ont une influence déterminante pour la construction de ces dispositifs. Cette première phase est celle des analyses auto-référentielles ou réflexives⁶³ qu'il s'agit de confronter ensuite à la réalité des usages dans le cadre des expérimentations.

Dans son ouvrage consacré à Douglas Engelbart⁶⁴, pionnier américain des interfaces graphiques, Thierry Bardini a bien montré en quoi la première phase de l'élaboration des nouveaux usages de l'informatique personnelle aux Etats-Unis est un

« lent et complexe processus de négociation à l'intérieur de la communauté des concepteurs. Cette première phase correspond en fait à l'intervalle qui sépare le premier rêve du système et l'apparition des premiers usagers « réels » différents des concepteurs⁶⁵. »

Durant cette étape, le concepteur a tendance à se prendre lui-même comme modèle pour anticiper qui est l'utilisateur et comment son dispositif sera utilisé. Il n'en va pas autrement avec la télématique qui fait ses premiers pas autour de la définition a priori d'un public cible, caractérisé par l'expression de « grand public ».

1. Le grand public, notion prétexte

La notion de grand public est un topos qui apparaît dans la littérature technique et administrative liée à la télématique en même temps que les « nouveaux services ». Il

⁶³ BARDINI Thierry, *Bootstrapping : Douglas Engelbart, coevolution, and the origins of personal computing*, Stanford University Press, Stanford, 2000, 284 p.

⁶⁴ Ibid.

⁶⁵ BARDINI Thierry, Les promesses de la révolution virtuelle. Genèse de l'informatique personnelle, 1968-1973, in *Sociologie et sociétés*, vol. 32, n°2, 2000, p. 57-72.

accompagne le plus souvent le descriptif des objectifs d'un projet et caractérise le marché visé par opposition à celui des *professionnels*. Cette volonté d'informatiser le grand public, de le faire entrer dans une nouvelle ère de communication télématique est également le point central d'un « un techno-discours global » qui trouve dans les outils électroniques une réponse intégrale aux enjeux du temps comme le souligne Pascal Robert dans son ouvrage sur les impensés de l'informatique :

« La télématique devient en 1979 – 1980 un lieu d'investissement considérable d'espoirs politico-économiques : transformation de la pratique de l'aménagement du territoire, nouveaux emplois, Refondation du lien social etc. or, elle s'inscrit d'emblée sous l'orbe de l'idéologie de la communication : transparence, ouverture, accessibilité, échanges etc. la technique semble s'offrir comme le vecteur privilégié d'une revitalisation démocratique de la relation au sein du corps social⁶⁶. »

Ce concept est donc une catégorie plastique, à extension et contenu variables, qui permet aux ingénieurs du Cnet et du CCETT de fixer un cap pour signifier qu'ils mènent le développement de dispositifs destinés à devenir des services et non pas à rester des recherches in abstracto.

La notion de grand public doit donc s'analyser dans un premier temps comme un moyen de mettre en adéquation les orientations politiques générales et les recherches, articulant le politique et le technique. Cette définition a priori jouant le rôle de l'objet-frontière⁶⁷ qui permet à deux mondes de se rencontrer et de dialoguer autour d'un objet et d'un objectif commun.

⁶⁶ ROBERT Pascal, *L'impensé informatique : Critique du mode d'existence idéologique des technologies de l'information et de la communication : Tome 1, Les années 1970-1980*, Archives Contemporaines Editions, Paris, 2012, 248 p.

⁶⁷ Concept forgé par Suzanne Star et James Griesemer pour étudier des activités collectives marquées par une coopération de « groupes d'acteurs extrêmement divers – des chercheurs de différentes disciplines, des amateurs et des professionnels, des hommes et des animaux, des fonctionnaires et des visionnaires » (STAR Susan & GRIESEMER James, Institutional ecology, translations and boundary objects : amateurs and professionals in Berkeley's museum of vertebrate zoology (1907-1939), in *Social studies of science*, vol. 19, 1989, p. 233.). L'« objet-frontière » désigne des objets « qui appartiennent à différents mondes sociaux qui se rencontrent », et il doit satisfaire « aux demandes d'information provenant de chacun de ces espaces » et

Antiope contre Tic-Tac : devenir un service grand public, gage de succès

La notion de grand public est liée dès l'origine à la télématique. Sa naissance outre-Manche comme technologie domestique destinée à relancer l'achat de téléviseurs et à faire augmenter le nombre des connexions téléphoniques dans les foyers britanniques influence les discours et les développements français⁶⁸. En ce sens, la télématique se met rapidement à désigner les applications des télécommunications et de l'informatique plutôt que la technologie qui résulte de leur rencontre.

Aussi, dès 1974, les objectifs du projet Antiope, mené au CCETT, sont clairement fixés : il s'agit de mettre au point un

« récepteur de télévision grand public à l'acquisition et à la visualisation d'informations alphanumériques codées sous forme numérique⁶⁹. »

Son apparition au sein du Centre d'Etudes de Télévision et Télécommunications⁷⁰, créé en 1972 sur la base du rapprochement entre Cnet et ORTF, favorise également son orientation résolument appliquée⁷¹.

L'équipe française reprend un vocabulaire métaphorique simple, hérité des Britanniques, pour désigner les éléments du nouveau dispositif comme le terme de « magazine » qui désigne les pages diffusées et composées de 24 lignes de 32 caractères

différents groupes qui les utilisent et être « suffisamment flexibles pour s'adapter aux besoins particuliers, pour se plier aux contraintes et suffisamment robustes pour garder une identité commune sur leurs différents sites » (Ibid.).

⁶⁸ FORD Michel, L'expérience Prestel en Grande-Bretagne, in *Actes du colloque international informatique et société. Informatique, télématique et vie quotidienne*, tome III, 1980, p. 111-116.

⁶⁹ Le projet Antiope du CCETT, in *L'écho des recherches*, n°78, octobre 1974, p. 67-69.

⁷⁰ *Textes relatifs à la création du Centre Commun d'Etudes de Télévision et de Télécommunications*, 1972 (Archives CCETT Rennes, Boîte n° 4-3 Dossier Presse).

⁷¹ « Le CCETT a pour objectif de concevoir, définir et promouvoir le développement des matériels et systèmes d'équipement moderne répondant dans les meilleures conditions économiques aux besoins de l'ORTF, des PTT et plus généralement des services publics utilisant les techniques de télécommunication. » (Ibid.).

en Ascii, numérotées pour que l'abonné puisse les appeler avec son clavier en composant leur numéro⁷² et consulter les informations qui s'y trouvent :

« Le service Antiope consiste en la diffusion d'un magazine à des abonnés qui en liront les différentes pages sur l'écran de leur téléviseur domestique. Ce magazine est diffusé sur un canal de télévision (par exemple FR3) sous une forme codée et de manière cyclique. Les pages du magazine sont numérotées et l'abonné dispose d'un organe (clavier ou cadran) lui permettant d'« appeler » la page qu'il désire lire. Au bout d'un temps d'attente de quelques secondes, le cycle de diffusion passe par la page ainsi demandée, le terminal reconnaît grâce à son numéro, la saisit au vol, la met en mémoire et la décode pour en permettre la visualisation sur l'écran. Pendant ce temps, un téléspectateur non abonné à Antiope peut suivre une émission normale sur le même canal (FR3). En effet, on peut diffuser le magazine en utilisant uniquement des lignes prises parmi les lignes non visibles sur l'écran et représentant le temps de retour du système de balayage vertical. A titre d'exemple, si on utilise deux de ces lignes, il faut environ 12 secondes pour diffuser un magazine de 50 pages. Ces 12 secondes correspondent au temps maximum d'attente après que l'on a demandé une page pour que celle-ci s'affiche sur le téléviseur⁷³. »

De plus, à cette influence britannique s'ajoute la volonté de se démarquer du projet SCT⁷⁴ comme le souligne Pascal Griset, mené au Cnet à la même période et moins ambitieux en ce qui concerne ses applications possibles :

« Alors que la recherche menée au sein du SCT était restée quelque peu repliée sur elle-même, les chercheurs du CCETT, dans le contexte

⁷² Le projet Antiope du CCETT, in *L'écho des recherches*, n°78, octobre 1974, p. 67-69.

⁷³ *Rapport d'activité du CCETT pour 1974, 1974* (Archives CCETT Rennes, Boite rapports d'activité CCETT 1972-1977) p. XV.

⁷⁴ Service de Calcul Téléphonique.

particulier d'un futur incertain pour la télévision publique, s'étaient tenus informés au plus près des projets développés à l'étranger⁷⁵. »

Etudié au sein du Groupement Informatique et Transmissions de Données du Cnet, le Service de Calcul par Téléphone repose sur un système composé d'un ordinateur central⁷⁶ et de terminaux téléphoniques destinés au « calcul de bureau⁷⁷ ». Initié par Christian Carrouge pour offrir une aide au calcul au sein du Cnet, le public cible est largement auto-référentiel et Carrouge réalise en quelque sorte l'outil qu'il attend lui-même. Le groupe plutôt restreint des utilisateurs potentiels ainsi que sa complexité de fonctionnement sont assez bien illustrés par la description qui en est faite dans l'article de 1973 de *L'écho des recherches* : pour réaliser une opération de calcul simple grâce à son téléphone, les personnels doivent composer l'opération selon une « syntaxe simple inspirée du Fortran » dont le

*« résultat du calcul est donné implicitement sous la forme d'une mantisse comprise entre 0,1 et 1 (avec un maximum de 8 chiffres significatifs) et un facteur de cadrage :
Exemple : $2+2=0,4 E + 1$ ⁷⁸ »*

De plus, même pour un ingénieur du Cnet, se souvenir des fonctions détournées des touches de son téléphone n'est pas la chose la plus aisée du monde et l'équipe distribue un cache mnémotechnique à disposer sur les cadrans téléphoniques du centre⁷⁹. L'utilisation de la synthèse vocale pour la consultation des résultats, puis du visiophone⁸⁰ et enfin d'écrans de télévision améliorent l'utilisabilité de l'ensemble, mais ne sauvent pas le projet face à l'invasion des calculettes japonaises et américaines à bas coût qui

⁷⁵ GRISET Pascal, Entre logique d'opérateur et système national d'innovation : les programmes de recherche du Centre National d'Étude des Télécommunications de 1974 à la fin des années 1980, in *Entreprises et Histoire*, vol. 4, n°61, 2010, p. 9-31.

⁷⁶ Un T200 de la Télémécanique.

⁷⁷ CARROUGE Christian, Le service calcul par téléphone : le système SCT, in *L'écho des recherches*, n°62, 1973, p. 18-25.

⁷⁸ Ibid.

⁷⁹ Figure 5. Le cache mnémotechnique de SCT.

⁸⁰ Solution originale qui tente de créer une synergie avec un autre projet d'importance du Cnet après avoir utilisé les avancées en matière de synthèse vocale. L'image comporte 267 lignes à 30 images secondes. Le découpage de l'écran du visiophone se fait à raison de 8 lignes de 16 caractères.

permettent plus simplement de poser les opérations de base et qui commencent à envahir les bureaux à la fin des années 1970.

Le projet se reconvertit en Tic-Tac⁸¹ (Terminal Intégré Comportant Téléviseur et Appel au Clavier), que Bernard Marti reconnaît comme l'ancêtre direct du Videotex⁸² malgré son échec, et que le Cnet présente en 1974 au Sicob. Tic-Tac utilise un téléviseur noir et blanc et un poste téléphonique à clavier qui permet de voir sur l'écran des réponses qui sont tapées sur le clavier⁸³. Le principe du clavier téléphonique et le cache sont repris, ainsi qu'un photostyle ou crayon optique :

« Pour les services les plus simples, le clavier téléphonique à 12 touches suffit : on peut y superposer des « caches » en plastique ; pour les autres, un photostyle en option (200F) remplacera le clavier alphanumérique complet⁸⁴. »

Les services potentiellement utilisables sont désormais beaucoup plus nombreux et rejoignent les logiques de mises à disposition d'informations que permet Antiope.

Tic-Tac, au moins jusqu'en 1978, reste un concurrent sérieux pour Antiope dans le cadre d'une guerre froide des projets entre Cnet et CCETT. Selon Marie Marchand, Tic-Tac fut néanmoins progressivement abandonné du fait de son absence d'objectifs précis en matière de services. Pourtant, en 1978, Alain Bernard⁸⁵, au moment d'examiner les différents terminaux disponibles pour mener l'expérimentation de Vélizy considère toujours Tic-Tac comme une alternative sérieuse qui ne sera finalement pas retenue⁸⁶.

⁸¹ GRISET Pascal, Entre logique d'opérateur et système national d'innovation : les programmes de recherche du Centre National d'Étude des Télécommunications de 1974 à la fin des années 1980, in *Entreprises et Histoire*, vol. 4, n°61, 2010, p. 9-31.

⁸² MARTI Bernard, *Télématique. Techniques, normes, services*, Dunod, Paris, 1990, 752 p.

⁸³ COURSON Jean-Luc, *Fonctionnement et mutations des appareils d'information et de communication. Contribution à l'étude des industries de la pensée*, Université Paris Diderot Paris VII, Thèse de doctorat sous la direction de Pierre Fougeyrollas, 1978, 259 pages.

⁸⁴ Ibid..

⁸⁵ Responsable à la DAI des nouveaux services.

⁸⁶ BERNARD Alain, *Proposition de cahier des charges rédigé par le CNET concernant deux types de terminaux pour Vélizy*, 13 janvier 1978 (Archives CCETT Rennes, Boite 590-1).

Antiope creuse en effet l'écart dès 1974 avec la réalisation d'un magazine et sa diffusion sur un prototype expérimental de terminal d'abonné. Le matériel et l'alphabet utilisé sont encore frustrés puisqu'il ne permettent l'émission et la réception que de caractères en majuscules⁸⁷ sur le modèle anglais. L'expérimentation est menée sans utilisateur ni cobaye, mais en « situation réelle » : les pages sont diffusées sur le canal de la troisième chaîne de Rennes Saint-Pern et ne gênent aucunement la réception des programmes de cette chaîne locale⁸⁸.

En mai 1977, un service confidentiel voit le jour : le magazine « Bourse » qui est diffusé en région parisienne en collaboration avec la compagnie des agents de change⁸⁹. Il fait partie d'une stratégie de promotion du nouveau système qui repose également sur la multiplication des démonstrations : à la « Funkausstellung » de Berlin, mais également au sommet Télécom 77 de Moscou, au symposium de Montreux et à l'ICC de Chicago⁹⁰ pour la seule année 1977.

Du côté de la production, des tests portent sur la création de pages. On utilise pour ce faire un clavier qui permet de générer tous les caractères Ascii et un système de visualisation qui permet ensuite de vérifier la ligne que l'on vient de taper avant de transférer le texte⁹¹. Une mémoire de page enregistre toutes les données de la page et la transfère vers une bande magnétique quand elle est pleine (« *une page est terminée* »). L'enregistreur magnétique peut ainsi stocker plusieurs centaines de pages⁹² ce qui en fait un système à la fois souple et économique.

Outre les indiscutables qualités techniques de la norme, le soutien qui lui est apporté dans sa lutte contre son homologue britannique, Antiope-Titan triomphe de Tic-Tac du fait de son caractère appliqué, de sa capacité à prouver son utilisation potentielle

⁸⁷ *Rapport d'activité du CCETT pour 1974*, 1974 (Archives CCETT Rennes, Boîte rapports d'activité CCETT 1972-1977) p. XV.

⁸⁸ Ibid.

⁸⁹ *Compte-rendu d'activité du CCETT pour 1977*, 1977 (Archives CCETT Rennes, Boîte rapports d'activité CCETT 1972-1977).

⁹⁰ Ibid.

⁹¹ *Rapport d'activité du CCETT au Comité de Direction pour 1974*, 1974 (Archives CCETT Rennes, Boîte rapports d'activité CCETT 1972-1977).

⁹² Ibid.

par le grand public dans le cadre de l'établissement d'usages expérimentaux puis réels (diffusion de magazines, service bourse). À l'inverse, l'équipe de Christian Carrouge est restée plus longtemps dans une logique auto-référentielle dont les complexités de l'interaction homme-machine de SCT font symptômes.

Dès 1977, le Groupe de réflexion sur les nouveaux produits de l'électronique grand public du CCETT⁹³ avait prévenu :

« Les chances de succès ou d'échec commercial dépendent beaucoup plus des éléments liés au service ou à son organisation que des paramètres techniques ; c'est donc principalement sur ce point que doit porter maintenant l'essentiel de l'effort de réflexion⁹⁴ »

Antiope l'a alors bien compris et son chef de projet peut annoncer des objectifs liant excellence de la recherche, réduction des coûts et satisfaction du grand public dans une parfaite maîtrise de la communication interne :

« Les efforts de recherche portent à la fois sur la technique proprement dite mais aussi sur la réduction des coûts, l'adéquation aux besoins institutionnels et du grand public, la normalisation internationale⁹⁵. »

Pour reprendre une formulation proche des travaux de Star et Griesemer, Antiope a su rester dans le périmètre tracé par l'objet-frontière qu'est le grand public, pour floue que soit son acception, alors que SCT-Tic-Tac a toujours évolué sur ses périphéries.

⁹³ En 1977, le Groupe de réflexion sur les nouveaux produits de l'électronique grand public du CCETT, mis en place par la Dieli, rédige un *Rapport sur les nouveaux produits de l'électronique grand public*⁹³ dont l'objectif principal est de répondre à une demande du Directeur Général de l'Industrie qui souhaite réunir un groupe constitué des différents partenaires du public et du privé capables de faire un état des lieux du domaine et de fixer quelques orientations stratégiques pour la période 1978-1985.

⁹⁴ Groupe de réflexion sur les nouveaux produits de l'électronique grand public du CCETT, *Rapport du groupe de réflexion sur les nouveaux produits de l'électronique grand public*, 1977 (Archives CCETT Rennes, Boîte 590-1)

⁹⁵ *Compte-rendu d'activité du CCETT pour 1977*, 1977 (Archives CCETT Rennes, Boîte rapports d'activité CCETT 1972-1977) p. 16.

Le télécopieur grand public et l'émergence du client « grand public »

Dans son article intitulé « Les Télécoms pour tous⁹⁶ », Marie Carpenter examine les rapports de la DGT à son environnement industriel, institutionnel et économique en mutation à la fin des années 1970. Dans son analyse, la figure de l'utilisateur-client et le tournant vers une culture du marketing accompagnent naturellement l'émergence des nouveaux services dont la télématique fait partie. Géraldine Pflieger⁹⁷ analyse également la période 1975-1985 comme un virage commercial qui annonce la conversion entrepreneuriale de la seconde moitié des années 1980. La montée en puissance de la figure du *client* face à celle de l'*usager* est en effet une donnée incontournable de la stratégie de la DGT au moment de la promotion des nouveaux services, mais également un élément fort de la constitution du concept de « grand public » en tant qu'acheteur potentiel. En effet, à l'inverse de la demande sociétale forte en matière de téléphone⁹⁸, la DGT n'est pas certaine du besoin et du désir des Français en matière de services interactifs ou de communication avancée.

L'une des premières occurrences sous cette acception se trouve dans le projet de Télécopieur Grand Public (TGP) étudié au Cnet à partir de 1976. Cette année-là, un cahier des charges du télécopieur tel qu'il a été défini au CCETT a été transmis à la DGT. Jean-Pierre Souviron en a fixé les objectifs principaux⁹⁹ : une minute pour transmettre une page de texte, moins de 2500 francs¹⁰⁰ à l'achat et moins d'un franc à la page. Des études sont

⁹⁶ CARPENTER Marie, Les télécoms pour tous : la DGT architecte en innovation, in *Entreprises et Histoire*, vol. 4, n°6, 2010, p. 119-163.

⁹⁷ PFLIEGER Géraldine, *Consommateur, client, citoyen : l'utilisateur dans les nouvelles régulations des services de réseaux. Le cas de l'eau, de l'électricité et des télécommunications en France*, Latts - Ecole des Ponts, Doctorat sous la direction de Jean-Marc Offner, 2003, 495 pages.

⁹⁸ GRISSET Pascal, Le développement du téléphone en France depuis les années 1950. Politique de recherche et recherche d'une politique, in *Vingtième Siècle. Revue d'histoire*, vol. 24, n°1, 1989, p. 41-54.

⁹⁹ *Compte-rendu d'activité du CCETT pour 1976, 1976* (Archives CCETT Rennes, Boîte rapports d'activité CCETT 1972-1977) p. 5.

¹⁰⁰ Ce qui représente un peu moins de 1500 euros.

lancées pour préciser le marché¹⁰¹ envisageable et les perspectives de développement jusqu'au milieu des années 1980.

Comme le souligne Jean-Paul Brethes dans son article de 1995 sur le projet dans la revue *Réseaux*, le projet de Télécopieur Grand Public fait « pour la première fois entrer la DGT dans une logique marketing¹⁰² ». L'utilisateur y est vu avant tout comme un client, prêt à s'équiper dans les limites d'un budget qu'il faut déterminer. Autre nouveauté, ce marché n'est pas constitué uniquement de professionnels, mais comporte également le *grand public* puisqu'à cette date, l'on envisage la télécopie comme une alternative possible au courrier. Il s'agit donc de définir l'appétence pour un service nouveau en déterminant un positionnement tarifaire acceptable.

Ces anticipations sont lisibles dans les réponses des manufacturiers à l'appel d'offre, comme celle de Sagem, qui laissent apparaître des analyses sur les caractéristiques supposément liées à l'utilisation dans la sphère domestique¹⁰³ du télécopieur et un public cible spécifique. Chez Sagem, c'est la maîtresse de maison qui semble constituer l'élément pivot de l'acceptation du nouveau dispositif. Maîtresse de maison à propos de laquelle la Sagem ne semble pas savoir grand chose si ce n'est qu'elle ne souhaite pas polluer son intérieur avec un matériel salissant ou bruyant, ce qui permet de justifier d'un souci particulier pour le design du télécopieur, centre de l'argumentaire de vente :

« Cet appareil était vraiment destiné au grand public. Son « design » devait être adapté à un intérieur de maison, aucune nuisance ne devait être produite (très important à cause du bruit et des odeurs des télécopieurs de l'époque) et son fonctionnement devait être très simple (SAGEM précisait même que le télécopieur grand public serait surtout utilisé par la maîtresse de maison)¹⁰⁴. »

¹⁰¹ MARCOM, *Etude sur le marché de la télécopie*, 1976 (Archives CCETT Rennes, Boite Télécopie)

¹⁰² BRETHES Jean-Paul, Chronologie du projet du télécopieur grand public et de ses métamorphoses successives, in *Réseaux*, Hors série n°13, 1995, p. 29-62.

¹⁰³ « L'usage de la télécopie chez les simples particuliers, d'où le nom de « grand public » qui était associé à celui de télécopieur. » (Ibid.).

¹⁰⁴ Ibid.

2. Convivialité et facilité d'emploi

Le résultat de la définition de la cible principal de la télématique sous les traits du grand public et l'émergence de la figure du client avec les incertitudes qu'elle comporte dans l'adoption ou non des nouveaux services au sein de la DGT ont pour corollaire le recours constant à une autre notion, érigée en impératif : la facilité d'emploi, appelée parfois convivialité avant que ce terme ne s'applique aux messageries¹⁰⁵.

Employé comme un slogan dans les discours promotionnels, le concept de convivialité l'est sous forme d'invocation dans la documentation technique pour justifier des choix de « form factor » ou d'interface et agit comme une véritable pensée magique dont le ressort intime de fonctionnement est le traditionnel « si j'y arrive, l'utilisateur ne devrait pas rencontrer de difficulté particulière » avant que les expérimentations ne viennent troubler ces raisonnements auto-référentiels avec l'apparition d'utilisateurs ayant leur propre idée sur ce qui leur convient.

Un slogan

Dès l'annonce du lancement du projet de télématique en 1978, la facilité d'emploi du futur dispositif est mise en avant comme sa qualité principale. Une facilité d'utilisation qui s'apprécie d'abord à l'aune des difficultés créées par l'annuaire papier et son gigantisme que doit résoudre la numérisation :

« Le service annuaire électronique doit permettre de remplacer progressivement l'utilisation de l'annuaire papier qui indépendamment du coût, s'accroît en volume d'informations d'année en année rend difficile recherche par l'utilisateur [...] L'annuaire électronique doit offrir à terme un service minimum équivalent à celui fourni actuellement¹⁰⁶. »

La facilité d'utilisation désigne alors dans la bouche de ceux qui l'emploient la proximité des futurs utilisateurs avec le dispositif et une absence de difficulté à le

¹⁰⁵ BOULLIER Dominique, Archéologie des messageries, in *Réseaux*, vol. 7 n°38, 1989, p. 9-29.

¹⁰⁶ *Cahier des charges de l'Annuaire Electronique*, novembre 1979 (Archives CCETT Rennes, Boite n° 356/5 Documents divers / 79-84).

manipuler. Gérard Théry et Louis-Joseph Libois, par exemple, ne se privent pas lors de leurs interventions publiques de reprendre à leur compte le concept comme à la toute fin de 1978 dans une interview donnée à *Information Télécom et Télématicque* sur le rôle de la télématicque dans les services proposés aux français et intitulée « Vers une télévision¹⁰⁷ plus conviviale » :

« Il est en train de se dessiner une certaine forme d'évolution qui pourrait rendre la télévision plus conviviale¹⁰⁸ ».

Cette convivialité, c'est-à-dire un accès facile et immédiat aux nouveaux services, est qualifiée dans le même article comme une « source infinie de progrès¹⁰⁹ » selon Louis-Joseph Libois, mais engendre des contraintes particulières dont la première est bien de proposer un matériel jugé comme tel par son usager...

Un dispositif et un objectif paradoxal

En effet, en 1979, durant les premières réunions organisées par la DGT, il apparaît que le projet de télématicque conviviale ou grand public est éminemment paradoxal : il s'agit de faire cohabiter les technologies les plus en pointe de l'époque et de les rendre dans le même temps accessibles aux utilisateurs les plus novices qui soient.

« Mettre à la portée de chacun, sans qu'il lui soit nécessaire d'acquérir une formation particulière, l'interrogation d'une base de données alors que jusqu'à présent cet acte ressort de l'ésotérisme informatique constitue le pari fondamental du vidéotex¹¹⁰. »

Rupture fondamentale avec la période précédente qui a vu l'équipement de publics professionnels précis, au niveau de formation élevé ou de collectifs asservis à des procédures de travail rigides et précisément organisées, il s'agit maintenant de convaincre

¹⁰⁷ Télévision qui à cette date est encore considérée comme le support indispensable pour la visualisation des données transportées par les réseaux télématicques.

¹⁰⁸ *Inf. Télécom et Télématicque n°499 du 5 janvier 1978, 1978* (Archives CCETT Rennes, Boîte 590-1)

¹⁰⁹ Ibid.

¹¹⁰ MAURY Jean-Pierre & LECLERCQ Daniel, L'expérience annuelle électronique en Ille-et-Vilaine, in *Actes des 4èmes journées internationales de l'Idate*, n°9, 1982, p. 74-83.

un public qui n'est pas captif et de lui permettre de manipuler des dispositifs qui ne sont pas forcément en phase avec une activité-référence déterminée qui sert de point de comparaison à l'informatisation.

À cela, il faut rajouter que la prise en main du terminal et de ses services se conçoit dès l'origine comme devant être immédiate. Comme le rappellent Hatala et Marcovici dans un article de *L'Echo des recherches* en 1983, le projet initial n'a jamais prévu autre chose qu'une notice d'utilisation succincte pour l'utilisateur :

« Plus sérieusement, pourquoi le dialogue est-il un élément important pour l'annuaire électronique ? Jusqu'à présent, excepté un usage ludique, l'informatique s'est développée principalement en milieu professionnel. L'utilisation des outils informatiques suppose bien souvent une formation, d'une durée variable [...] La distribution du Minitel sera seulement accompagnée d'un mode d'emploi assez bref. Dans cette situation, il est absolument nécessaire d'avoir un service d'accès aisé pour tous¹¹¹. »

De l'annuaire imprimé à l'annuaire numérisé : l'établissement d'un objet-référence et d'un motif pour l'informatisation

La piste principale explorée pour réussir ce tour de force est de faire reposer l'interaction télématique sur un objet faisant référence à l'échelle du grand public et de convaincre du bien-fondé de ce changement par un motif¹¹² légitime d'amélioration du service offert. Cet objet-référence est l'annuaire et le motif, sa modernisation.

L'idée d'informatiser l'annuaire est aujourd'hui une épineuse question de paternité disputée. Nous n'entrerons pas sur le terrain de la querelle, parce que l'historien des techniques sait la dimension collective de ces « inventions » que l'on aime attribuer à un

¹¹¹ HATALA André & MARCOVICI Jean-Claude, Dialogue télématique : l'exemple de l'annuaire électronique, in *L'écho des recherches*, n°112, 2ème trimestre 1983, p. 23-39.

¹¹² L'objet-référence a été défini dans la première partie comme le dispositif ou la pratique qui initie le processus d'informatisation par sa transposition sous forme numérique.

individu seul et forcément génial. Aussi, nous nous bornerons à souligner que cette solution émerge au sein du triumvirat Gérard Théry, Jean-Pierre Souviron et Alain Bernard, tous les trois au fait des nécessités de proposer rapidement un projet de télématique dès 1977, pour contrer les Britanniques, et conscients également de l'importance des renseignements téléphoniques comme service, mais aussi des difficultés rencontrées par la production, la mise à jour et la diffusion des annuaires papiers. Aussi, Alain Bernard, Directeur des Affaires Industrielles et Internationales, dans sa *Proposition d'expérience de téléinformatique domestique*¹¹³ préconise-t-il dès le début de l'année 1978 un remplacement de l'annuaire repris des propositions faites au Cnet à la fin de l'année 1977.

A partir de 1979 et 1980, les différents cahiers des charges rédigés par le CCETT ou l'équipe annuaire électronique établissent ces deux éléments fondateurs et rappellent les fonctions qu'il s'agit de reproduire à l'écran et qui, bien entendu, recourent pour la plupart les fonctions que l'on est habitué à trouver dans l'annuaire imprimé :

« Le service de base offre les possibilités suivantes :

la recherche alphabétique,

la recherche professionnelle avec des compléments d'information,

la recherche d'un abonné à partir de son numéro d'appel (liste numérique),

la fourniture d'informations concernant la taxation,

de renseignements sur les numéros à six ou sept chiffres d'appel de la police et des pompiers en fonction de la localité¹¹⁴. »

Il s'agit également de remplacer un annuaire papier dépassé, couteux et provoquant un engorgement des renseignements téléphoniques. Gérard Théry n'a-t-il pas profité de son discours de Dallas en février 1979 qui présente la télématique pour prophétiser au

¹¹³ DAI, *Proposition d'introduction d'un annuaire électronique à l'aide du système de télétexte faite par la Direction des affaires industrielles et internationales à M. le Directeur général des télécommunications*, 1978 (Archives CCETT Rennes, Boite 590-1).

¹¹⁴ *Cahier des charges de l'Annuaire Electronique*, novembre 1979 (Archives CCETT Rennes, Boite n° 356/5 Documents divers / 79-84).

passage la fin de « la civilisation du papier¹¹⁵ » dont il faut accélérer la disparition en commençant par l'un de ses représentants les plus inadaptés, l'annuaire imprimé¹¹⁶ ?

En effet, au sein des nombreuses justifications apportées par la DGT à la mise en place du projet de télématique, notamment quand les oppositions deviennent importantes du côté de la presse et de l'Afutt¹¹⁷, la nécessité de remplacer le vieil annuaire papier est au premier rang des raisons invoquées. C'est également le principal argument que l'on recommande d'utiliser face au public quand il ne manque pas de poser des questions dans les agences¹¹⁸, « le nerf de la guerre » selon Jean-Paul Maury¹¹⁹ pour faire accepter les terminaux aux Français¹²⁰, une *killer application* qui entrainera les autres dans le sillage de son succès.

L'annuaire papier est en effet une entreprise d'envergure, particulièrement dans le contexte de rattrapage téléphonique de la fin des années 1970, durant lequel le nombre des lignes croît annuellement de près de 20%. En 1977, la composition de l'annuaire entre dans une période de transition : pour la faciliter, l'on utilise pour la première fois sur des éditions de province de nouveaux procédés de photocomposition¹²¹ élargis à l'ensemble

¹¹⁵ MARCHAND Marie, *The Minitel saga*, Larousse, Paris, 1988, 198 p.

¹¹⁶ Guy Schwartz cite Gérard Théry dans *Le Matin de Paris* en ces termes : « 'Je pense que la civilisation du papier a maintenant une durée de vie limitée. C'est une bonne chose, car le transport à pied, à cheval ou en voiture, de quantités croissantes de papier asphyxie nos sociétés. [...]'. » (SCHWARTZ Guy, Les Français sont bien placés dans la révolution des télécommunications, in *Le Matin de Paris*, 28 février 1979, 1979, p. 10.)

¹¹⁷ Association Française des Usagers du Téléphone et des Télécommunications. Créée en 1969 pour faire entendre la voix des 54 millions d'usagers du téléphone face à l'Etat et ses partenaires industriels (*Afutt Informations n°58*, 1983 (BHPT, TC 611)). Association loi 1901, elle est dotée de deux sections : l'une pour les professionnels, l'autre pour les consommateurs individuels du téléphone. En 1971, elle évalue le coût des défaillances du téléphone à 6 milliards de francs par an et milite pour une modernisation du réseau. Elle joue à partir de 1978, un rôle très critique à l'égard du projet télématique en fustigeant le technocratisme de la DGT et l'absence de concertation (Cf ; Chapitre IV *Conflits et controverses* in VALÉRIE SCHAFER & Benjamin G. Thierry, *Le minitel l'enfance numérique de la France*, Nuvis, Paris, 2012, 230 p.).

¹¹⁸ *Notes manuscrites intitulées Annuaire Electronique. Argumentaire à l'usage du personnel des Télécom*, Juillet 1980 (Archives CCETT Rennes, Boite n° 356/1 Documents divers / 79-84).

¹¹⁹ Il dirige l'équipe Annuaire Electronique à partir de 1979. X62, il intègre ensuite l'ENST pour rejoindre le corps des ingénieurs des PTT. Il entre au Cnet en 1967 dans le département Recherches sur les Machines Electroniques avant d'être affecté en 1973 à la Direction de la Production, au Service de l'exploitation et du trafic où il s'intéresse à Transpac et participe au nouveau plan de numérotation.

¹²⁰ THIERRY Benjamin, *Entretien avec Jean-Paul Maury* (24 février 2009).

¹²¹ DAIL, *Proposition d'introduction d'un annuaire électronique à l'aide du système de télétexte faite par la Direction des affaires industrielles et internationales à M. le Directeur général des télécommunications*, 1978 (Archives CCETT Rennes, Boite 590-1).

des éditions métropolitaines en 1979. Sa structure interne est également revue et propose une partie destinée aux particuliers dépourvue de publicité et une partie destinée aux professionnels, les pages jaunes, ouverte aux annonces¹²².

En 1978, l'administration fait imprimer 16 millions d'annuaires qui coûtent 307 millions de francs et en rapportent 370 dont 67% reviennent à l'Office d'Annonces, chargée de prospecter et de gérer les annonces qui y figurent¹²³. Les coûts augmentent rapidement, comme l'exposent Jacques Dondoux et François Du Castel dans leur célèbre rapport de 1980 questionnant le bien-fondé du projet Annuaire Electronique¹²⁴. En 1976, l'administration présentait encore un solde créditeur de 8 millions de francs, mais en 1977, les PTT sont débiteurs de quelque 50 millions de francs¹²⁵ et le déficit va s'alourdisant.

Autre facteur non négligeable, les évaluations de la consommation de papier que cette augmentation du nombre des abonnés engendre : 20 000 tonnes en 1979 et plus de 100 000 tonnes en 1985¹²⁶ selon la Direction des Affaires Commerciales.

Enfin, le dernier problème rencontré par le « livre services », comme le nomme les publicités d'alors, est sa tenue à jour :

« Sans doute l'apparition d'un déficit peut-elle être expliquée par la vive croissance du réseau téléphonique français à partir de 1975 (le taux de croissance du parc de lignes a été porté à 20 % l'an, au lieu de 6 à 7 %, antérieurement¹²⁷) »

¹²² La séparation en deux parties distinctes ne date que de 1972 (DONDOUX Jacques & DU CASTEL François, *Problèmes posés par la présentation de l'annuaire téléphonique dit "rapport Dondoux-Du Castel"*, août 1980 (Archives CCETT Rennes, Boite 590-1)).

¹²³ Créée en 1896, l'Office d'Annonce, filiale d'Havas, obtient en 1946 des PTT la régie publicitaire de l'Annuaire Papier.

¹²⁴ Figure 7. Coûts de l'annuaire imprimé (1975-1979).

¹²⁵ DAI, *Proposition d'introduction d'un annuaire électronique à l'aide du système de télétexte faite par la Direction des affaires industrielles et internationales à M. le Directeur général des télécommunications*, 1978 (Archives CCETT Rennes, Boite 590-1).

¹²⁶ CATS-BARIL William & JELASSI Tawfik, The french Videotex system Minitel. A successful implementation of a national information technology infrastructure, in *MIS Quarterly*, vol. 18, n°1, mars 1994, p. 1-20.

¹²⁷ DONDOUX Jacques & DU CASTEL François, *Problèmes posés par la présentation de l'annuaire téléphonique dit "rapport Dondoux-Du Castel"*, août 1980 (Archives CCETT Rennes, Boite 590-1).

En effet, avec les 7 millions de lignes qui sont créées entre 1974 et 1979, l'annuaire papier est chaque année obsolète avant d'être imprimé. Et entre 1979 et 1984, l'on prévoit la création de sept autres millions de lignes ...

Autre effet positif escompté du remplacement de l'annuaire imprimé par son homologue électronique, l'allègement de la charge pesant sur les renseignements téléphoniques. En 1977, ils ont eu aussi à faire face à une augmentation considérable du nombre d'appels : 176 millions d'appels, ce qui représente 18 appels par an et par ligne principale d'abonnés. L'augmentation des lignes de téléphone entre 1979 et 1984 fait également augmenter le nombre d'opératrices que les renseignements téléphoniques doivent engager. Elles sont 4000 en 1977 (4500 en 1979), pour un budget global de fonctionnement de 170 millions de francs, et devraient atteindre 9000 personnes en 1985 pour suivre l'augmentation de la demande¹²⁸.

De leur côté, les manufacturiers mettent en avant dans les propositions qu'ils font aux Télécommunications des qualités qu'ils associent spontanément au grand public. Thomson est par exemple particulièrement bien placé dans les évaluations qui sont faites par l'équipe Annuaire en 1979 du fait de son expérience en matière de téléviseur grand public¹²⁹ dont on pense qu'elle préfigure une capacité à fournir des terminaux « adaptés » au grand public. Dans la réponse qu'il fait à l'appel d'offre, le manufacturier français met en avant la sécurité de ses matériels et leur « ergonomie », c'est-à-dire leur design qui permettra au terminal de s'insérer à l'espace domestique, en suivant un argumentaire que l'on ne serait pas surpris de retrouver à propos d'un téléviseur :

« Le terminal est destiné à être manipulé par des utilisateurs non professionnels, grâce aux études d'ergonomie entreprises et à la souplesse

¹²⁸ CATS-BARIL William & JELASSI Tawfik, The french Videotex system Minitel. A successful implementation of a national information technology infrastructure, in *MIS Quaterly*, vol. 18, n°1, mars 1994, p. 1-20. D'autres évaluations plus anciennes allaient jusqu'au chiffre de 15 000 opératrices en 1982 (CHADUC Jean-Marc, Perspectives d'évolution des renseignements téléphoniques en France, in *L'écho des recherches*, n°84, 1976, p. 4-11.).

¹²⁹ LE BIHAN Alain, *Lettre d'Alain Le Bihan à Jean Syrota qui lui propose les solutions d'industrialisation que Thomson-CSF peut envisager en matière de Télétex.*, 1979 (Archives Historiques de France Télécom, Boite 99076/16).

d'exploitation prévue, ce problème sera aisément résolu [...]. Ce terminal doit s'insérer sans difficulté dans l'environnement résidentiel de l'abonné. Il doit participer à la perception esthétique et affective de la vie familiale. »

Le thème de la sécurité n'est pas anodin étant données les peurs que certains entretiennent au CCETT notamment, devant les risques de « mauvaise utilisation » du terminal qui peuvent engendrer une dégradation du service dont le « tout venant » ne manquerait pas d'accuser la DGT :

« Dans le projet de remplacement de la consultation de l'annuaire papier par la consultation par terminal, la DGT se trouve confrontée à un double problème :

Premièrement, la population qui aura accès au terminal est une population du tout venant, dont il est difficile de connaître les attentes et les attitudes à l'égard de ce nouveau procédé technique. Deuxièmement, une fois le terminal mis en place chez l'utilisateur, la DGT ne peut pratiquement avoir aucun contrôle de l'utilisation qui en est fait. Or, il est important, pour les réseaux de transmission, qu'il y ait une utilisation optimale du terminal, dans un minimum de temps¹³⁰. »

II. UN ECRAN INTERACTIF POUR TOUS

Informatiser l'annuaire et proposer de nouveaux services passent par l'établissement de procédures de manipulation d'un objet radicalement nouveau pour l'écrasante majorité des Français et qu'il faut structurer autour d'un écran interactif capable d'engager un dialogue avec son utilisateur, de le guider et in fine de lui fournir des informations pertinentes.

Comment définir le niveau de complexité de l'interface ? Le rôle du clavier ? La logique à adopter par l'utilisateur pour lui faire rédiger une requête soumise au système ?

¹³⁰ Document de travail concernant l'informatisation de l'annuaire, 15 juin 1979 (Archives CCETT Rennes, Boîte n° 356/1 Documents divers / 79-84).

Autant de questions que les chercheurs du CCETT et du Cnet résolvent en respectant trois principes essentiels assez emblématiques de ces efforts réalisés par le concepteur pour anticiper sur les attentes et les capacités de l'utilisateur. Le premier est de structurer les dialogues homme-machine sur le modèle des dialogues homme-homme, sensés être « naturels » et « transparents », c'est-à-dire compréhensibles sans besoin de formation ou d'explication. Le second principe est de tenter de reproduire dans l'organisation des données et de leur présentation à l'écran les logiques à l'œuvre dans l'annuaire imprimé, notamment la séparation entre recherche de particulier et recherche de professionnel, supposée permettre une meilleure compréhension par l'utilisateur habitué à son Bottin. Enfin, s'éloigner autant que possible de la « logique informatique » incarnée par la base de données en utilisant des « touches de fonction » qui permettent de ne pas demander à l'utilisateur de maîtriser un langage d'interrogation particulier.

Comme François Poulle l'a réalisé de manière séminale en étudiant les guides imprimés destinés aux minitelistes¹³¹ au sein desquels il est possible d'explorer l'idée préconçue de l'utilisateur élaborée par le rédacteur, l'exploration du premier âge de la conception du régime d'interaction de l'Annuaire Electronique permet d'entrer dans la boîte noire de la conception, d'en délimiter les attentes (ce qu'il sera possible de faire) et les moyens (comment il faudra le faire), c'est-à-dire de comprendre comment s'établit la communication à distance à la fois dans le temps et l'espace entre concepteur et utilisateur au travers des affordances du dispositif.

A. Donner à voir : l'écran du terminal Annuaire Electronique

Alors que l'utilisation de la télévision comme écran de visualisation se maintient un temps à Vélizy¹³², le cahier des charges de l'Annuaire Electronique prévoit dès

¹³¹ POULLE François, Quelles idées les rédacteurs des « guides pratiques pour minitel » se font-ils des usages et des usagers ?, in *Etudes de Communication*, n°12, 1991, p. 81-94.

¹³² BERNARD Alain, *Proposition de cahier des charges rédigé par le CNET concernant deux types de terminaux pour Vélizy*, 13 janvier 1978 (Archives CCETT Rennes, Boite 590-1).

l'origine la fourniture de terminaux « intégrés¹³³ ». L'écran et sa lisibilité, mais également le « form factor » du terminal dans son ensemble constituent les points nodaux de l'anticipation des usages avant l'ouverture des premières expérimentations. À cette occasion, l'ergonomie est convoquée pour éclairer spécifiquement les contraintes physiologiques d'utilisation d'un terminal écran-clavier qu'elle a commencé à étudier, sans pouvoir donner son avis sur l'établissement des dialogues qui restent du ressort du CCETT.

Autre acteur important de cet établissement des premières formes de dialogues, l'Office d'Annonces, régie publicitaire de l'Annuaire Electronique où Daniel Sainthorant¹³⁴, responsable du développement, saisit dès 1977 l'importance de ce nouveau support pour la future présentation des publicités lorsqu'il prend connaissance du projet Prestel. Avec Hervé Brunette¹³⁵ ils développent au début de l'année 1978 les premières tentatives de transposition des informations de l'annuaire papier sur écran.

1. Un écran en cours de définition

Un écran de taille variable

Avant Saint-Malo, l'Annuaire Electronique est encore marqué par une instabilité forte de son régime d'interaction, notamment pour ce qui relève de son *form factor*¹³⁶.

En 1979, on envisage encore de doter les terminaux d'écrans cathodiques de 7 ou de 9 pouces :

¹³³ *Cahier des charges de l'Annuaire Electronique*, novembre 1979 (Archives CCETT Rennes, Boite n° 356/5 Documents divers / 79-84).

¹³⁴ Daniel Sainthorant est diplômé d'HEC, il travaille en agence de publicité dès la fin des années 1960, notamment Publicis, avant d'entrer à l'Office d'Annonce. Recruté par Claude Marin, ancien d'HEC également et ex-patron de la régie publicitaire de RTL, Daniel Sainthorant fait partie de la jeune garde recrutée par Marin pour changer la « culture boutiquière » de l'ODA et envisager de nouvelles pistes de développement (Thierry, 2012, #76222).

¹³⁵ Comme Daniel Sainthorant, Hervé Brunette est diplômé d'HEC (1979) et a travaillé dans la publicité. Durant sa dernière année d'école, il contribue à la mise en place des premières pages interactives qui transposent les données de l'annuaire imprimé à l'écran.

¹³⁶ TOUZALIN Jean-Claude, *Le Minitel. Rapport technique du CCETT*, 1990 (Archives Historiques de France Télécom, Boite 95030/01).

« Il s'agit du problème général de présentation d'une quantité quelconque d'informations alphanumériques sur un écran de petite dimension et de capacités en symboles réduits. Ce problème a bien sûr été étudié dans le cas de terminaux informatiques d'usage général¹³⁷. »

Durant la réunion du 7 septembre 1979, Francis Kretz, représentant du département Analyse de l'image du CCETT, rappelle que c'est à la Direction des Affaires Commerciales (Dac) d'arbitrer entre les différentes tailles possibles d'écran et qu'ensuite seulement le CCETT pourra lancer des études sur la taille du spot et la bande passante, la qualité globale de l'image ainsi que la luminance et le contraste¹³⁸. À cette date, la fourchette envisagée pour la taille de l'écran varie de 6,5 à 9 pouces. La Dac ne souhaite pas encore prendre de décision à cette date considérant qu'elle n'a pas les éléments pour juger en toute connaissance de cause. Les manufacturiers fournissent alors des prototypes dans les deux tailles.

Normes d'affichage

En matière de normes d'affichage, ce sont essentiellement les contraintes de coûts qui gouvernent les possibilités offertes. En effet, l'Annuaire Electronique doit conserver un coût de production en grande série sous la barre des 500 francs¹³⁹ ce qui impose des composants bon marché et surtout une quantité de ram limitée pour le circuit graphique :

« La conception du Minitel tient compte encore des premières études sur le vidéotex, époque où les boîtiers RAM étaient encore très coûteux. C'est la raison pour laquelle les Anglais, puis les Français, ont adopté une architecture de terminaux vidéotex appelée « mosaïque » ou « textuel » ou

¹³⁷ Note CCETT intitulée *Les échanges usagers-services. Les dialogues et les transmissions*, 12 avril 1979 (Archives CCETT Rennes, Boite n° 356/1 Documents divers / 79-84).

¹³⁸ *Compte-rendu de la réunion du 7 septembre 1979 sur l'écran du terminal annuaire électronique*, 1979 (Archives CCETT Rennes, Boite n° 356/1 Documents divers / 79-84).

¹³⁹ Deux cents francs dans le rapport initial d'Alain Bernard, 250 francs au début 1979 et finalement 500 francs après concertation avec des industriels déjà acculés à une optimisation sans précédent pour un *Dumb terminal* à écran cathodique (THIERRY Benjamin, *Entretien avec Jean-Paul Maury* (24 février 2009)).

encore « à cellules ». Tous ces termes étant équivalents. Ce choix minimise l'utilisation de la mémoire RAM¹⁴⁰. »

Le Terminal Annuaire Electronique (TAE) repose sur un écran divisé en cellules (40x25, soit 1000 cellules), chacune pouvant faire fluctuer sa caractéristique affichée (couleur, caractère à afficher, etc...). Cette technique est productrice de textes et d'images qui sont jugés de qualité médiocre. Les images y sont notamment définies par un jeu de caractères que l'on nomme « jeu semi-graphique » et qui ne comporte que 64 caractères de base. Les images sont alors limitées à une résolution de 80x75 et de 24x40 caractères¹⁴¹. Les différents caractères que l'on peut afficher sont contenus dans le terminal. On parle alors « d'alphabets classiques ». Toute la difficulté réside dans le fait qu'un accroissement des possibilités graphiques est alors synonyme d'envolée des coûts puisqu'il faut stocker les nouveaux caractères dans la mémoire de la machine et donc l'étendre. Il n'est donc pas envisageable d'utiliser une technologie bitmap¹⁴² comme celle que l'on voit se populariser ensuite dans les années 1980 et 1990 sur les micro-ordinateurs et qui demanderait beaucoup plus de Ram et de puissance de calcul :

« Pour d'autres types de terminaux, les caractéristiques d'affichage concernent chaque point élémentaire de l'écran. Ces terminaux appelés « bitmap » exigent d'importants volumes de mémoire, mais ils permettent de représenter des images plus complexes de types géométriques voire photographiques¹⁴³. »

Pour proposer des capacités d'affichage supérieures sans augmenter les contraintes matérielles, Bernard Marti met au point des « alphabets dynamiques » qui comptent des caractères que l'on n'a pas besoin de stocker dans le terminal, mais que l'on peut transmettre avec les pages que l'on veut afficher. Ils sont alors stockés temporairement

¹⁴⁰ TOUZALIN Jean-Claude, *Le Minitel. Rapport technique du CCETT*, 1990 (Archives Historiques de France Télécom, Boîte 95030/01).

¹⁴¹ MARTI Bernard & LAMBERT Olivier, Antiope and DRCS, in *IEEE Consumer Electronics*, vol. 3, n°26, 1980, p. 600-604.

¹⁴² *Brouillon CCETT en vue du colloque Vidéographie (Feuillets anonymes dactylographiés)*, 1980 (Archives Historiques de France Télécom, Boîte 99026/05).

¹⁴³ TOUZALIN Jean-Claude, *Le Minitel. Rapport technique du CCETT*, 1990 (Archives Historiques de France Télécom, Boîte 95030/01).

dans la mémoire vive et remplacés par d'autres quand le besoin s'en fait sentir selon les contenus. Ils permettent l'affichage de dessins ou de logos. Le problème majeur de ces alphabets « mous » réside dans la standardisation car plusieurs normes de tailles coexistent : 8 par 10, 10 par 12, etc. En outre, la production de pages est plus complexe et nécessite des claviers spéciaux ainsi que des banques de formes¹⁴⁴.

Pour l'affichage, c'est essentiellement le processeur-écran, qui contrôle ce qui s'affiche, et la Ram vidéo, qui contient le descriptif de l'image, qui sont sollicités :

« L'architecture d'un terminal doit aussi tenir compte du générateur de caractères. Celui-ci peut-être externe au processeur de visualisation ou interne. Lorsqu'il est externe, s'il peut être contenu dans une RAM qui est remplie par le microprocesseur et lue par le processeur de visualisation, ce dernier offre alors la fonction d'alphabet redéfinissable appelée encore « alphabet mou » (DRCS en anglais). Il existe des processeurs de visualisation possédant, à la fois, un générateur de caractères interne et une possibilité d'alphabet mou¹⁴⁵. »

Les normes Antiope successives, les alphabets mous et la taille de l'écran constituent des contraintes initiales qui ne sont pas remises en cause après leur définition. Le pilotage du projet par l'équipe Annuaire Electronique sous la houlette de Jean-Paul Maury est la garantie que les contraintes de coûts fixées par la Direction des Affaires Industrielles et Internationales en collaboration avec la Direction des Affaires Commerciales ne seront pas dépassées.

Zones de l'écran

Les capacités d'affichage permises par la norme Antiope sont prévues pour prendre place au sein d'un écran divisé en quatre zones distinctes de haut en bas¹⁴⁶. La

¹⁴⁴ Brouillon CCETT en vue du colloque Vidéographie (Feuillets anonymes dactylographiés), 1980 (Archives Historiques de France Télécom, Boîte 99026/05).

¹⁴⁵ MARTI Bernard, L'évolution de la vidéographie, in *L'écho des recherches*, n°117, 3ème trimestre 1984, p. 49-56.

¹⁴⁶ Figure 8. Répartition des zones de l'écran de l'Annuaire Electronique.

première, nommée « P0 » dans le cahier des charges de l'Annuaire Electronique¹⁴⁷ est considérée comme une zone protégée qui sert à visualiser de manière permanente les informations sur la communication en cours. La deuxième zone, « P1 », est également une zone protégée qui sert à afficher la question en cours, les réponses du système et les guides éventuels de saisie pour l'utilisateur. Une troisième zone, « P2 », est la zone de saisie. Elle contient à la fois une partie des libellés de consignes et les réponses fournies par l'utilisateur. Enfin, tout en bas de l'écran, « P3 » est à nouveau une zone protégée réservée aux messages qui ne sont pas sollicités par l'utilisateur. Le cahier des charges indique que ce sont la plupart du temps des indications sur l'état du système.

Il est frappant de constater qu'une organisation aussi précise de l'écran est fournie dès 1979 aux différents manufacturiers et encore plus frappant de constater qu'elle ne sera globalement pas remise en cause au cours de l'évolution de l'interface de l'annuaire électronique jusqu'à la stabilisation de son régime d'interactivité au cours de l'année 1982–1983.

2. Lisibilité et form factor

Une fois le choix arrêté sur la norme d'affichage vidéographique Antiope et les alphabets DRCS, les techniques d'affichage sur écran cathodique font l'objet d'un examen de leur lisibilité par Patrick Sallio du CCETT en 1978 et 1979. Avec les études sur la lisibilité commencent les multiples tests en laboratoire qui préparent l'expérimentation en vraie grandeur.

La lisibilité des écrans

Mesure objective, la lisibilité est quantifiée pendant des tests organisés en collaboration avec le laboratoire de Psychologie Expérimentale et Comparée de

¹⁴⁷ *Cahier des charges de l'Annuaire Electronique proposé par la CIT-Alcatel, 1979 (Archives CCETT Rennes, Boite 356-5).*

l'EPHE¹⁴⁸. Ils découlent des concepts américains de « legibility » (la lisibilité au niveau de la forme) et de « readability » (la lisibilité au niveau du sens ou du contenu¹⁴⁹)

Il s'agit donc de mettre au point une méthode tachistoscopique¹⁵⁰ pour explorer la notion de seuils d'identification des caractères alphanumériques utilisés. Les tests précédemment menés devaient permettre de quantifier la lisibilité de caractères présentés à des sujets sur une feuille de papier selon le temps mis pour les identifier. Sallio importe cette méthodologie et l'applique pour la première fois à un écran cathodique :

« La méthode retenue découle de la méthode tachistoscopique. Pour un stimulus donné, le sujet augmente lui-même la durée de présentation de 1 à 16 trames (seuil montant), jusqu'à ce qu'il identifie correctement (test individuel)¹⁵¹. »

Les sujets recrutés sont dix étudiants de l'EPHE ayant une vue de 10/10. On explique aux sujets qu'ils doivent déclencher l'apparition d'un mot de six lettres blanches sur fond noir au centre de l'écran en appuyant sur un bouton placé à côté d'eux. On leur signale que les mots sont sans signification (des « non-mots »), mais que l'on peut les prononcer et que c'est quand ils sont prononcés que l'on considère qu'ils sont reconnus et que le décompte commencé avec l'apparition du « non-mot » s'arrête. Le moniteur utilisé est un moniteur couleur de type shadowmask CTVM 2/50/RGB qui affiche des non-mots composés de caractères Antiope version 0 de 1978. Les résultats sont satisfaisants, même si certaines confusions sont engendrées par une typographie induisant des proximités de formes trop importantes entre certaines lettres :

¹⁴⁸ SALLIO Patrick, *Eléments de définition d'une méthode permettant la mesure de seuils d'identification des non-mots sur écran cathodique. Application à la mesure de seuils d'identification de non-mot blanc sur fond noir dans le graphisme Antiope (Rapport du CCETT CTN/NT/6/79)*, 1979 (Archives Historiques de France Télécom, Boite 99026/05).

¹⁴⁹ SALLIO Patrick, Evaluation de la qualité des images alphanumériques et graphiques produites dans les nouveaux services. Problèmes méthodologiques et analyse de quelques résultats obtenus, in *Bulletin de l'Idate*, n°13, 1983, p. 111-132.

¹⁵⁰ Mesure de la rapidité d'identification visuelle menée avec un tachistoscope, qui permet la présentation rapide (de l'ordre de la milliseconde) d'un stimulus à un seul hémichamp visuel à la fois. Cet équipement permet de contrôler finement les paramètres de la présentation visuelle des stimuli en temps et en intensité.

¹⁵¹ SALLIO Patrick, *Résultat de mesure d'identification sur écran de stimulus composés en alphabet Antiope*, 1980 (Archives Historiques de France Télécom, Boite 99026/05).

« On a trouvé que les majuscules sont mieux identifiées que les minuscules de manière non significative dans les cas des lettres petites et double taille. D'autre part, dans le cas des minuscules et des majuscules, ce sont les lettres D et T les mieux identifiées, puis les lettres H et L¹⁵². »

Arrêtée par normalisation internationale, les études ne peuvent pas amener à la modification des alphabets Antiope de 1978, mais servent à la définition de nouveaux caractères dans le cadre des « Dynamically Redefinable Character Sets » en cours d'élaboration :

« Les expériences se font sur un moniteur à écran cathodique. Le but étant de donner quelques spécifications pour les nouvelles matrices de caractères à mettre en place, notamment dans ce qui relève des « caractères mous » (DRCS)¹⁵³. »

Le form factor

À la fin de l'année 1979, alors que les réponses des manufacturiers commencent à affluer et à promouvoir plusieurs designs de terminaux assez différents les uns des autres, le Cnet fait appel à un cabinet spécialisé en ergonomie pour analyser les propositions obtenues et fait réaliser une somme de recommandations sur les dimensions « idéales » d'un terminal domestique¹⁵⁴. Encore une fois, l'écran est au cœur des préoccupations et s'affirme comme le centre de gravité du Terminal Annuaire Electronique aussi bien dans sa dimension matérielle, liée au « *form factor* » global de la machine, que dans sa dimension informationnelle, liée à sa capacité à mettre en scène l'information affichée.

¹⁵² Ibid.

¹⁵³ Ibid.

¹⁵⁴ BOUTIN Pierre, *Etude ergonomique 76.79.53 du Télétex de la société Bertin*, 1979 (Archives CCETT Rennes, Boite Etude Bertin Ergonomie).

Les recommandations de Bertin Ergonomie en matière de form factor

C'est auprès du département d'ergonomie de la société Bertin¹⁵⁵, fondé en 1978 par Pierre Boutin, ancien de l'équipe d'André Bisseret, que l'on s'adresse, le marché étant plutôt réduit en matière d'étude d'ergonomie des terminaux¹⁵⁶.

Après plusieurs années passées dans l'équipe de l'Iria et ses études sur la Navigation Aérienne, Pierre Boutin a décidé de quitter Rocquencourt car il ne souhaite pas continuer la recherche et faire une thèse de doctorat¹⁵⁷. La société Bertin cherche alors à développer son activité de conseil dans le domaine des facteurs humains et la place sous la direction de l'ergonome qui prend la tête d'une petite équipe de cinq personnes¹⁵⁸. Habitué des interventions courtes sollicitées par des organismes publics ou privés¹⁵⁹, Pierre Boutin accepte de passer en revue les caractéristiques du terminal annuaire¹⁶⁰ en 1979.

Dans son rapport conclusif, Pierre Boutin reprend à son compte les premières études sur la lisibilité des caractères et lie ce facteur à la taille de l'écran :

« Les deux principaux chapitres sont consacrés aux caractéristiques dimensionnelles des appareils et aux caractéristiques physiques des informations. On verra d'ailleurs que ces deux chapitres ne sont pas

¹⁵⁵ *Bulletin de liaison de la recherche en informatique et automatique n°85 spécial ergonomie*, 1983 (Inria Rocquencourt, Armoire 9).

¹⁵⁶ « A part Bisseret et Bertin, il n'y avait personne en 1979 en France pour faire une évaluation ergonomique de services un peu nouveaux. » (THIERRY Benjamin, *Entretien avec Jean Bellec* (21 janvier 2009)). Déjà en 1972, Maurice de Montmollin notait ce sous-développement du secteur privé en matière d'ergonomie : « Une ou deux sociétés de consultants seulement offrent leurs services dans ce domaine. » (DE MONTMOLLIN Maurice, *Les Psychopitres. Une autocritique de la psychologie industrielle*, Presses Universitaires de France, Paris, 1972, 158 p.).

¹⁵⁷ THIERRY Benjamin, *Entretien avec Suzanne Sébillotte* (mai 2002)

¹⁵⁸ *Bulletin de la Self n°135 Septembre*, 2004 (Archives de la Self, Boîte 286J44).

¹⁵⁹ Dans des champs très proches de ceux explorés par André Bisseret comme le nucléaire, les transports ou les industries de transformation.

¹⁶⁰ *Ibid.*

indépendants, la taille optimale de l'écran étant par exemple définie à partir de la taille optimale des lettres à l'écran¹⁶¹. »

D'autre part, il inscrit sa réflexion dans la généalogie technologique française des dispositifs à écran en faisant référence systématiquement aux machines à traitement de texte qui sont pour lui des références incontournables. C'est sur la base de ces études, notamment anglo-saxonnes, qu'il formule une suite de recommandations sur les dimensions minimales à faire adopter au terminal¹⁶² et ensuite aux caractères affichés¹⁶³ pour que le rapport entre les deux assure la lisibilité de l'ensemble, qui repose en premier lieu sur le respect d'une distance minimale entre l'opérateur et l'écran pour éviter la fatigue oculaire. Facteur qui reste, du côté des acteurs de l'amélioration des conditions de travail, la principale préoccupation face à la multiplication des écrans interactifs à la fin des années 1970.

Pierre Boutin fixe la distance idéale entre l'œil et l'écran à 65 cm au minimum. Il cite l'une des rares études francophones réalisées sur le sujet par Georges Hermans¹⁶⁴ du Cresept¹⁶⁵, qui rappelle les dangers de la lecture prolongée sur écran cathodique :

¹⁶¹ BOUTIN Pierre, *Etude ergonomique du Télétex (phase 1)*, 15 janvier 1980 (Archives CCETT Rennes, Boite Etude Bertin Ergonomie) p. 2.

¹⁶² Distance de vision : 50 à 70 cm de l'opérateur.

Largeur de l'écran : 270-370 mm

Hauteur : 170-240 mm

Dimension du clavier : 42 cm maximum

(Ibid.).

¹⁶³ Majuscules 4 mm

Largeur 2/3

Epaisseur 1/6

Minuscules 2/3 des majuscules

Largeur 4/9 de leur hauteur

Epaisseur 1/9 de leur hauteur

Espacement de deux caractères : 1/2 de la hauteur (maj.)

Espacement de deux mots 2/3 de hauteur (maj.)

Espacement entre deux lignes 0,5 à 1 hauteur (maj.)

Densité de caractères par ligne 80

24 lignes à l'écran

Matrice au moins de 7x9

Contraste de 100% privilégié en évitant le scintillement

(Ibid.).

¹⁶⁴ HERMANS Georges, *Normes et suggestion médicales pour le travail aux écrans de visualisation. Rapport présenté au CRESEPT*, septembre 1978 (CRESEPT, Bruxelles).

« *Cependant, on peut proposer une distance de vision de plus ou moins 65 cm, mais de toute façon comprise entre 50 et 70 cm, car elle laisse une bonne zone de manipulation devant l'écran sans provoquer de fatigue du globe oculaire*¹⁶⁶. »

L'autre danger souligné par Boutin est la posture suggérée à l'opérateur par la position du clavier et de l'écran ce qui peut conduire à des troubles musculo-squelettiques. L'alignement des deux éléments est largement recommandé par la littérature autorisée ce qui valide l'hypothèse de « l'intégré » sans en faire un passage obligé car, pour Hermans¹⁶⁷ par exemple, il est possible que le clavier soit mobile et indépendant de l'écran du moment qu'il est aligné avec lui. Boutin rappelle au passage que l'on doit également pouvoir appuyer ses bras et ses coudes de part et d'autre du terminal - ce qui limite sa taille à 42 cm de large - et incliner l'écran vers le haut de 7 à 9°.

Enfin, toujours dans l'optique de favoriser la lisibilité, Pierre Boutin établit un lien entre la hauteur des caractères et la capacité de l'utilisateur à les identifier. La distance entre eux étant un facteur secondaire selon lui. Il remarque qu'aucune étude n'a pris en considération l'influence de la densité des caractères sur la performance de lecture des opérateurs, mais que cette densité doit forcément être en relation avec la tâche et influencer sur sa réussite. Quand au nombre de symboles à employer dans la « syntaxe technique », expression désignant dans le vocabulaire de l'ergonome de Bertin le « dialogue », il est discuté : Ron Easterby¹⁶⁸ préconise une limitation à 7 ou 9 et Grether¹⁶⁹ à 15.

¹⁶⁵ Centre de Recherche et d'Études sur la Sécurité, l'Ergonomie et la Promotion des conditions de Travail, fondé en 1976 par des médecins du travail wallons et des ergonomes de l'Université libre de Bruxelles, centre névralgique du développement de l'ergonomie belge.

D'autres acteurs ont exploré cette question de la fatigue oculaire et de la distance à maintenir entre l'œil de l'opérateur et l'écran cathodique. IBM s'est par exemple préoccupé en interne assez précocement de ses travailleurs et de leur relation à l'écran et en a tiré une somme de recommandations largement utilisée à la fin des années 1970 (IBM, *Human factors of workstations with display terminals*, 1977 (Archives CCETT Rennes, Boîte Etude Bertin Ergonomie)).

¹⁶⁶ BOUTIN Pierre, *Etude ergonomique du Télétex (phase 1)*, 15 janvier 1980 (Archives CCETT Rennes, Boîte Etude Bertin Ergonomie) p. 11.

¹⁶⁷ HERMANS Georges, *Normes et suggestion médicales pour le travail aux écrans de visualisation. Rapport présenté au CRESEPT*, septembre 1978 (CRESEPT, Bruxelles).

¹⁶⁸ EASTERBY Ron, The Perception of Symbols for Machine Displays, in *Ergonomics*, vol. 13, n°1, Janvier 1970, p. 149-158.

3. L'irruption de la question de la métaphore

Dans son rapport de 1980, Pierre Boutin ne se limite pas aux aspects physiologiques de l'activité de lecture sur écran, mais souligne également la relation entre la taille de ce dernier et la compréhension des informations par l'opérateur :

« Aucune étude ergonomique n'a directement traité de l'influence de la taille de l'écran. On ne trouve dans la littérature que des recommandations extraites d'analyses sur les zones de manipulation, la taille des caractères, les informations à présenter, la structure des messages¹⁷⁰. »

Pour lui, la faiblesse du nombre des caractères affichés, 24, limite forcément la compréhension et la richesse informationnelle potentielle. La question de la reproduction d'une page format A4 est posée et réactive la traditionnelle question de l'appui ou non sur le réel pour structurer l'information sous forme électronique :

« On peut envisager une présentation du texte qui permette de reproduire une représentation isomorphe d'un groupe de lignes d'une page dactylographiée. Une telle représentation sur l'écran a l'avantage d'offrir la même structuration de l'espace qu'une feuille de papier classique ; cette isomorphie facilitera la recherche visuelle sur l'écran et minimisera ipso facto le nombre d'erreurs¹⁷¹. »

En effet, dès la fin des années 1960, la question de l'isomorphisme des informations numérisées et de leur rapport avec les objets-références divisent la communauté des psychologues, notamment aux Etats-Unis. Les tenants de la reproduction sur écran d'une logique héritée du papier dominant dans le sillage de Robert Miller et de son article précurseur de 1968 intitulé « Response time in man-computer conversational

¹⁶⁹ Dans VAN COTT Harold & KINKADE Robert, *Human Engineering Guide to Equipment Design*, American Institute for Research, Washington D.C., 1972, 752 p.

¹⁷⁰ BOUTIN Pierre, *Etude ergonomique du Télétex (phase 1)*, 15 janvier 1980 (Archives CCETT Rennes, Boite Etude Bertin Ergonomie) p. 12.

¹⁷¹ Ibid.

transactions¹⁷² » qui regrette notamment que les concepteurs d'interface ne tirent pas plus profit de la disposition spatiale des informations, élément déterminant de la logique de lecture traditionnelle. Posée dès 1979 pour le Terminal Annuaire Electronique, la question de la métaphore structure les réflexions autour des modes de présentation de l'information et n'attend pas les interfaces graphiques pour se poser. Dans le cadre de la télématique, ce sont les procédures, c'est-à-dire l'organisation de l'information plus que sa présentation « graphique » qui est limitée par les normes d'affichage utilisées (nous verrons notamment l'importance de la conservation de la division entre « pages jaunes » et « pages blanches » sur l'annuaire électronique) qui initient cette réflexion, entre reproduction du réel et invention d'un nouvel espace pour l'information.

B. Permettre d'agir : les dialogues homme-opérateur

Une fois que l'on s'est assuré de la lisibilité et que le processus d'encadrement du « form factor » est initié, bien que ce dernier attende les premières expérimentations pour être définitivement fixé, le second chantier de l'anticipation des usages et de l'établissement de ses modalités est la mise en place des dialogues.

Sous le terme de « dialogue », les chercheurs du CCETT et du Cnet entendent l'ensemble des consignes, réponses et types de présentations de l'information fournis par le système. Initiée dès la fin 1978, l'étude des dialogues associe une pluralité d'acteurs à l'image de l'Office d'Annonces, des agences de communication et des instituts de sondages¹⁷³, indispensables pour suppléer les chercheurs du CCETT qui ne sont pas en nombre suffisant pour mener de front toutes les enquêtes.

¹⁷² MILLER Robert, Response time in man-computer conversational transactions, in *Actes de l'IFIP Computer conference*, vol. 33, 1968, p. 267-277.

¹⁷³ Videotex. *Bimensuel d'actualité des systèmes vidéographiques n°20 23 novembre 1981*, 1981 (Archives Nationales, 1984 0665 04).

1. Un dialogue « naturel » et « conversationnel »

Base de données à vocation grand public, l'Annuaire Electronique pour être utilisé comme tel suppose la mise en place d'une interface dont l'organisation doit permettre un dialogue avec l'utilisateur. L'unité élémentaire de ce dialogue est la page qui présente une unité d'organisation propre et permet le passage vers d'autres pages au moyen des touches de fonctions ou de champs d'informations remplis par l'utilisateur.

La compréhension des pages et de la structure qui les unit définit la capacité de l'utilisateur à entretenir un dialogue avec le système. C'est sur ces deux éléments que porte l'essentiel du travail de conception de l'interface de l'Annuaire Electronique dont l'objectif est d'être « naturel » aux yeux de l'utilisateur, qualité floue qui englobe la facilité d'usage et son caractère évident, c'est-à-dire ne nécessitant pas d'apprentissage spécifique :

« Le terminal Vidéotex mis à la disposition de l'utilisateur doit être d'une manipulation aisée et le dialogue d'interrogation du service aussi « naturel » que possible¹⁷⁴. »

La facilité d'usage se définit essentiellement dans l'esprit des chercheurs du CCETT par opposition avec le fonctionnement des langages informatiques qui imposent l'apprentissage d'une syntaxe particulière et de logiques que le grand public n'est pas à même de maîtriser et de souhaiter maîtriser :

« Malgré sa complexité interne, il doit se présenter à l'utilisateur en langage naturel et ne faire appel en aucun cas un langage informatique spécialisé¹⁷⁵. »

¹⁷⁴ MAURY Jean-Pierre & LECLERCQ Daniel, L'expérience annuaire électronique en Ille-et-Vilaine, in *Actes des 4èmes journées internationales de l'Idate*, n°9, 1982, p. 74-83.

¹⁷⁵ *Cahier des charges de l'Annuaire Electronique*, novembre 1979 (Archives CCETT Rennes, Boite n° 356/5 Documents divers / 79-84).

L'aspect « naturel » du dialogue s'entend quant à lui comme une reproduction la plus fidèle possible d'un dialogue homme-homme dont le modèle idéal pour les chercheurs du CCETT est la conversation avec l'opératrice du 12.

« L'annuaire électronique comme tous les systèmes interactifs se caractérisent par un dialogue entre l'utilisateur le service, tels qu'il en existe aujourd'hui dans les services faisant appel à un opérateur. Les fonctions assurées par celui-ci sont successivement :
la connexion au service,
la réception de la demande de l'utilisateur,
l'aide à la formulation de cette demande, jusqu'à ce que le type des arguments soient spécifiés¹⁷⁶. »

Ces objectifs, présupposés bruts, de ce qui fait un dialogue à la fois acceptable et utilisable par le grand public orientent les réalisations de pages-écrans de test dès 1979.

Types de dialogues

Le CCETT définit deux groupes principaux de dialogues. Le premier d'entre eux est indépendant du service annuaire en lui-même puisqu'il concerne la mise en œuvre élémentaire du terminal. Il s'agit de la connexion ou de la déconnexion, de l'annulation du dernier caractère, de l'arrêt de la transmission d'une page ou encore de la validation d'informations tapées. Il est mentionné explicitement qu'il est essentiel que le nombre de ses possibilités soit faible puisque l'utilisateur doit retenir ces commandes qui ne sont pas suggérées par le service lui-même, mais essentiellement par la dénomination des touches.

Le second type de dialogue concerne la saisie des données et dépend étroitement du type de service ainsi que de l'exploitation – la mise en scène - des capacités graphiques du terminal¹⁷⁷. Six catégories de dialogues sont définies a priori comme envisageables :

¹⁷⁶ Ibid.

¹⁷⁷ Note CCETT intitulée *Les échanges usagers-services. Les dialogues et les transmissions*, 12 avril 1979 (Archives CCETT Rennes, Boite n° 356/1 Documents divers / 79-84)

les dialogues non dirigés non conversationnels, dirigés non conversationnels, non dirigés conversationnels, dirigés conversationnels ou accélérés et arborescents¹⁷⁸.

Le dialogue non dirigé non conversationnel ou dialogue libre repose sur la présence de touches spécialisées telles que nom, prénom, rues, profession, département, qualité, établissements, domaine d'activité. L'utilisateur est sensé composer sa question dans l'ordre des arguments qu'il souhaite et valider sa demande en enfonçant la touche de soumission de la requête¹⁷⁹.

Le dialogue dirigé non conversationnel ou « dialogue formulaire » diffère en ce qu'il fournit sur l'écran les intitulés d'arguments à utiliser pour composer la demande et s'apparente à une liste de questions posées par le système. Ce dernier peut automatiquement s'orienter vers une recherche sur un corpus d'informations professionnelles ou alphabétiques, inspiré du dialogue expérimenté à Albany par AT&T¹⁸⁰ et de la structuration de l'annuaire papier¹⁸¹.

Le dialogue non dirigé conversationnel ou « dialogue opératrice du 12 » est analogue au dialogue non dirigé non conversationnel ou dialogue libre, mais à chaque

¹⁷⁸ Ibid.

¹⁷⁹ Ibid.

¹⁸⁰ « Although the British viewdata system used a system of simple block mosaics for graphics, AT&T and VCA were convinced that much fancier graphics and color were essential to make the system user-friendly and entertaining. Hence, Viewtron used a more complex and flexible graphics system, called NAPLPS (for North American Presentation Level Protocol Standard). This costly and complex system greatly added to the cost of terminal and also to the complexity of the database. Later, when teletext was considered for north America, NAPLPS was proposed, and its cost and complexity undoubtedly are a factor in why the United States still does not have any teletext service [...] AT&T published telephone books and thus had a keen interest in electronic directories and electronic classified advertising, known as electronic yellow pages. In 1979, AT&T conducted a trial in Albany, NY of such an electronic information service, called EIS-I. A total of 75 homes and 8 businesses participated in the trial. White pages were accessed 40 percent of the time by residential participants and 60 percent by businesses. Yellow pages were accessed 19 percent of the time by residential participants and only six percent by businesses. The AT&T directory organization was excited by the prospects for its electronic information service, but impatience and greed later killed this opportunity, as we shall see in a later chapter. » (NOLL A. Michael, *Highway of dreams : a critical view along the information superhighway*, L. Erlbaum, Mahwah, 1997, 236 p.).

Une autre expérience de télématique est lancée dans la banlieue de Miami en juillet 1980. Elle associe Southern Bell et Viewdata Corporation of America qui a investi 1,3 millions de dollars dans le système. 12000 pages d'informations sont accessibles 18 heures par jour (*Videotex. Bimensuel d'actualité des systèmes vidéographiques n°2 31 octobre 1980*, 1980 (Archives Nationales, 1984 0665 04)) dans ce cadre. Moins connue que l'expérience d'Albany, elle sera également un échec.

¹⁸¹ Note CCETT intitulée *Les échanges usagers-services. Les dialogues et les transmissions*, 12 avril 1979 (Archives CCETT Rennes, Boite n° 356/1 Documents divers / 79-84).

argument entré par l'utilisateur, le système fait une analyse et demande immédiatement des compléments d'information si nécessaire. C'est une forme de dialogue qui s'inspire directement de la communication homme-homme pour reprendre une formulation ergonomique.

Le dialogue dirigé conversationnel ou « dialogue dirigé » est un type de dialogue où l'aide à l'opérateur est maximale. Il est guidé par les questions successivement posées par le système et lorsqu'il y a une ambiguïté, le système demande immédiatement des informations supplémentaires ou confirme la validité de l'information analysée. Le système doit également être capable de corriger les fautes d'orthographe de l'utilisateur¹⁸².

Au sein de ces différents types de dialogues, il est admis en 1979 qu'il faut nécessairement faire adopter par le service annuaire deux types de dialogue pour satisfaire les utilisateurs qualifiés de débutants ou d'occasionnels et les utilisateurs avertis. Pour ces derniers, le dialogue accéléré est considéré comme indispensable :

« Ce dialogue s'adresse aux personnes très habituées aux services ou qui ont à formuler une demande simple sans aucune ambiguïté dans le renseignement¹⁸³. »

C'est notamment pour offrir un dialogue « accéléré » que Philippe Leclercq¹⁸⁴, dans une note transmise à Jacques Tétard en octobre 1979, s'inspire de Prestel en proposant un accès aux services par numéro ou par mnémonique, c'est-à-dire une « appellation alphabétique » en général composée des trois premières lettres du service considéré¹⁸⁵. Cette possibilité est décrite comme particulièrement adaptée aux utilisateurs qui souhaitent consulter un service qu'ils connaissent déjà.

Enfin, le dialogue arborescent est utilisé lorsqu'il y a un choix à faire dans une liste. Les limitations à considérer sont la longueur des listes rendue possible par la

¹⁸² Ibid.

¹⁸³ Ibid.

¹⁸⁴ Chef de projet de Télétel 3V.

¹⁸⁵ LECLERCQ Philippe, *Note adressée à Jacques Tétard sur la configuration de l'accès aux services Prestel*, 8 septembre 1979 (Archives CCETT Rennes, Boite 590-1).

résolution de l'écran (24 lignes) et l'aspect fastidieux de la progression dans une liste pourvue de plus d'une dizaine de choix¹⁸⁶.

Premiers tests de dialogues

Autour de cette structure sont mis en place en 1979 et au début de l'année 1980 des tests en laboratoire pour élaborer la forme définitive des dialogues.

La première étape de définition et de test des dialogues se déroule en 1979 sous l'égide du CCETT¹⁸⁷ sous la direction de François Oguet. Divisée en deux phases successives, elle commence par une « phase 0 » qui a comme objectif de tester la logique du « dialogue complet » avant sa programmation définitive. Des cartons représentent les étapes du « dialogue complet », dérivé du « dialogue formulaire ». Ces cartons écrans sont présentés à 35 personnes et donnent lieu à la réalisation de six situations de recherche différentes. On teste trois types de dialogue dans ce cadre : un dialogue dirigé, un dialogue semi dirigé, un dialogue accéléré. Cette phase d'exploration doit permettre d'établir une méthode d'évaluation par questionnaire, mais également des résultats sur la compréhension des dialogues ainsi que sur la compréhension du clavier des différents manufacturiers. La société TMO West participe aux côtés du CCETT à mener à bien les questionnaires grâce à ses enquêteurs.

L'Office d'annonces effectue en parallèle des recherches qualitatives sur les dialogues de recherche de professionnels et utilise pour cela son ordinateur Intertechnique Realite 20 avec une sortie écran noir et blanc qui simule les écrans de l'annuaire¹⁸⁸. Elle réalise pour les besoins du test des fichiers de coordonnées des professions suivantes : automobile, hôtels, restaurants¹⁸⁹.

La « phase 1 » repose sur 120 personnes, recrutées au sein du CCETT et par petites annonces, pour évaluer les dialogues et les réponses du système à l'aide d'un programme

¹⁸⁶ Note CCETT intitulée *Les échanges usagers-services. Les dialogues et les transmissions*, 12 avril 1979 (Archives CCETT Rennes, Boîte n° 356/1 Documents divers / 79-84).

¹⁸⁷ *Compte-rendu de la réunion du 12 décembre 1979 sur les études de langage d'accès au service Annuaire Electronique*, 1979 (Archives CCETT Rennes, Boîte n° 356/1 Documents divers / 79-84).

¹⁸⁸ Figure 10. Page d'accueil à double choix .

¹⁸⁹ Ibid.

de simulation de dialogue de recherche alphabétique. À cette date, il n'y a pas de touches programmables définies et les tests ne concernent que les dialogues affichés sur l'écran¹⁹⁰.

2. Le poids des usages antérieurs

La recherche de particuliers et de professionnels

La définition des besoins de l'utilisateur dans le cahier des charges du CCETT en 1979 se lit à l'aune de pratiques préexistantes dans le cadre de l'utilisation de l'annuaire imprimé et des renseignements téléphonique. Le processus de mise en place du dialogue est une tentative d'informatisation du réel plutôt que de création d'un environnement nouveau, tirant pleinement partie des possibilités du terminal, mais coupé des références du public cible. Cette vision, défendue notamment par les télécommunications et la direction du projet, s'impose à ceux qui, comme Daniel Sainthorant, auraient préféré explorer les possibilités nouvelles offertes par le médias, jugée par trop aventureuse et innovante pour le grand public :

« La tendance naturelle est toujours de transposer ce qui existait avant. Alors que la bonne méthode est de faire un bond et de se dire « voilà le nouveau média, que peut-on faire avec ?¹⁹¹ »

S'appuyant sur les usages de l'annuaire imprimé, le cahier des charges de l'annuaire électronique distingue ainsi deux grands types de besoins différents. D'abord la recherche d'un abonné déjà connu. L'utilisateur est alors capable de fournir une partie des éléments qui permettent d'identifier son correspondant et il désire voir apparaître sur l'écran l'identification exacte de cet abonné ainsi que de « façon parasite » éventuellement, les abonnés qui pourraient satisfaire aux informations incomplètes qu'il a fournies. On parle dans ce cas de « recherche de partenaires connus ».

Le deuxième type de besoins est la recherche d'un service ou d'un produit. L'utilisateur n'est pas en mesure d'identifier le « partenaire commercial » pouvant le lui

¹⁹⁰ Ibid.

¹⁹¹ Thierry, 2012, #76222

fournir et recherche une liste d'abonnés (magasins ou autres) susceptibles de satisfaire sa recherche. Le cahier des charges parle alors de « recherche de professionnels¹⁹² ».

Le particulier est un professionnel comme les autres

Au sein de cette analyse des pratiques, une distinction importante est faite dès 1979 entre les types de recherches que l'utilisateur peut réaliser, mais également entre les usagers eux-mêmes. L'on prévoit ainsi de séparer les recherches réalisées par des professionnels sur d'autres professionnels des recherches réalisées par des particuliers sur les listes de professionnels.

Dans le premier cas on parle de « recherche professionnelle à usage professionnel » et dans le second, de « recherche professionnelle à usage domestique¹⁹³ ». Le but de cette séparation est discuté lors de la réunion du 7 juillet 1980, peu de temps avant l'ouverture de l'expérimentation de Saint Malo :

« L'intérêt de cette distinction est d'éviter d'afficher à l'abonné grand public une liste de professionnels (ou un choix de rubriques de la nomenclature) auquel il ne peut s'adresser¹⁹⁴. »

À cette occasion, les représentants de la Sesa et de l'Office d'Annonces font remarquer que ce fonctionnement risque de multiplier les codes d'accès et que certains professionnels doivent apparaître dans les deux catégories, ce qui risque de poser problème en termes de constitution de la base de données¹⁹⁵.

Le 28 juillet, Jean-Claude Marcovici illustre le cheminement complexe qu'induirait une double recherche de professionnels¹⁹⁶ sans s'y opposer pour autant. À cette occasion, la Dact rappelle qu'elle veut néanmoins éviter la situation où l'utilisateur doit

¹⁹² *Cahier des charges de l'Annuaire Electronique*, novembre 1979 (Archives CCETT Rennes, Boite n° 356/5 Documents divers / 79-84).

¹⁹³ Ibid.

¹⁹⁴ *Compte-rendu de la réunion Annuaire Electronique du 22 juillet 1980 organisée par la DAI*, 1980 (Archives CCETT Rennes, Boite n° 356/5 Documents divers / 79-84).

¹⁹⁵ Dont l'Office d'Annonce est responsable pour l'expérimentation de Saint-Malo.

¹⁹⁶ Figure 9. Propositions de Jean-Claude Marcovici pour séparer la recherche professionnelle de la recherche de particuliers dans l'Annuaire Electronique.

passer par un choix entre les deux services présentés de manière symétrique ce qui induirait probablement des confusions. Cette double recherche est donc abandonnée, le particulier est un professionnel comme les autres qui doit pouvoir avoir accès à tous les résultats de la recherche quitte à ce que cette dernière ne lui fournisse pas que des résultats utilisables (dans le cas des grossistes par exemple) et cela pour ne pas multiplier les codes d'accès et les types de recherche. Exemple d'arbitrage entre richesse fonctionnelle et justesse de l'information fournie qui montre que le centre d'équilibre des réflexions se situe clairement du côté de la facilité d'usage.

3. « Dessiner les dialogues »

En 1980, avant l'ouverture de l'expérimentation de Saint-Malo, les dialogues homme-annuaire ne sont pas encore stabilisés. Les archives du CCETT ont fait subsister les traces de ces tâtonnements sous une forme originale puisqu'elles contiennent encore quelques « cartons » destinés à simuler avec les premiers « cobayes » les itinéraires pris au sein des différents écrans de l'Annuaire Electronique pour leur proposer d'évaluer les termes employés et d'essayer d'apprécier un service qu'ils ne peuvent pas encore directement manipuler. Pour le CCETT, qui est chargé de la mise en forme de ces « pages » dont la plus importante d'entre toutes est la « page d'accueil » permettant à l'utilisateur de l'annuaire de commencer sa recherche¹⁹⁷, ces différents supports sont l'occasion de fixer un vocabulaire et des routines de mises en page ainsi que d'arbitrer entre les différentes solutions proposées, y compris par les partenaires extérieurs comme l'agence TMO West, chargée de proposer des « design d'écrans », ou l'Office d'Annonces traditionnellement impliquée dans la réalisation de l'annuaire imprimé¹⁹⁸ qui convoque son savoir-faire en matière de mise en page et de présentation des informations¹⁹⁹.

¹⁹⁷ *Compte-rendu de la réunion du 9 et 10 octobre 1979 sur l'avancement des aspects utilisateurs du dialogue de l'annuaire électronique*, 1979 (Archives CCETT Rennes, Boite n° 356/1 Documents divers / 79-84).

¹⁹⁸ *Compte-rendu de la réunion Annuaire Electronique du 12 juin 1980 organisée par la DAI*, 1980 (Archives CCETT Rennes, Boite n° 356/5 Documents divers / 79-84).

¹⁹⁹ Thierry, 2012, #76222

LA COMPOSITION DES PAGES, GEOGRAPHIE NOUVELLE DE L'INFORMATION SUR ECRAN

Limitées par la norme du vidéotex interactif, la composition des différentes pages est avant tout une question de répartition de l'information au sein d'un espace restreint. Au début de l'année 1980, cela conduit à la réalisation d'exemples composés au CCETT, dont le vocabulaire est encore largement en gestation²⁰⁰ : on hésite entre « Annuaire » et « Service annuaire », on fait apparaître le terme de « rubrique » qui désigne les marques, produits ou activités quand le « nom » fait référence au nom propre du particulier, de l'entreprise ou de l'administration. L'entrée dans la recherche est encore en cours d'élaboration également. À la solution nominative qui donne à l'identité de la personne ou du professionnel recherchés la prééminence²⁰¹ dans l'ordre des informations que doit fournir l'utilisateur, viennent s'ajouter les possibilités d'une recherche avant tout géographique²⁰².

LA NOTION DE CHAMPS

La conception réflexive²⁰³ de l'interface est également l'occasion de convertir la logique informatique de la base de données qu'est fondamentalement l'annuaire en informations présentées à l'écran. Informations dont la première qualité sera d'être compréhensibles par un utilisateur non-informaticien. Il s'agit donc de substituer au travers d'une interface un dialogue à un fonctionnement informatique, de faire se rencontrer deux logiques, celle de l'annuaire et celle de l'utilisateur.

C'est dans ce cadre qu'apparaissent deux objets profondément liés : le champ et la touche de fonction. Dans la base annuaire, le champ correspond à une information intégrée à une table sur laquelle il est possible de faire une recherche. Cela peut être par exemple un prénom ou un nom de famille, le nom d'une rue ou une activité professionnelle. Dans

²⁰⁰ Figure 26. Page d'accueil à double choix.

²⁰¹ Figure 27. Ecran de recherche alphabétique n°1.

²⁰² Figure 30. Ecran de recherche alphabétique n°4.

²⁰³ Terme toujours utilisé au sens que lui donne Thierry Bardini (BARDINI Thierry, *Changement et réseaux socio-techniques : de l'inscription à l'affordance*, in *Réseaux*, vol. 14, n°76, 1996, p. 125-155.).

l'interface, le champ devient un espace laissé vide que l'utilisateur doit remplir pour obtenir les informations qu'il ignore et qui sont contenues dans d'autres champs. Sachant a priori qu'il y a des garagistes à Saint-Malo, l'utilisateur remplit le champ « rubrique » avec le terme « garage » et la base de données lui fournit les informations contenues dans d'autres champs : noms, adresses et numéros de téléphone des garages de Saint-Malo.

Le champ est symbolisé à l'écran par une rangée de points auxquels se substituent les termes de la recherche tapée au clavier par l'utilisateur. Recherche qu'il faut confirmer, voire modifier ou annuler.

Pour ce faire, on peut bien entendu en passer par la rédaction de lignes de commandes et c'est ainsi que les concepteurs l'entendent, c'est-à-dire se représentent et interagissent eux-mêmes avec la base de données, mais il est impossible de demander à un utilisateur du grand public de faire de même. Aussi, il faut, de la même manière qu'on a créé une entité sur l'écran pour « représenter » le champ, créer une entité pour représenter à l'utilisateur les fonctions élémentaires dont il peut disposer pour exploiter l'annuaire. Ces entités sont les touches de fonction.

TOUCHES DE FONCTION

« Initialement destiné exclusivement au grand public pour lequel il devait remplacer totalement l'annuaire papier, le Minitel se devait d'être extrêmement simple d'emploi et de bien être associé à l'ergonomie mise en place pour le service annuaire électronique. Ces éléments ont conduit à imaginer des touches de fonctions dont le libellé pouvait être repris dans le dialogue et qui exprimait des actions évidentes pour l'utilisateur²⁰⁴. »

L'accord entre les touches de fonction et l'emploi de champs à l'écran ne va pourtant pas de soi. L'utilisation de touches de fonction est ancienne et largement

²⁰⁴ TOUZALIN Jean-Claude, *Le Minitel. Rapport technique du CCETT*, 1990 (Archives Historiques de France Télécom, Boite 95030/01).

répandue à la toute fin des années 1970²⁰⁵. L'idée principale de la touche de fonction, en comparaison avec la touche supportant un caractère est non pas de provoquer l'affichage d'un chiffre ou d'une lettre à l'écran, mais de faire produire au système une action sur le contenu représenté.

Dans sa version finale, mise en place à l'été 1980²⁰⁶, le clavier de l'annuaire électronique les utilise abondamment : ainsi, l'appui sur la touche « Suite » fait automatiquement passer d'un champ à l'autre à l'écran, quand la touche « envoi » soumet au système une requête composée des éléments produits par l'utilisateur (inscription d'un nom, d'une activité ou de tout autre information sur la page). Mais l'utilisation conjointe de la touche de fonction et des champs ne s'impose pas immédiatement et passe de la fin de 1979 au début du printemps 1980 par une longue phase de définition durant laquelle s'élabore le dialogue dans sa globalité.

En effet, début 1979, la DAII a demandé à l'équipe Annuaire Electronique que la liste des touches du clavier puisse être fixée pour la fin de l'année²⁰⁷, avant d'être utilisée pour les tests de dialogue en Ille-et-Vilaine à l'été. La liste des fonctions pressenties comme définitive doit être spécifiée aux différents constructeurs le 1^{er} mars 1980 pour qu'ils puissent fournir les prototypes nécessaires à l'expérimentation de Saint-Malo à temps. C'est le CCETT qui est chargé d'arrêter la liste et les dénominations de chaque touche en collaboration avec Dominique Lemaire de l'Office d'annonces. Avant la décision finale, des propositions sont faites par les manufacturiers et discutées par l'équipe Annuaire Electronique²⁰⁸ sous la direction de Jean-Claude Touzalin²⁰⁹.

²⁰⁵ Le Star de Xerox en fait une utilisation importante et les a disposées de manière à en faciliter l'usage en parallèle de la souris (BEAUDOIN-LAFON Michel, *Interaction instrumentale : de la manipulation directe à la réalité augmentée*, in *actes des neuvièmes journées sur l'Interaction Homme-Machine*, 1997, p. 97-104.).

²⁰⁶ Figure 20. Clavier retenu pour l'Annuaire Electronique et première disposition des touches.

²⁰⁷ *Compte-rendu de la réunion du 12 décembre 1979 sur les études de langage d'accès au service Annuaire Electronique*, 1979 (Archives CCETT Rennes, Boîte n° 356/1 Documents divers / 79-84).

²⁰⁸ Fonctionnement rappelé par Jean-Paul Maury lors de la réunion organisée par la DAII le 12 juin 1980 et tenue en présence des représentants de Cap-Sogetti, de la Sesa et des manufacturiers (*Compte-rendu de la réunion Annuaire Electronique du 12 juin 1980 organisée par la DAII*, 1980 (Archives CCETT Rennes, Boîte n° 356/5 Documents divers / 79-84)).

²⁰⁹ *Compte-rendu de la réunion du 12 décembre 1979 sur les études de langage d'accès au service Annuaire Electronique*, 1979 (Archives CCETT Rennes, Boîte n° 356/1 Documents divers / 79-84).

Chaque constructeur doit ensuite fournir six modèles avec un écran et un clavier réel selon le calendrier suivant : le 3 avril 1980, Telic, Thomson et TRT. Le 1^{er} juin 1980, Matra²¹⁰.

Le département d'ergonomie de Renault, le Seri²¹¹, est également mobilisé fin 1979 par la DAII pour conseiller l'équipe Annuaire sur les aspects d'adaptation au public des configurations proposées. Il note d'emblée l'effort fait par les manufacturiers sur l'ergonomie du clavier et la « recherche » en matière de disposition des touches sans que les critères du jugement ainsi porté ne soient clairement explicités :

« De leur côté les constructeurs ont fait des propositions, qui pour certains d'entre eux, montre qu'ils se sont appuyés sur des travaux ergonomiques pour construire leur clavier²¹². »

Durant cette phase d'exploration des possibles en matière de dialogue, la disposition et les rôles des différentes touches de fonction varient énormément d'un constructeur à l'autre. Matra, Téléc, RTC et Thomson répondent au cahier des charges dont les consignes liminaires portent essentiellement sur les contraintes techniques²¹³ et proposent leur propre vision de l'interaction homme-ordinateur dans le cadre de l'annuaire électronique.

Ainsi, dans sa première proposition²¹⁴ de clavier, alors que les dialogues ne sont pas encore confirmés dans leur forme définitive, Alcatel recommande une disposition de clavier qui induit une interaction originale avec la recherche de l'annuaire : l'utilisateur n'a pas affaire à un écran qui lui présente des champs à remplir, mais spécifie lui-même

²¹⁰ Ibid.

²¹¹ Société d'Etudes et de Réalisations Industrielles.

²¹² *Compte-rendu de la réunion du 9 et 10 octobre 1979 sur l'avancement des aspects utilisateurs du dialogue de l'annuaire électronique*, 1979 (Archives CCETT Rennes, Boite n° 356/1 Documents divers / 79-84).

²¹³ Jean-Claude Touzalin fixe deux conditions principales aux spécifications d'usage du clavier : supporter 10⁶ frappes par touche et être étanche. Pour y répondre, les constructeurs utilisent le rappel magnétique ou une nappe en élastomère (TOUZALIN Jean-Claude, *Le Minitel. Rapport technique du CCETT*, 1990 (Archives Historiques de France Télécom, Boite 95030/01)).

²¹⁴ *Cahier des charges de l'Annuaire Electronique proposé par la CIT-Alcatel*, 1979 (Archives CCETT Rennes, Boite 356-5).

les catégories de champs qu'il souhaite utiliser pendant la rédaction de sa requête. Pour ce faire, le clavier est pourvu de cinq touches qui permettent de les définir : département, localité ou groupement de localités, nom, rue, indications professionnelles, objet de la recherche, numéro de téléphone. Il est également possible de combiner les arguments entre eux avec une touche « / » à presser entre les différentes informations tapées. Ainsi, pour réaliser une recherche portant sur le numéro de téléphone du garage Durand à Saint-Malo, il devrait réaliser cet enchaînement : appuyer sur la touche « indications professionnelles », taper « garage », taper « / », appuyer sur la touche « nom », taper « Durand », taper « / », appuyer sur la touche « localité », taper « Saint Malo » et taper sur la touche de validation de la demande. De plus, une touche dite « logique », symbolisée par un blanc, est un joker utilisé soit pour désigner un mot tronqué lorsqu'il est utilisé en fin d'expression, soit pour désigner plusieurs caractères quelconques au sein d'un mot lorsqu'il est suivi d'un caractère significatif²¹⁵. Cette touche doit permettre au système de faire une recherche sur une orthographe approximative : DU+ « touche joker » donnant « Durand » ou « Dupont » comme réponses.

Proposition repoussée car relevant d'une adaptation de la logique de fonctionnement des langages informatiques et donc jugée peu adaptée à l'homme de la rue. On lui préfère la présence de « zones » à remplir au sein desquelles ce sont les touches de fonction qui permettent le déplacement et la validation.

Les différents schémas fournis dans les propositions faites par les constructeurs courant 1980 montrent clairement grâce aux dénominations des touches de fonction utilisées un dialogue en cours d'élaboration : la touche envoi n'a pas encore pris son nom définitif et est désignée par Matra sous le terme de « validation²¹⁶ », le constructeur a d'ailleurs laissé plusieurs touches vierges sur son schéma intégré à sa première proposition avant de les compléter au fur et à mesure des discussions de 1980 (« page précédente » et « page suivante » apparaissent dans la deuxième mouture du projet). Certains constructeurs comme RTC ou Téléc font une place à des schémas pour remplacer les

²¹⁵ Ibid.

²¹⁶ Figure 17. Proposition de clavier de Matra pour l'Annuaire Electronique.

dénominations et proposent par exemple des « icones » de loupe pour la recherche²¹⁷ ou une métaphorisation des fonctions à l'image de Téléc et de sa fonction « gomme²¹⁸ » pour l'effacement d'un champ.

C'est au début de 1980 que Francis Kretz commence l'harmonisation des touches du clavier. Opération de rationalisation, elle doit simplifier les options de dialogue, mais également proposer suffisamment de souplesse pour contenter tous les publics. Il recommande notamment pour passer d'un champ à un autre que la touche Suite soit intégrée au clavier et remplace la touche Validation par Envoi²¹⁹ qui ne doit servir qu'à valider une demande ou une question. Les erreurs de manipulation des touches de fonction sont un véritable problème aux yeux de Kretz qui pense que c'est dans leur mauvais fonctionnement que se trouvent les principales chausse-trappes de la communication homme-machine de l'Annuaire. Selon lui, il faudrait même que chaque page comprenne une liste exhaustive d'actions possibles de la part de l'utilisateur au travers des différentes touches de fonction proposées²²⁰. Mais cela entre en contradiction avec le fait que les pages sont lues par les usagers que très sommairement ce qui implique d'avoir recours à des présentations claires, qui comportent le minimum de texte affiché. Il faut également mettre en valeur les informations les plus fondamentales, atténuer la visualisation des informations secondaires comme les consignes en jouant sur la taille des caractères et des interlignages ainsi que sur le niveau de contraste du blanc sur fond noir par opposition à des informations grisées. Les consignes ne peuvent donc pas trouver leur place directement sur l'écran présentant le formulaire de recherche.

Au printemps 1980, Jean-Claude Touzalin fixe définitivement le nom et le fonctionnement des touches utilisées par l'Annuaire Electronique autour de 9 touches (Sommaire, annulation, retour, répétition, guide, correction, suite, envoi, connexion/fin)

²¹⁷ Figure 18. Proposition de clavier pour l'Annuaire Electronique et Télétel 3V par RTC.

²¹⁸ Figure 19. Proposition de clavier pour l'Annuaire Electronique par Téléc.

²¹⁹ KRETZ Francis, *Analyse des résultats de TMO sur le dialogue Annuaire Electronique*, 31 janvier 1980 (Archives CCETT Rennes, Boite n° 356/2 Documents divers / 79-84)

²²⁰ « A chaque page correspond une liste exhaustive d'actions possibles de la part de l'utilisateur. » (Ibid.).

qui synthétisent les propositions faites et les corrections réalisées depuis 1979²²¹. Certaines sont éliminées comme les touches d'argument, d'autres sont fusionnées (on regroupe en une seule touche celle permettant de passer au champ suivant et celle permettant de passer à la page suivante), d'autres enfin sont conservées en l'état comme la touche « envoi ». Enfin, l'harmonisation entre le clavier de l'Annuaire Electronique, qui a supporté l'essentiel de la phase de conception, et celui des terminaux utilisés à Vélizy est préconisée²²².

C. Lent ou rapide, familier ou débutant

Pensé pour être grand public, le dialogue de l'Annuaire Electronique n'en est pas moins considéré dès l'origine comme devant s'adapter aux différents profils d'utilisateurs qui composent l'écrasante majorité de la population. Une catégorisation a priori sépare dès lors les utilisateurs considérés comme « avertis », « habitués » ou « expérimentés » des « occasionnels », « débutants » ou « naïfs ». Cette différenciation ne repose que sur les a priori des concepteurs et est justifiée par la volonté de ne pas laisser ceux qui seront « à l'aise » et de ne pas bloquer ceux qui ressentiront des difficultés. Le 31 octobre 1979 à Rennes, la réunion « Dialogues » mentionne en conséquence et pour la première fois que le système doit permettre des attitudes extrêmes de la part de l'utilisateur : « démarche littéraire », caractérisée comme lente, ou « démarche rapide » par compréhension des abréviations ou des codes pour les abonnés qui le désirent²²³. Nous ne gloserons pas sur le terme de « littéraire » appliqué aux moins avertis des utilisateurs futurs de l'Annuaire Electronique, peut-être qualifiés ainsi parce que plus éloignés de l'image que se fait l'ingénieur de l'utilisateur averti qui lui ressemble forcément un peu. Ce terme est

²²¹ Les premiers terminaux ont 57 touches. On passe à 65 touches avec le modèle M1B notamment en vertu de la meilleure compatibilité avec les normes téléinformatiques et les 80 colonnes de l'affichage.

Control (ctrl), escape (esc), quatre touches de manœuvre, retour chariot (rc) et fonction viennent s'ajouter en rapprochant le clavier du Minitel de celui des micro-ordinateurs qui se multiplient (TOUZALIN Jean-Claude, *Le Minitel. Rapport technique du CCETT*, 1990 (Archives Historiques de France Télécom, Boîte 95030/01)).

²²² TOUZALIN Jean-Claude, *Note manuscrite de Jean-Claude Touzalin sur le clavier de l'annuaire électronique*, 31 janvier 1980 (Archives CCETT Rennes, Boîte n° 356/1 Documents divers / 79-84).

²²³ *Compte-rendu de la réunion du 31 octobre 1979 à Rennes sur les dialogues de l'annuaire électronique*, 7 novembre 1979 (Archives CCETT Rennes, Boîte n° 356/1 Documents divers / 79-84)

néanmoins significatif par son caractère flou de l'anticipation et de la prescription des usages « en laboratoire²²⁴ » avant la phase d'expérimentation.

Les utilisateurs sont séparés a priori entre usagers expérimentés et occasionnels :

« Le système doit être en mesure de proposer un dialogue suffisamment souple pour être adapté à la diversité des comportements des usagers (expérimentés ou occasionnels) et à la diversité des questions posées²²⁵. »

Pour réussir ce grand écart quelque peu paradoxal, il s'agit de prévoir en premier lieu une utilisation dérogatoire aux procédures normales d'interrogation pour que les utilisateurs « à l'aise » avec la manipulation de l'Annuaire Electronique ne ressentent pas de frustration du fait de la lenteur des procédures imposées :

« Il conviendra cependant de prévoir une procédure, permettant aux personnes expérimentées de ne pas se soumettre aux questions successives en donnant immédiatement les éléments de recherche nécessaire²²⁶. »

Un des principes de la construction du dialogue est déjà de demander le minimum d'information à l'utilisateur²²⁷ pour donner lors de la manipulation une impression de vitesse, valeur importante de l'idéologie informaticienne et télécommunicante²²⁸. En 1979 et 1980, le chantier est laissé largement en friches car la préoccupation principale reste l'utilisateur peu au fait du système, en difficulté ou réticent qu'il s'agit de convaincre.

²²⁴ LATOUR Bruno & WOOLGAR Steve, *Laboratory life : the social construction of scientific facts*, Sage Publications, Beverly Hills, 1979, 272 p.

²²⁵ *Cahier des charges de l'Annuaire Electronique*, novembre 1979 (Archives CCETT Rennes, Boite n° 356/5 Documents divers / 79-84).

²²⁶ Ibid.

²²⁷ *Compte-rendu de la réunion Annuaire Electronique du 12 juin 1980 organisée par la DAI*, 1980 (Archives CCETT Rennes, Boite n° 356/5 Documents divers / 79-84).

²²⁸ Que l'on voit particulièrement bien affleurer dans les descriptions de systèmes techniques dont les versions les plus récentes sont présentées en rapport à l'accroissement de la vitesse par rapport aux versions antérieures (BRETON Philippe, HELLMANN Eric & BERTRAND Isabelle, *Entre l'ordre et le désordre, les valeurs paradoxales du monde de l'informatique*, in *Réseaux*, vol. 9, n°48, 1991, p. 13-22.).

Pour aider ce public que l'on ressent a priori comme potentiellement en difficulté, on prévoit le recours ultime en cas d'incompréhension : l'appel à l'aide auquel une opératrice pourra répondre. Dans sa première proposition soumise à l'équipe Annuaire Electronique en 1979, Alcatel avait proposé de doter son clavier d'une touche « mode » permettant de passer d'une interrogation fondée sur l'utilisation des touches arguments que nous avons décrites plus haut à un « mode dirigé » non décrit, mais dont on imagine la linéarité du dialogue, plus aisé ainsi à comprendre. Si, en dépit du passage à un mode de dialogue plus simple, l'utilisateur continue de ressentir des difficultés, le manufacturier a prévu une touche « aide », accompagné d'une touche « SOS » qui remplit à la fois un rôle d'aide par la mise en contact avec une opératrice et de réclamation en cas de dysfonctionnement du système²²⁹. Le CCETT, à cette date, travaille sur les écrans d'aide qui pourraient être proposés en première instance à l'utilisateur perdu dans les méandres du dialogue. Ils reposeraient dans un premier temps sur des questions complémentaires pour permettre de faire préciser les renseignements fournis par l'utilisateur²³⁰.

De leurs côtés, Bernard Marquet et Francis Kretz sont également favorables à ce type de recours au travers d'une touche « je ne sais pas », « doute » ou plus simplement « ? »²³¹. Le 17 juillet 1980, dans le cadre de la réunion Annuaire Electronique organisée par la DAI, on examine le recours à une opératrice dans le cas d'une demande d'aide de l'utilisateur lorsqu'il manipule l'annuaire électronique. L'opératrice pourrait soit l'aider à terminer sa requête, soit intervenir directement sur celle-ci ou enfin, donner les renseignements désirés en menant une requête elle-même²³² sur le modèle des renseignements téléphoniques.

²²⁹ *Cahier des charges de l'Annuaire Electronique proposé par la CIT-Alcatel*, 1979 (Archives CCETT Rennes, Boite 356-5)

²³⁰ *Rapport intitulé Procédure d'interrogation d'une base de données de type Annuaire Electronique. Expérimentation*, 9 octobre 1979 (Archives CCETT Rennes, Boite n° 356/1 Documents divers / 79-84)

²³¹ MARQUET Bernard, *Note manuscrite sur le clavier de l'annuaire électronique*, 5 février 1980 (Archives CCETT Rennes, Boite n° 356/1 Documents divers / 79-84)

²³² *Compte-rendu de la réunion Annuaire Electronique du 17 juillet 1980 organisée par la DAI*, 1980 (Archives CCETT Rennes, Boite 356-5).

Cette solution est abandonnée rapidement²³³ pour des raisons de coûts et de difficultés de formation des opératrices des renseignements initialement pressenties pour tenir ce rôle. Autre raison que l'on peut invoquer : l'Annuaire Electronique se veut radicalement différent des solutions antérieures et parfaitement autonome dans sa capacité à fournir les coordonnées des correspondants recherchés. Aussi, ce sont finalement les aides « électroniques », comme la phonétisation, qui seront utilisées pour garder le système des fautes les plus courantes. Cette mise en place est envisagée en 1980 autour de la constitution des listes de professions dont on aimerait que l'Annuaire Electronique soit capable, en gérant par proximité, de proposer à l'utilisateur des « activités sœurs » quand celui-ci réalise une demande mal formulée²³⁴.

Le printemps 1980 clôt la première période de conception de la télématique grand public. Ce projet ambitieux de modernisation porté par les Télécommunications s'incarne alors dans les premiers prototypes de terminaux Annuaire Electroniques qui s'apprêtent à recevoir le verdict du grand public dans le cadre des expérimentations qui s'ouvrent en Ille-et-Vilaine.

Le régime d'interaction original élaboré par les chercheurs du Cnet et du CCETT sous la houlette de l'équipe-projet dirigée par Jean-Paul Maury tente de concilier des contraintes multiples. Economiques d'abord puisqu'il s'agit de faire respecter aux manufacturiers des limites drastiques pour les coûts de production du terminal, techniques ensuite en vertu du cahier des charges de 1979. Conjuguées au choix d'utiliser la norme de Vidéotex interactif définie par le CCETT, ces contraintes expliquent le recours à un écran aux capacités modestes et à des affichages parfois jugés simplistes.

²³³ Probablement à la fin de l'année 1980, date à laquelle elle n'est plus évoquée.

²³⁴ *Compte-rendu de la réunion Annuaire Electronique du 16 juillet 1980 à l'Office d'Annonces*, 1980 (Archives CCETT Rennes, Boite n° 356/5 Documents divers / 79-84).

Dans un second temps, le remplacement de l'annuaire érigé au rang de justification principale pour l'élaboration de son homologue électronique impose une transposition fidèle des logiques de structuration de l'imprimé vers le numérique. La certitude que cet isomorphisme permet une meilleure facilité d'usage à l'homme de la rue renforce cette décision. Les chercheurs du CCETT et du Cnet mettent à profit ce raisonnement que l'on qualifiera ensuite dans le domaine des interfaces graphiques de « métaphore » lorsqu'il s'agira de proposer un espace de travail sur écran similaire à un bureau réel. Ce recours tend à montrer que la copie du réel est une des principales et des plus évidentes solutions de structuration d'interface quelque soit la technologie d'affichage utilisée, y compris lorsqu'il n'est pas possible d'avoir recours à des graphismes complexes.

Enfin, la certitude de l'impossibilité du grand public à comprendre une logique de fonctionnement informaticienne fondée sur un langage proche de la programmation impose le recours à un clavier qui, s'il ne voit pas encore sa forme être définitivement fixée, fait de la touche de fonction son élément central pour formuler les requêtes à destination du système.

Dans la seconde partie de l'année 1980, ce sont les expérimentations qui vont permettre de confirmer ou d'infirmer cette étape initiale de définition des dialogues. Le prototype s'apprête à sortir du laboratoire et à entamer la période des essais, avant-goût de la confrontation avec le réel.