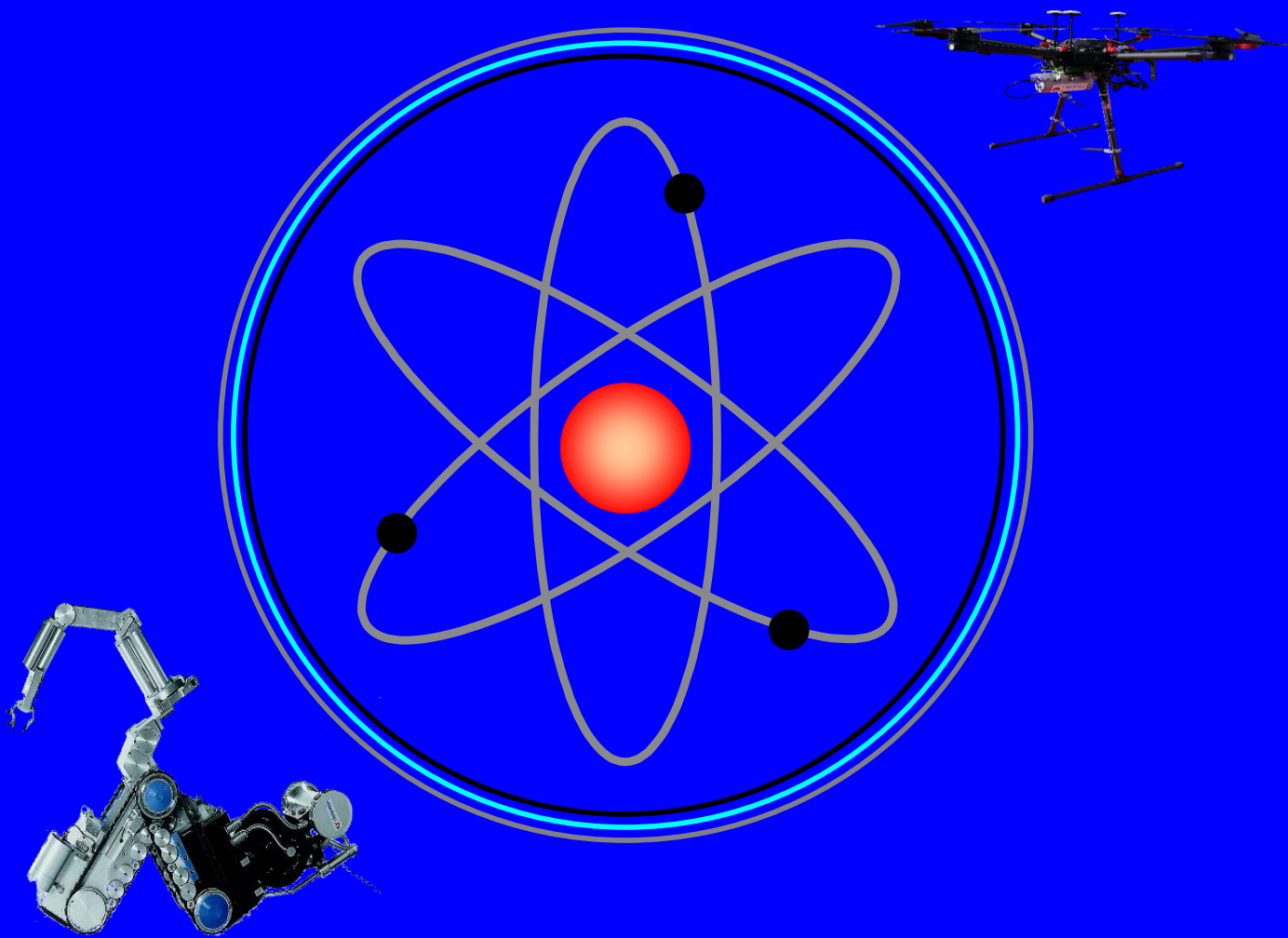


# IWIN 2021

the International Workshop **INTRA**

October 13. 2021, Avoine, FRANCE

**The Pilot & the Stress**



**Philippe Fauquet-Alekhine & Julien Bleuze (eds.)**

ISBN 978-2-9541430-7-1 (PDF)

[BLANK PAGE]

# IWIN 2021

**the International Workshop INTRA**

**October 13. 2021, Avoine, FRANCE**

## **The Pilot & the Stress**

Published under the direction of Philippe FAUQUET-ALEKHINE & Julien BLEUZE (Editors)

© Groupe INTRA 2021

LARSEN Science 2021 - Laboratoire de Recherche pour les Sciences de l'Énergie

*Laboratory for Research in Sciences of Energy*

ISBN 978-2-9541430-7-1 (PDF)

Front cover:

The front cover has been designed by Ph. de Cuntreval.

It represents the nuclear power core centered in the yellow-red disk, image of the energy enforced by surrounding particles, and kept safe by three concentric circles. These circles represent the three barriers between the radioactive material and the environment surrounding the plant: the fuel sealed metal tubes cladding, the heavy steel reactor vessel and the primary cooling loop, and the containment building.

An Unmanned Aerial vehicle flies over the nuclear core and an Unmanned Ground vehicle moves along the core as for a teleoperated exploration.

[BLANK PAGE]

## **Organization Committee**

**Philippe KESSLER, President**

Managing Director / CEO

Groupe d'INTervention Robotique sur Accident (INTRA), Chinon,  
France

**Sylvie BERNARD, Secretariat Supervisor, Logistic Supervisor**

Executive Assistant

Groupe d'INTervention Robotique sur Accident (INTRA), Chinon,  
France

**Corinne MAREST, Logistical support**

Administrative Assistant

Groupe d'INTervention Robotique sur Accident (INTRA), Chinon,  
France

**Romain LOUIS, President of the Ethics Committee**

Quality Security Radioprotection Director

Groupe d'INTervention Robotique sur Accident (INTRA), Chinon,  
France

**Philippe FAUQUET-ALEKHINE, Dr., President of the Scientific  
Committee, Editorial Board**

Scientific Director / CTO, Groupe d'INTervention Robotique sur  
Accident (INTRA), Chinon, France

**Juien BLEUZE, Editorial Board**

Director Of Operations/ COO, Groupe d'INTervention Robotique sur  
Accident (INTRA), Chinon, France

**Jean BOUCHARLAT de CHAZOTTE, Frédéric JASSERAND, ICT support**

Engineering Experts, Groupe d'INTervention Robotique sur Accident  
(INTRA), Chinon, France

## **Scientific Committee**

**Philippe FAUQUET-ALEKHINE, Dr., President, session chair**

Scientific Director / CTO, Groupe d'INTERvention Robotique sur Accident (INTRA), Chinon, France

**Charlotte LENOIR, Scientific secretariat**

Université Catholique de l'Ouest, Angers, France

**Jean-Claude GRANRY, Prof., Dr., reviewer**

Professor Emeritus at the Centre Hospitalier Universitaire d'Angers, France

**Margarita ANASTASSOVA, Dr., reviewer**

Head of Sensory and Ambient Interfaces Laboratory  
Commissariat à l'Énergie Atomique et aux énergies renouvelables (CEA), France

**Celine FRENOIS, Dr., reviewer, session chair**

Commissariat à l'Énergie Atomique et aux énergies renouvelables (CEA), France - Groupe d'INTERvention Robotique sur Accident (INTRA), Chinon, France

**Stephane FRENOIS, Dr., reviewer**

Electricité de France (EDF), France - Groupe d'INTERvention Robotique sur Accident (INTRA), Chinon, France

**Helene MOURET, Dr., Ing., reviewer, session chair**

ORANO, France - Groupe d'INTERvention Robotique sur Accident (INTRA), Chinon, France

**Andreas SCHNURR, Dr., Ing., reviewer**

Radiation Safety, Kerntechnische Hilfsdienst GmbH (KHG), Germany

## **Ethics Committee**

### **Romain LOUIS, President**

Quality Security Radioprotection Director

Groupe d'INTervention Robotique sur Accident (INTRA), Chinon,  
France

### **Pascal MUSY, Financial & Law expert**

Administrative & Financial Director

Groupe d'INTervention Robotique sur Accident (INTRA), Chinon,  
France

[BLANK PAGE]



## The authors

### **Margarita ANASTASSOVA, Dr.**

Head of Sensory and Ambient Interfaces Laboratory

Commissariat à l’Energie Atomique et aux énergies renouvelables (CEA), France

Websites: <http://www-list.cea.fr/en>

ResearchGate:

<https://www.researchgate.net/profile/Margarita-Anastassova>

Email: [margarita.anastassova@cea.fr](mailto:margarita.anastassova@cea.fr)

Dr. Margarita Anastassova is a senior researcher, expert and project manager in charge of the Sensory and Ambient Interfaces Laboratory at Commissariat à l’Energie Atomique et aux énergies renouvelables - CEA LIST. She holds a PhD in Psychology and Cognitive Ergonomics from Paris Descartes University and, for 18 years, has been extensively working in the field of HMI and innovative technologies, always in multidisciplinary projects. Her main research interests lie in the field of human factors (usability, utility, accessibility) of emerging technologies such as haptic, tactile interfaces and audio. She is a member of the program committee, organizer or a reviewer for a number of international conferences (CHI, Interact, MobileHCI, Pervasive Health). She has more than 70 scientific publications.

### **Julien Bleuze, Ms. Eng.**

Senior Expert Engineer in Robotics at the group INTRA robotics, Chief Operating Officer (COO) at the group INTRA robotics, France

Researchgate: <https://www.researchgate.net/profile/Bleuze-Julien>

Website: [www.groupe-intra.com](http://www.groupe-intra.com)

Email: [julien.bleuze@groupe-intra.com](mailto:julien.bleuze@groupe-intra.com)

Julien Bleuze is granted of a Master of Nuclear Engineering from the University of Valence-Grenoble (France), with a speciality addressing “Radioactive Waste Management”. He is also Bachelor in “Environment, Analytical Chemistry and Ecosystems”, and Radioprotection Officer (level III) specialized in nuclear reactor.

Julien Bleuze began his professional career as Project Engineer at ORANO, working on the facilities of ORANO and CEA (Commissariat à l'Énergie Atomique et aux énergies renouvelables), with a special focus on teleoperated decommissioning. He was member of the national intervention force of ORANO (FINA, Force d'Intervention Nationale). He was then Chargé d'Affaires on decommissioning and joined the group INTRA robotics in 2015 as Project Engineer. He took the position of Scientific and Technical Director (CTO) in 2019 and then Director of Operations (COO) in 2020.

Julien Bleuze's competencies cover the fields of intervention in hostile environments, with versatility on interventions in nuclear environments (interventional robotics, emergency response, operation of nuclear installations at ORANO and CEA, radiation protection, decommissioning).

Julien Bleuze is Senior Expert Engineer in Robotics at the Groupe INTRA robotics and was awarded of the first price at the AREVA Innovation Challenge in 2010. He is author and co-author of several papers and chapters of books addressing interventional robotics.

**Frédéric Choisy, Dr., LCL.**

Deputy director of the *Centre d'études et de recherches psychologiques air* (CERP'Air; French Air Force Centre for Psychological Studies and Researches).

Associate member of the EE 1901 "QualiPsy" research team at the University of Tours, France.

Website: NA

Researchgate:

<https://www.researchgate.net/profile/Frederic-Choisy>

Email: [frederic.choisy@intradef.gouv.fr](mailto:frederic.choisy@intradef.gouv.fr)

Dr. LCL. Choisy has a Master degree in Engineering (*Ecole de l'air* ; Salon de Provence, France), is Work and Organizational Psychologist, and has a PhD in Work and Organizational Psychology.

Dr. LCL. Choisy is senior officer in the French Air and Space Force

(FASF). He was transport pilot and flight instructor for 15 years. He has been working in an executive position at the FASF Centre for Psychological Studies and Researches since 2014. He is in charge of multiple projects dealing with personnel selection (e.g., fighter pilots, special forces) and flight instructors training. More precisely, he managed major updates for the selection processes for air traffic controllers and pilots, including improvement of predictive validity for these jobs.

Doctor in Work and Organizational Psychology (Université de Tours, France), Frédéric Choisy is associate member of the EE 1901 “QualiPsy” research team at the Psychology department of the University of Tours, whose main purpose is to achieve researches dealing with life quality and psychological health at work. His main research subject involves examining the role of personal resources (e.g., psychological capital, hardiness) in stressful environments such as armed forces. He is author of several scientific articles for peer reviewed journals and popularization literature. He is also a lecturer for the graduate students in work and organizational psychology.

**James ERSKINE, Dr.**

Senior Lecturer.

St George’s, University of London, UK.

Websites:

<http://www.londonhertstherapy.com/>

<https://www.sgul.ac.uk/profiles/james-erskine>

ResearchGate: <https://www.researchgate.net/profile/James-Erskine>

Email: [jerskine@sgul.ac.uk](mailto:jerskine@sgul.ac.uk)

Dr. Erskine (BSc Psychology, MSc Research Methods and Statistics, PhD Psychology, DCounsPsy) is Senior Lecturer at St George’s, University of London, UK. He is involved in teaching the psychological and psychiatric components of the MBBS medical degrees and Biomedical Sciences BSc’s. In addition to academic research and teaching, he is also a qualified clinician with a second doctorate in Counselling Psychology and continues to see patients in clinical practice.

Dr. Erskine's research interests focus on methods of coping with difficult life events such as poverty, divorce, death, job losses, among others. He has authored numerous academic papers, and book chapters on different methods of coping and their effects. His current research interests and clinical interests focus on building resilience in individuals and companies, towards that end he is starting a new venture with the express aim of building individual's capacity to be resilient across a range of situations.

**Philippe FAUQUET-ALEKHINE, Dr.**

Scientific Director at the group INTRA robotics, France.

Research member at the Laboratory for Research in Sciences of ENergy, France & Germany.

Research member at the SEBE-Lab, LSE, London, UK.

WebSites :

[www.groupe-intra.com](http://www.groupe-intra.com)

[www.hayka-kultura.org](http://www.hayka-kultura.org)

[www.SEBE-Lab.net](http://www.SEBE-Lab.net)

ResearchGate:

<https://www.researchgate.net/profile/Philippe-Fauquet-Alekhine>

Email: [larsen.sciences@yahoo.fr](mailto:larsen.sciences@yahoo.fr)

Philippe Fauquet-Alekhine is Scientific Director at the group INTRA robotics, in charge of international projects addressing training and performance of pilots in operational situations, former Chargé de Mission for innovative development in operational professionalization and Human Factors Consultant at Chinon Nuclear Power Plant (Electricité de France). He is member of the Laboratory for Research in Sciences of ENergy (France & Germany) and of the SEBE-Lab at the London School of Economics & Political Science, Department of Psychological & Behavioural Science (UK). Doctor in Physics Science (University Pierre & Marie Curie, Paris, France), Work Psychologist (MSc from the Conservatoire National des Arts & Métiers, Paris, France), doctor in Behavioural Psychology (PhD, London School of Economics & Political Science, UK), Philippe Fauquet-Alekhine is author of tens of scientific articles and books addressing physics, psychology, sociopsychology, psycholinguistics, and cognition. He has more than 20-year experience in work activity

analysis and research applied to human performance within high-risk industries, with a special focus on the effect of simulation training and stress on performance. He investigates aerospace, aeronautics (civil and military), navy, nuclear industry, robotics in hostile environment, and medicine. He received several awards mainly related to his work addressing stress at work. Philippe Fauquet-Alekhine's last book is: Knowledge Management in High-Risk Industries - Coping with Skills Drain (2020) Palgrave Macmillan, London, UK. He is currently preparing the co-edition of an international collective book addressing occupational stress.

**Philippe GARREC, Dr.**

Senior researcher and robotic expert

Commissariat à l'Energie Atomique aux énergies alternatives

CEA LIST, France

Website: <http://www-list.cea.fr/en/>

Researchgate: <https://www.researchgate.net/profile/P-Garrec>

Email: [philippe.garrec@cea.fr](mailto:philippe.garrec@cea.fr)

Dr. Philippe Garrec is a senior researcher and a robotic expert at CEA that he joined in 1985. He received his engineering degree at the Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers in 1983.

Philippe Garrec's carrier has been shared between leading projects in the field of teleoperation for nuclear applications and collaborative robots and carrying out research work on actuators including theoretical studies of friction in mechanisms and its impact on the transfer of force, thus initiating the elaboration of a software tool for a global approach of the design of mechanisms and of their control.

As a project manager, Dr. Garrec's work has been marked by the first demonstration of a hexapod transporter robot in nuclear power plants (SHERPA, 1993-1994 part of the EU Teleman program). He also led several long-term projects such as the design of the force feedback telerobots STeP and MT200-TAO for the nuclear industry (CEA/AREVA) and a very long telescopic manipulator intended for the maintenance of the large research equipment Laser Mega-Joule

(CEA DAM).

As a designer, Dr. Garrec is credited of the invention of the screw and cable actuator (SCS) in 2000 as well as its applications to the master arm Virtuose 6D/MAT6D and to the force-controlled exoskeletons ABLE and HERCULE. His actuator has also been implemented in the 7 axis ASSIST manipulator, the 4 limbs exoskeleton EMY, the biped robot ROMEO (Aldebaran) and more recently the collaborative robots COBOMANIP and ISYBOT. Dr. Garrec also contributed in its applications to robotic hands within the ANR-ABILIS and EU-HANDLE projects and in the EU-ROMANS project with the achievement of a miniature, high fidelity version. More recently, the SCS actuator has also been tested for spatial applications.

Dr. Philippe Garrec has authored and co-authored 40 articles of conference and journal, 5 book contributions and is the author of 47 patents. Since 2009, he has been leading the working group ISO-TC85/SC2/WG24 as well as the French AFNOR-BNEN-GTF3 for the standardization of remote handling devices in nuclear applications.

As an expert, Dr. Garrec was invited by the METI for the International Symposium on Decommissioning of TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Unit 1-4 held in Tokyo in 2012. During the last years, he has been regularly invited as a speaker in robotics and telerobotics international conferences and workshops such as IROS, Puresafe, ERF and intervenes in several engineering schools such as ECP, EPFL, IAES-Supaero, ENSAM Lille (master). Since 2018, Dr. Garrec has been a member of the advisory board of the British National Centre for Nuclear Robotics (NCNR) and since December 2019, vice-chairman of the NEA-OECD EGRRS (Expert Group for Robotics and Remote Systems). Since 2020, Dr. Garrec has been working at the FDD Clinatec as a principal investigator for BCI-controlled robotics for tetraplegics. In recent years, he has also been regularly invited as a keynote speaker in international conferences and robotics and telerobotics workshops, scientific agencies, and has worked in several engineering schools.

**Oleg Petrovitch GOYDINE, Dr. Ing.**

Head of Robotics and Emergency Response Center (Rosatom VNIIA)  
Dukhov Automatics Research Institute, Russia

Website: <https://www.vniia.ru/eng/>

Researchgate: NA

Email: [goidin@vniia.ru](mailto:goidin@vniia.ru)

Oleg Goydin is the head of the Robotics and Emergency Response Center of the Dukhov Automatics Research Institute, Moscow, Russia. He is a leading technical specialist and has many years of experience in the development, operation and application by emergency formations of robotic and remote-controlled systems designed to eliminate possible incidents at nuclear facilities. Oleg Goydin is a member of the Scientific and Technical Council on Robotics of the Russian Academy of Sciences and has dozens of publications and patents in the field of extreme robotics.

**Michael GUSTMANN, Dr. Ing.**

Technical Director,

Kerntechnische Hilfsdienst GmbH (KHG) Operations Manager,  
Germany.

Website: <https://khgmbh.de/company>

Researchgate: NA

Email: [m.gustmann@khgmbh.de](mailto:m.gustmann@khgmbh.de)

Dr. Gustmann started his career 1989 as a scientific staff member at the former Nuclear research centre GKSS Geesthacht near Hamburg after he received a Master's degree of Engineering. During University time he worked on manufacturing robots and their cooperation with unmanned ground vehicles.

At GKSS his main topic of research work was the analysis and simulation of the dynamic behaviour of underwater robots, especially for deep sea application in areas non-accessible for human. On this subject he received his Ph.D. from University of Hannover.

Since 1994 he is member of KHG and during the first years was responsible for the Heavy-duty Manipulator Vehicle (SMF). In this

function he was performing the pilot training and further development of the SMF as well as the project management for the specification and implementation for a similar manipulator vehicle (SMF II), which had been delivered to Russia. In governmental funded programs for training of Russian manipulator pilots, he acted as a coordinator and trainer.

During the year 2000, Dr. Gustmann coordinated the technical aspects for the system MENHIR, which is very similar to the Lightweight Manipulator Vehicle (LMF) of KHG and had been developed for Japanese Intervention teams after the Tokai accident. In 2001 he was invited by Japanese Governmental institutions for presentation of KHG and set into operation of MENHIR.

Since 2001, Dr. Gustmann, as Technical Director of KHG, heads the whole remote handling group as well as the radiation protection and decontamination teams and is familiar with all technical and administrative aspects of emergency response planning and preparedness for nuclear facilities. In case of alert, he acts as on-scene commander and radiation protection officer of KHG.

**Kuniaki KAWABATA, Professor, Dr.**

Group Leader, Principal Researcher  
3D Imaging and Instrument Group,  
Remote System and Sensing Technology Division,  
Collaborative Laboratories for Advanced Decommissioning Science (CLADS),  
Sector for Fukushima Research & Development, Japan.

Principal Researcher  
Naraha Center for Remote Control Technology Development,  
Sector for Fukushima Research & Development  
Japan Atomic Energy Agency (JAEA)  
1-22, Nakamaru, Yamadaoka, Narahamachi, Futaba, Fukushima,  
Japan, 979-0513

Visiting Researcher, RACE, The University of Tokyo.  
Visiting Professor, Kagawa University.



Websites:

<https://clads.jaea.go.jp/en/>

<https://naraha.jaea.go.jp/en/>

ResearchGate: <https://www.researchgate.net/profile/Kuniaki-Kawabata>

Email: [kawabata.kuniaki@jaea.go.jp](mailto:kawabata.kuniaki@jaea.go.jp) ,  
[kuniaki\\_kawabata@yahoo.co.jp](mailto:kuniaki_kawabata@yahoo.co.jp)

Professor Kawabata completed a Special Postdoctoral Researcher, Biochemical Systems Lab., The Institute of Physical and Chemical Research (RIKEN) in 1997. Then he was Research Scientist then Unit Leader at RIKEN until joining Naraha Center for Remote Control Technology Development (NARREC), Japan Atomic Energy Agency (JAEA) in 2015 where he became Principal Researcher at the Collaborative Laboratories for Advanced Decommissioning Science (CLADS) and NARREC, JAEA in 2017.

His main studies address Robotics and system integration for nuclear decommissioning, applications, applying simulator to robot operator proficiency training, test methods for robots for nuclear emergency response and decommissioning, distributed autonomous systems, networked robotics, synthetic neuroethology.

Professor Kawabata is member of several Academic Societies: The Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), The Japan Society of Mechanical Engineers (JSME), The Society of Instrument and Control Engineers (SICE), The Robotics Society of Japan (RSJ), and the Atomic Energy Society of Japan (AESJ).

### **Patrick LEVIGOUREUX**

Assistant to the Radiation Protection Activity Manager of UOT  
(Operational Processing Unit)  
& Radioprotection Trainer  
ORANO R, La Hague, France

Websites:

<https://www.orano.group/en/nuclear-expertise/orano-s-sites-around-the-world/recycling-spent-fuel/la-hague/industry-4.0>

ResearchGate: NA

Email: [patrick.levigoureux@orano.group](mailto:patrick.levigoureux@orano.group)

Patrick Levigoureux is radio-protectionist since 1984 when he joined the ORANO Group (formerly COGEMA then AREVA). He first worked on radiation protection technics ofr the personnel in a unit that integrated an R&D dimension for the development of passive dosimeters. He then continued with surveillance on the facilities (in controlled zone); this field of experience has allowed him to develop a solid competence in radiological metrology.

Patrick Levigoureux was then involved in the design, start and implementation of workshops at ORANO in the filed of radiation protection before taking over the management of a 80-agent radioprotectionist team. This period further broadened his field of competence. Interested in robotics, a field in which his expertise had been required for the purchase and development of remote manipulation tools, he became an external pilot (as a reinforcement) of Unmanned Ground Vehicles in 2008 at the Group INTRA.

**Uwe SÜSS, Dr., Ing.**

Responsible for the Lightweight Manipulator Vehicle  
Kerntechnische Hilfsdienst GmbH (KHG) Operations Manager,  
Germany.

Website: <https://khgmbh.de/company>

Researchgate: NA

Email: [u.suss@khgmbh.de](mailto:u.suss@khgmbh.de)

Dr. Süss started his career 1986 as a scientific staff member at the former Nuclear research centre of Karlsruhe. His main topic of research was the analysis, design and simulation of control algorithms for remote controlled systems like master-slave-manipulators, manipulators for in-torus-handling etc. Besides, he was also examining ergonomics aspects concerning the man-machine-interface of such remote operated systems.

In 1992 he became head of the electrical maintenance group of

WAK, the prototype plant of the German reprocessing unit. Among other tasks he was responsible for the technical quality assurance of the teleoperated devices, which were used in dismantling the nuclear facility after the stop of the test mode of the plant.

Since 2002, he is member of KHG and responsible for the Lightweight Manipulator Vehicle (LMF). In this function he is performing the pilot training of the LMF. He is carrying out the maintenance and further performances of the system resulting from experiences acquired during the training and interventions. One of the further developments is the operator assistant system ROSI. ROSI is a rotating laser scanner for displaying the environment of the LMF. Included are functions like the automatic finding of possible driving areas. Different measurement features completed the system. Dr. Süss is also on-scene commander of KHG.

[BLANK PAGE]

## **Foreword**

It is with great pleasure that the Group INTRA gives a new dimension to the 11<sup>th</sup> edition of its workshop: this new edition is resolutely oriented towards an international scientific and industrial conference format. We are honored to receive keynote speakers of international renown who have agreed, in addition to oral presentations, to propose written contributions submitted to a scientific committee and an ethics committee guaranteeing the quality of these contributions. In addition, in order to broaden the sharing of these contributions, the proceedings are published in English and French, and available online.

The theme of this 11<sup>th</sup> edition of the International Workshop INTRA is "The Pilot & the Stress". We have voluntarily wished to put Humans back at the center of the operational process by this theme which does not stray so far from the technical world insofar as the technique is effective only when Humans who design and operate it remain effective. However, in our accident intervention professions or in operational professions where piloting is associated with situations of intense acute stress, it is obvious that understanding stressors and knowing how to manage their effects is one of the important, even crucial, keys to mission success.

Thanks to this international conference to share experience on the subject, we hope to advance, even change the way in which each of the participants can take into account the stress factors during an operational intervention. This point is all the more important because some of us, fortunately, have not experienced the accidental situation and remain faced with a situation outside of an accident, or even a training situation only. It is therefore crucial to prepare for the stress of intervention in real operating situations in order to ensure not only the success of the mission, but also the preservation of the mental health of our pilots.

Philippe KESSLER  
Managing Director / CEO  
Groupe INTRA robotics

[BLANK PAGE]

# Executive summary

Foreword .....p 21

## **SESSION 1 - STRESS, SIMULATION & TRAINING**

A robot simulator for experiencing virtual situations and phenomena in order to be proficient in robotic teleoperation  
Kuniaki KAWABATA.....p 26

Preparing pilots for stress management in operations on nuclear accident  
Michael GUSTMANN, Uwe SÜSS.....p 32

Stressing pilots during training: biases and brakes  
Philippe FAUQUET-ALEKHINE.....p 40

## **SESSION 2 - STRESSORS & PERFORMANCE**

The impact of the CBRN operational context on pilots' performance  
Julien BLEUZE.....p 51

Possible factors of stress for pilots in operating conditions and solutions  
Oleg Petrovitch GOYDINE .....p 58

Stress induced on pilots when operating a hexapod robot in nuclear facilities  
Philippe GARREC, Margarita ANASTOVA .....p 66

The factors of stress when piloting remote robots: testimonial of a pilot  
Patrick LEVIGOUREUX .....p 76

**SESSION 3 - DEALING WITH STRESS**

Pilot’s stress: role and management of the personal resources  
Frédéric CHOISAY .....p 86

Training pilots for stress resilience  
James ERSKINE .....p 97

**Proceedings translated into French .....p 104**



## **SESSION 1**

# **STRESS, SIMULATION & TRAINING**

Session Chair:  
Dr. Céline FRENOIS  
CEA- Groupe INTRA robotics.

# **A robot simulator for experiencing virtual situations and phenomena in order to be proficient in robotic teleoperation**

**Kawabata, K.**

Collaborative Laboratories for Advanced Decommissioning Science (CLADS),  
Japan Atomic Energy Agency (JAEA), Japan

Email: [kawabata.kuniaki@jaea.go.jp](mailto:kawabata.kuniaki@jaea.go.jp) , [kuniaki\\_kawabata@yahoo.co.jp](mailto:kuniaki_kawabata@yahoo.co.jp)

## **Abstract**

This article describes a simulator named as robot simulator which is a digital tool for providing virtual robotic teleoperation experience. From experiences in remote operations for the decommissioning of Fukushima Daiichi Nuclear Power Stations (FDNPS) owned by Tokyo Electric Power Company Holdings Inc. (TEPCO), we realized again that it is an essential issue for operators to acquire appropriate robot maneuvering technique in order to execute safe and reliable tasks under the workspace with uncertainties. In order to contribute to operation proficiency training, we are developing robot simulator to provide remote operation experience virtually. In this article, we introduce about current status of development of robot simulator and recent examination for applying it to operator proficiency training.

## **Introduction**

The Japan Atomic Energy Agency (JAEA) was established in 2005 and the mission of JAEA is to contribute to welfare and prosperity of human society through nuclear science and technology as Japan's sole comprehensive nuclear research and development institution. Since the accident of FDNPS, TEPCO, which occurred in March, 2011, the Sector of Fukushima Research and Development of JAEA has been actively contributing to the steady promotion of the environmental restoration and the decommissioning from the technical aspect. Indeed, following the Fukushima accident, remote control technologies have become crucial to avoid exposing workers to radiations and also to execute various tasks like reconnaissance inside the plant, radiological decontamination and remove during decommissioning. From the experiences and lessons learned in prior decommissioning works

in FDNPS, we consider operator proficiency training for maneuvering the robots, state awareness improvement based on transferred sensory data from remote site and performance evaluation of remotely operated robots for safe and secure task executions in workspace with uncertainties. Therefore, our group has started the research and development of the technologies related to them (Kawabata, 2020).

Particularly, the operator proficiency is an essential issue to realize safe task executions in the space with uncertainty. For training and testing the operator skill, we develop a simulator named as robot simulator which is capable of providing the training environments, testing the operational proficiency of the robot, and optimizing the robot design etc. in virtual environment (Kawabata et al., 2017).

The aim of this article is to present the current development status of the robot simulator for training and testing the operational proficiency in robotic teleoperation for decommissioning of nuclear facilities.

### **Robot simulator and its applications**

The robot simulator is developed on the basis of Choreonoid (Nakaoka, 2012, Choreonoid Official Site) which is MIT-licensed, open-source software offering an extensive graphical robotics software development platform for building graphical user interface (GUI) applications. In order to provide simulated robotic maneuvering experiences within a 3D virtual workspace model, including conditions of decommissioning, robot simulator provides interactive responses to operational commands transmitted to the virtual workspace such as dynamic physical behavior based on model information and interactional forces between virtual objects, collecting sensory information from virtual workspace, and camera image presentation. We already developed the functions of simulating underwater physical behavior, aerial behavior, visual effects/disturbances and traffic condition of communication as plug-in programs of Choreonoid (Suzuki et. al., 2020) and also some software utilities to enhance the utilization of robot simulator (Suzuki et. al., 2021). All these functions can be used on a computer installed with Choreonoid and Ubuntu Linux Operating System. The user can setup the situations by selecting simulating functions as she/he demands.

Developed plug-in software is an open-source software under MIT-license as is Choreonoid and source code can be downloaded from GitHub freely

(Hairo World Plug-in, “Hairo” means decommissioning in Japanese).

Operating the robots in a remote workspace is actually complicated, even in good conditions, especially because operators have to control the robots on the basis of a limited amount of sensory information transmitted from the robot to the control interface. Operator training which is an essential aspect of task success can be generally carried out on the mockups by repeating the completion of the planned task. However, in order to improve operators’ proficiency and to develop their ability of adaptation, it is important to offer them different situations according to training (see for example Fauquet-Alekhine & Pehuet, 2016). This is the whole point of utilizing a simulation technology that is capable of changing on-demand the situation or even the difficulties tackled by the operator during training program. Regarding the possibility of changing the situations and difficulties during training program, it makes it possible to keep providing tension/stress to the operator as in the real operating situation. Moreover, it has also been proven that the operator become accustomed to the difficulties or changes in situation and contribute to train self-management of tension/stress by repeating the simulated task over and over again (Fauquet-Alekhine & Erskine, 2021).

Recently, it was also attempted to apply robot simulator to the skill verification process whilst performing the task using teleoperated robot. In order to achieve this, we developed a function which works in conjunction with robot simulator and collects the data during operation and displays collected data on-demand after the operation trial (Abe et. al., 2021).

We also started a collaborative works for incorporating robot simulator technology into operation training program with Mihama Nuclear Emergency Assistance Center (M-NEACE) of the Japan Atomic Power Company and response team of JAEA.

We also develop 3D modeling method from images obtained during explorations of real workspaces (Figure 1) by a remotely operated robot, using photogrammetry techniques, including 3D point cloud derived by Structure from Motion and Multi View Stereo (MVS) computation (Kawabata, 2020). This R&D theme was started to provide the 3D model to improve the operator’s status awareness during the task execution. Since this kind of technique also contribute to provide digital contents of 3D

workspace from sensory data collected in real workspace, constructed models can be installed to the robot simulator and such realistic contents might benefit positively to operator proficiency training (Figure 2) and the rehearsal of executing the task.

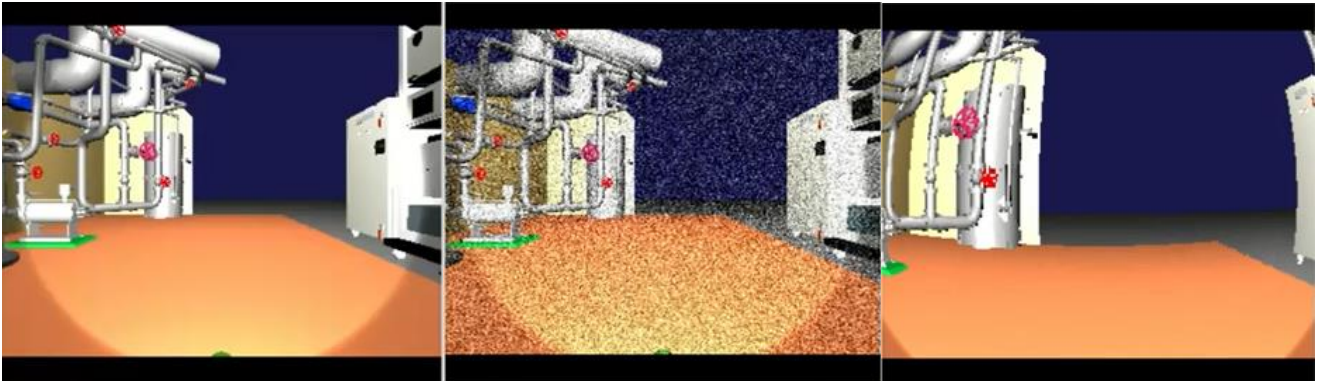


Figure 1: Examples of various simulated camera image presentation

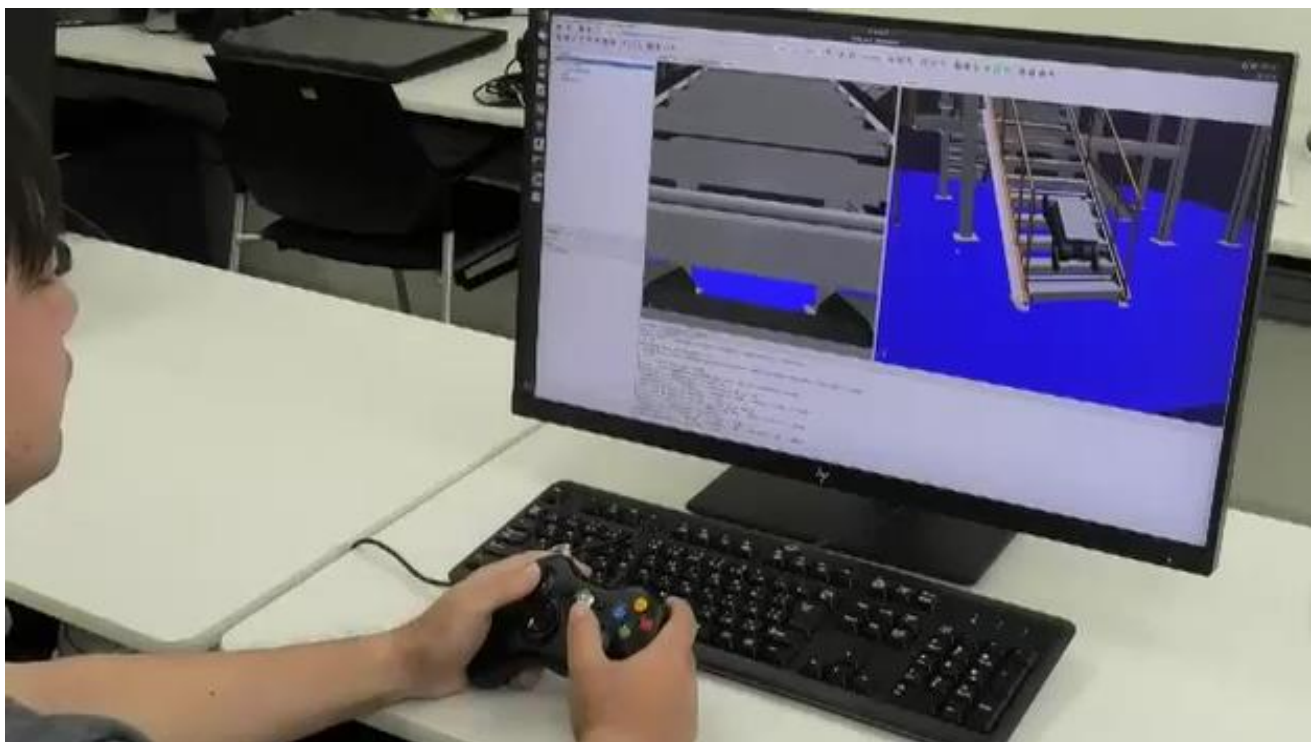


Figure 2: Experiencing remote operation using robot simulator

## Conclusion

The decommissioning of FDNPS will last several decades and will still include various kinds of remote operation tasks in severe radiation conditions. In this perspective, existing teleoperation technologies will still be used for a long time and new technologies must obviously be developed: both imply

to have an efficient training program and relevant tools to train operators, among which the robot simulator appears to be a key contributor.

### **Acknowledgements**

Most of the content presented in this article is the result of collaborations with my colleagues and co-workers. I would like to express my great gratitude to them for their efforts on this works.

### **References**

Abe, F., Kawabata, K., Suzuki, K., & Yashiro, H., (2021, January) “A Simulator-based System for Testing Skill to Maneuver Robot Remotely: - Implementations of Data Collection and Presentation Functions Related to Robot Maneuver-”, Proceedings of 2021 IEEE/SICE International Symposium on System Integration, pp835-836, 2021

Choeonoid Official Site, <https://choreonoid.org/en/>

Fauquet-Alekhine, Ph., Pehuet, N. (2016) Simulation Training: Fundamentals and Applications. Berlin: Springer.

Fauquet-Alekhine, Ph. & Erskine, J. (2021) Occupational Stress: Understanding, Managing, Treating. London: Palgrave Macmillan.

Hairo-world-plugin, <https://github.com/k38-suzuki/hairo-world-plugin>

Kawabata, K. (2020). Toward technological contributions to remote operations in the decommissioning of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station. Japanese Journal of Applied Physics, 59(5), 050501, 1-9.

Kawabata, K., Suzuki, K., Isowa, M., Horiuchi, K., & Ito, R. (2017, June). Development of a robot simulation system for remotely operated robots for operator proficiency training and robot performance verification. In 2017 14th International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI) (pp. 561-564). IEEE.

Nakaoka, S. (2012, December). Choreonoid: Extensible virtual robot environment built on an integrated GUI framework. In 2012 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII) (pp. 79-85). IEEE.

Suzuki, K. & Kawabata, K. (2020) “Development of a Robot Simulator for Decommissioning Tasks Utilizing Remotely Operated Robots,” *J. Robot. Mechatron.*, Vol.32, No.6, pp. 1292-1300, 2020.

Suzuki, K. & Kawabata, K. (2021, January) “HAIROWorldPlugin: a Choreonoid plugin for virtually configuring decommissioning task environment for the robots”, *Proceedings of 2021 IEEE/SICE International Symposium on System Integration*, pp833-834, 2021.

# Preparing pilots for stress management in operations on nuclear accident

**Gustmann, M., & Süss, U.**

Kerntechnische Hilfsdienst GmbH (KHG)  
Germany

Email: [m.gustmann@khgmbh.de](mailto:m.gustmann@khgmbh.de), [u.suss@khgmbh.de](mailto:u.suss@khgmbh.de)

## Abstract

The purpose of the "Kerntechnische Hilfsdienst GmbH" (KHG) is to intervene in nuclear accidental situations. For this aim, remotely operated means are used by pilots in teams of 3. In order to reduce the impact of stressors on the performance of pilots, a special effort is made on the training program, on the ergonomics of the systems, and on teamwork.

## Introduction

The "Kerntechnische Hilfsdienst GmbH" (KHG) was created in 1977 on the basis of the former "Kerntechnische Hilfszug" of the Nuclear Research Center of Karlsruhe, Germany. The aim of KHG is to provide operational response in case of nuclear emergency as a joint private institution for emergency actions in the case of a nuclear accident in order to:

- stabilize the nuclear plant after an accident,
- analyse the cause for an accident,
- eliminate the effects caused by an accident.

To achieve the related missions, a call-on system makes it possible to alert KHG night and day by phone (permanent and skilled personnel).

The KHG internal emergency control is located in Eggenstein-Leopoldshafen near Karlsruhe, Southwest part of Germany. KHG has 21 permanent staff members and 140 skilled personnel trained by KHG and acting under the leadership of the permanent staff.

The overall organization can be described into four points:

- Infrastructure Group: Transportation, Communication, Power supply,
- Radiation Protection Group: Measurement and Protection,



- Decontamination Group: Mobile Decontamination,
- Remote Handling Group: Work to be done in areas with high dose rate.

### The KHG fleet

KHG is operating a fleet of Unmanned Ground Vehicles (UGVs) in the range of a small inspection robot for pipes with a diameter of minimum 0,2m up to a 25T excavator (Fig.1):

- Small-Door-Class : Pipe crawler, EROS, Telemax
- Room-Door-Class : MF3, MF4, LMF, MTS
- Double-Door-Class : HMS
- Outdoor-Class : Excavator



Fig.1: KHG fleet ranging from small inspection robot for pipes with a diameter of minimum 0,2m up to a 25T excavator.

All UGVs are connected either via cable or Hertzian transmission to the control site. Also, most of the UGVs may handle tools. The variety of tools starts from simple mechanical tools like hooks to electric driven tools, like drillers. The power supply of the electric tools is realized either by the power lines of the connection cable between control station and the manipulator system or the energy of the onboard battery.

KHG also operates a fleet of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). UAVs (Fig.2) are used for airborne inspection and measurement tasks. Different sensors (e.g. a doserate-meter) can be transported by UAV.



Fig.2: In the foreground, examples of vehicles from the KHG UAV fleet.

### **The role of Pilots**

All vehicles are fully teleoperated by pilots, also named “operators”. At any time, an operator is part of the control loop. All the KHG pilots are members of nuclear service companies in Germany. Volunteers from those personnel take a two-day assessment at KHG; dexterity, stress tolerance, spatial sense and capacity for teamwork are checked.

The main input devices for driving or remote handling is joysticks. Two of

the systems (LMF and HMS) are equipped with a Masterarm with force reflection.

Video cameras are used to look at the working area. Some of the cameras are mounted on a pan&tilt head and also zoom-lenses are integrated in the systems. For special purposes stereo-cameras and corresponding stereo-monitors deliver a 3D-view of the scene.

Some of the manipulator systems are equipped with an audio system. The sound of the intervention site is recorded and played in the control room. Depending on the complexity of the task and the manipulator system, the operating crew is formed of 1 to 3 pilots. A 3-pilot-crew consists of the manipulator pilot, who is performing the original handling task, the system operator who is responsible for the system status (like power status, incoming system alarms) and the supervisor. The supervisor has in charge multiple tasks:

- Having an overview of the complete situation and intervening if something unforeseeable happens; the supervisor should also have contact with the KHG-head- of-intervention (external crisis forces).
- During cooperative work involving several manipulator systems, synchronizing the working process.
- Observing the crew: if the supervisor notices that the stress level of one of the crew members is too high, the supervisor may interrupt the activity and change the function of the crew member.

In connection with the last point, all pilots are trained for playing each of the three roles. As a result, every pilot knows the “needs” of the other, e.g. during drilling a hole by the manipulator pilot, the system manager may watch the information of the the drill depth and tells the value without requesting the manipulator pilot.

### **The factors of stress**

Pilots are concerned by different types of factors of stress in different contexts. But first, we have to define what kind of stress we are speaking about. To put it simply, stress corresponds to the psychological state associated with a situation where someone must solve a task and is not able to do the job in an “easy way” because:

- The person doesn't have the right tools,

- The person doesn't have the skills,
- The circumstances of the work are unfavorable.

Factors of stress come mainly from the environment, the conception of the machine, its interface, the operational communication.

### ***The environment***

The work which we have to perform is highly risky, both for the operators and the environment. Additionally, in some cases, it is time critical and often you have only “one shot”.

After an accident, the intervention area is normally completely unstructured. As a result, you must be very careful operating a teleoperated system and working with it in a critical situation like this.

In addition, working with a teleoperated system is very complex. You have neither direct contact, nor direct view to the objects you have to handle. A stereo-system and also audio system would help to overcome with these problems. But not all systems have such functions and, even when they are equipped with them, operating them needs a lot of training.

### ***The conception of the machine and human-machine interface***

Most of the manipulator systems are unique pieces. The design is mainly focused to the functionality which is necessary to perform the task despite the fact that efforts might be done when developing these sorts of unusual machines (see for example: Aust, Gustmann & Niemann, 1994; Klamt et al., 2019, 2020; Petereitet al., 2019). The design of the human-machine-interface is often a provisional solution and only main ergonomic aspects are taken into account. As a consequence, it is sometimes hard for the operator to “find” and “use” the functions integrated in the system.

### ***The operational communication***

Another aspect of stress is exchanging in a team. Within the team, the hierarchical structure must be clear. There may be discussions within the group before an intervention. But during intervention, in some cases, there must be a “Boss”. To “understand” the orders of the supervisor, there must be a special communication form within the team. Orders from the supervisor have to be repeated by the other crew members and acknowledged by the supervisor.

## **Purpose of the article**

Given these findings regarding pilots 'activities and related factors of stress, the aim of this paper is to share solutions that have been implemented to reduce the effects of the factors on pilots when operating machines.

Following the findings of the previous section, the following points may reduce the level of stress: training, ergonomics, assistant systems.

## **Training**

First of all: TRAINING TRAINING TRAINING! Pilots must know what the system is able to do and what not!

E.g. pilots should know:

- the lifting capacity in different geometries,
- the range of motion of the manipulators,
- the range of the power supply,
- the range of the Hertzian transmission or the length of the data cable,
- the capabilities of the video-/audio-system,
- how to grip something e.g. taken into account the camera vision,
- how to use the tools,
- etc.

If the pilots know exactly the performance, the specialties and limits of their system, the risk of coming into a situation with no way out can be minimized. The confidence of the pilots in the capabilities of the manipulator system will increase and the stress level will decrease.

Due to the fact that KHG robots had been deployed by Soviet pilots after the Chernobyl accident, it has clearly shown that a time limited training is not sufficient for a good working result. Pilots need not only knowledge or know how to use the system, but they also need deeper insight in the system. Only this factor allows the pilots to deal with technical problems during an intervention.

## **Ergonomics**

Another point is the ergonomic design of the Human-Machine-Interface. The basic ergonomic principles should be regarded in the early design phase of the system.

The basic method is to check the capabilities of the pilot, to check the functionality of the system and then design the human-machine-interface using the adequate ergonomics principle e.g.

- Arrangement of control desk and input devices in the working space of the operator,
- Arrangement of the main video monitors in the main viewing field of the operator,
- Use of principles of the dialog design (dialog as expected: use the right language, i.e. not English or French for German operators),
- Use of color (e.g. Emergency button is red).

### ***Assistant systems***

Regarding the work activities, an important phase before starting an intervention is a reconnaissance of the working area. For this purpose, operator assistant systems must be available such as laser scanner for building up a model of the actual site, or a cartography module to show the planned path of a manipulator system and to store the actual path.

Sometimes, multiple systems cooperate for reconnaissance: e.g. UAVs are delivering an overview over the scene, or small UGVs are used as an additional “eye”.

### **Conclusive remarks**

As a conclusion, to minimize the stress level of a pilot during an intervention, the measures that are unavoidable are as follows:

- Detailed pilot training curriculum:
  - o functionality of the system,
  - o technical connections within the system,
  - o cooperating work of different systems,
  - o use of the different senses.
- Reconnaissance of the intervention site as a preamble to the mission,
- Use of user assistant systems, like laser scanner,
- Provide ergonomic designs of the human-machine-interface
- Team building measures:
  - o communication methods,
  - o team hierarchy.

## References

Aust, E., Gustmann, M., & Niemann, H. R. (1994). A six-axes robot for deep water applications. *Conference: Underwater Intervention '94*, San Diego, CA (United States), 298-304

Klamt, T., Rodriguez, D., Baccelliere, L., Chen, X., Chiaradia, D., Cichon, T., ... & Behnke, S. (2019). Flexible disaster response of tomorrow: Final presentation and evaluation of the CENTAURO system. *IEEE robotics & automation magazine*, 26(4), 59-72.

Klamt, T., Schwarz, M., Lenz, C., Baccelliere, L., Buongiorno, D., Cichon, T., ... & Behnke, S. (2020). Remote mobile manipulation with the centauro robot: Full-body telepresence and autonomous operator assistance. *Journal of Field Robotics*, 37(5), 889-919.

Petereit, J., Beyerer, J., Asfour, T., Gentes, S., Hein, B., Hanebeck, U. D., ... & Egloffstein, T. (2019, September). ROBDEKON: Robotic systems for decontamination in hazardous environments. In *2019 IEEE International Symposium on Safety, Security, and Rescue Robotics (SSRR)* (pp. 249-255). IEEE.

# Stressing pilots during training: biases and brakes

**Fauquet-Alekhine, Ph.**

Scientific Director at INTRA robotics, Avoine, France

SEBE-Lab, LSE, London, UK

Email: [philippe.fauquet-alekhine@groupe-intra.com](mailto:philippe.fauquet-alekhine@groupe-intra.com) ; [p.fauquet-alekhine@lse.ac.uk](mailto:p.fauquet-alekhine@lse.ac.uk)

## Abstract

Training operational units in stress management with the objective of dealing with real operational situations is not trivial. Depending on the occupation, during training, it is difficult to reproduce credible stressors whose stressful effect would not be mitigated by simulation. It is therefore important to think about how training can be conducted effectively. This article proposes avenues of reflection and working axes on the subject.

## Introduction

The INTRA robotics group is an operational entity created after the Chernobyl accident. The group represents pooled resources for the three parent companies that created the group: Electricité de France (EDF), the Commissariat à l'Énergie Atomique et aux énergies renouvelables (CEA) and Orano. The INTRA robotics group aims to involve remotely controlled robots in the event of a nuclear accident in irradiating or contaminated areas. It is therefore a question of supplementing a human intervention that would have harmful consequences on human health.

The group has teleoperated technical means described in the following paragraph.

In terms of human resources, the group is a 20-permanent staff supplemented by a 20-external staff as reinforcement. The group is available 24 hours a day and 7 days a week thanks to an on-call team of 5 to 9 people who can be mobilized within 1 hour.

## Pilot work at the Group INTRA: the machines

The group has technical means such as UGVs or UAVs (Unmanned Ground or Aerial Vehicles) of various sizes to carry out different types of missions (Bleuze, 2021).



For the ground dimension: small robots less than 30 cm high for visual and radiological exploration (Fig. 1), robots equipped with articulated arms with an elongation of about 1.5m to allow the handling of industrial equipment (Fig.2), heavy machinery of 6 tons equipped with articulated arms with an elongation of several meters for reconnaissance and outdoor manipulation and measurement (Fig.3), and heavy public work machines for clearing congested road lane (Fig.4).



Fig.1: Example of a ground robot for visual and radiological exploration– NERVA XX from NEXTER.

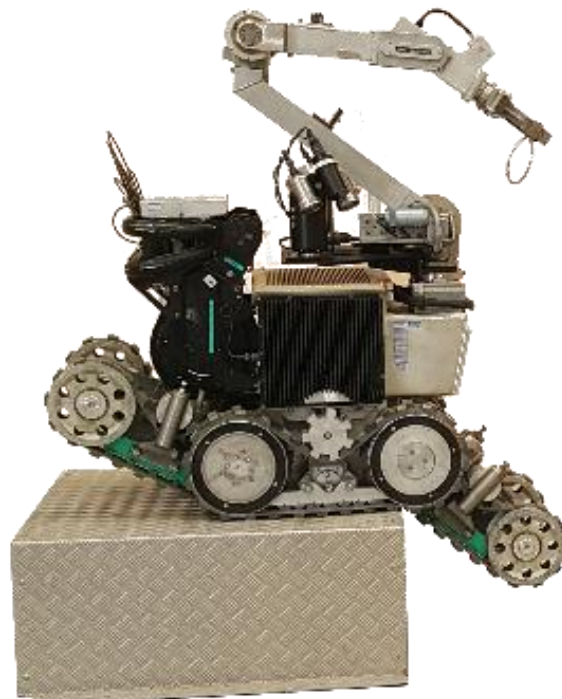


Fig.2: Example of a ground robot equipped with an articulated arm for handling industrial equipment: EOLE.



Fig.3: Heavy robot equipped with an articulated arm of several meters for manipulation of equipment outside: ERASE.



Fig.4 : Teleoperated heavy public work machines: EPELL, EPPB, EBULL.

For the aerial dimension, the group has a fleet of about ten aerial drones whose wingspan extends from 15cm to about 120 cm (Fig.5). The carry of the largest drone is 5kg. Drones are all electric except one drone which is electric and thermal. The latter allows a much greater flight elongation, up to 10km. Aerial drones are used for visual and radiological reconnaissance, for bathymetric measurements, for thermal signature searches, for the delivery of small equipment, and for the drop of radiological beacons.



Fig.5: Large wingspan drone, carry 5kg: MATRICE 600 from DJI.

### **Pilot work at the Group INTRA: the Pilots**

Currently, small ground robots and drones are piloted from tablets. Larger robots are piloted from cockpits set up in van-type vehicles; these cockpits are equipped with multiple screens allowing the exploitation of the video feedback of the many cameras equipping the robots. These cameras are used for the exploration of the area to be investigated and for piloting assistance. Public work vehicles can also be piloted from a 55-tonne CBRN vehicle (Fig.4, center); this allows the pilot to be as close as possible to the remotely operated craft while remaining safe from a radiological point of view.

The aerial drones are all piloted from tablets. Since recently, video feedback to the cockpits of the ground robots allows a support from the air to the ground: the pilot of the ground robot, from his cockpit in the cabin, has an aerial view of the evolution of his robot that the pilot of the drone sends

back to him through video. This is easily achievable outdoors but requires special indoors conditions.

### **Purpose of the article**

The first objective of this article is to present the main categories of stressors related to the piloting activity.

The second objective of this article is to present an overview of how pilots are prepared to experience real operational situations under intense stress in a particular context: that of radiological contamination. It is therefore a question of briefly describing training which will enable the pilots to tackle such situations. The scope of training is obviously much wider; for more information, the reader will refer to Kessler & Bleuze (2019).

The third objective of this article is to present and discuss the difficulties associated with creating stressful situations during simulations associated with training. Indeed, these situations must be relevant, i.e. generate intense stress in a sufficiently realistic operational context. Numerous studies have demonstrated the importance of these two criteria in order to be able to effectively prepare operational agents for accidental or crisis situations (see, for example: Fauquet-Alekhine & Pehuet, 2016).

### **The main categories of stressors**

Pilots are mainly concerned with stress at 4 levels:

- at the level of the integrity of the robot (internal and external factors)

Piloting an UGV or UAV in an industrial environment involves risks that could lead to the deterioration or loss of the machine. Indeed, the machines are brought to evolve in narrow corridors, in spaces cluttered with equipment, piping and cables, and must follow paths that are designed to be used by humans (including stairs). Thus, a pilot error could lead to a collision or a fall, which could damage the robot. In a simulated situation, this would result in a potentially significant repair cost. In an accidental situation, this could result in the immobilization of the robot on site and therefore the obstruction of a passage that would require sending another robot by another access route to the place of intervention. In some cases, this may prove impossible. In an accidental situation, it must be considered that the industrial environment would be destructured (ceiling or floor

collapse, wall collapse, piles of rubble for example) which considerably complicates the piloting of the machine, especially on the ground.

- at the level of the success of a mission (external factors)

During training, or during operational intervention, the time criterion is always of paramount importance. In other words, a mission can only be satisfactorily successful if it is completed before a given deadline. If the mission exceeds this deadline, then the result produced is no longer exploitable. For example, the deposit of radiological beacons on a given perimeter around a nuclear accident only makes sense if it makes it possible to warn populations of imminent radioactive pollution. The drop of such beacons beyond a given deadline could result in a measure that will occur when the contamination has already covered the inhabited areas, justifying the importance of the deadline associated with the mission. The space criterion is also of crucial importance. In connection with the previous point, the pilot must consider the evolution of the craft in a congested space and adjust its evolution according to the obstacles encountered unforeseen. This involves mobilizing cognitive resources to be able to adapt and anticipate piloting permanently, and, therefore, contributes to the uncertainty of the success of the mission all the time of the piloting task.

- at the level of radiological risk (external factors)

In real operating situation, the radiological risk can become significant to the point that the alarm of the pilot's electronic dosimeter reminds him/her of the danger to which s/he is exposed. This threat to the physical integrity of the pilot, although invisible, is an additional stressor. The threat becomes a constraint when the radiological context requires the pilot to wear CBRN equipment (full outfit and cartridge mask; see Bleuze, 2021) while s/he is in charge of piloting a machine. The physical constraints then have a significant impact on the pilot's cognitive abilities (Fig.6).

- at the level of the self-esteem (internal factors)

To a lesser extent, a stressor is associated with the pilot's perception of how the people around her/him appreciate the implementation of her/his competence. Making a pilot error leading to the partial or total deterioration of the craft, or being unable to complete the mission on time, will contribute to a negative image of the pilot's competence vis-à-vis others. Interviews with pilots and observations of pilots in work activity

showed that this feeling, although not major, was a permanent stressor for most of them.



Fig.6: Pilot equipped with CBRN outfit.

### **Preparation for the management of stress factors**

In order to prepare pilots for the management of stressors associated with pilot situations, pilots are periodically trained during exercises that generate acute stress. The expected outcome is that pilots do not deteriorate their performance under stress and show resilience after the stress episode in order to continue their pilot activity effectively (Erskine, 2021).

In these simulated situations, generating acute stress of high intensity is

fundamental but is not obvious (Fauquet-Alekhine et al., 2021), especially when the pilots are experienced, and therefore, have been confronted several times and periodically with the stressors. Indeed, piloting machine in the professional context of accident intervention is an activity requiring a strong mobilization of cognitive resources. The resulting attentional focus tends to make the pilot insensitive to any stimulus that does not concern the piloting objective. Under these conditions, external stressors that do not impact piloting are unlikely to stress the pilot. For example, considering increasing the intensity of stress by auditory, olfactory, kinesthetics, or visuals stimuli that will not have a link with the piloting is unlikely to succeed. On the other hand, considering creating difficulties of this type in connection with piloting could lead to a loss of credibility of the simulated situation: the training situation would be too far from a potentially real operating situation and would then lead to the pilot's disengagement from the exercise (Fauquet-Alekhine & Pehuet, 2016). In parallel, during training, certain stressors are often inoperative or strongly attenuated, biased. At the radiological level, the pilot knows that s/he is protected because s/he knows that neither the trainers nor the management will agree to expose her/him to a real danger. At the level of the integrity of the robot, the pilot knows that the trainer is here to make up for a situation that would lead to the deterioration of the machine. At the level of the success of the mission associated with the temporal and spatial dimensions and their constraints, the pilot in training knows that the challenge is not that of a real operational situation. In terms of self-esteem, the trainer must be careful because placing the trainee in a situation of failure could lead to a counterproductive result in terms of the pilot's competence.

To concretely quantify the effects of these stress limitations on pilots in training, we made measurements using the self-assessment questionnaire of perceived stress after a CBRN piloting exercise. The answer to this questionnaire is based on volunteering. This questionnaire is the ALES, Appraisal of Life Events Scale elaborated by Ferguson et al. (1999). The score relating to the stress or loss that can be obtained on this questionnaire is 50 max (high perceived stress). When this questionnaire is passed by students facing a university exam, the score is about 30. When this questionnaire is passed by anesthesiologists engaged on a simulation in the operating theatre for the management of the loss of a patient, the score is about 20. When nuclear reactor pilots have to manage disturbed

situations with high cognitive load in the control room, the score ranges from 9 to 13 depending on the position they have in the team (Fauquet-Alekhine et al., 2014; Fauquet-Alekhine & Erskine, 2021). In the case CBRN piloting of robots, the score is less than 5 despite all the efforts made to stress the pilots.

## **Conclusion**

It is difficult to train pilots of remotely operated vehicles for intervention in accidental situations to the management of acute stress of high intensity. For training, a subtle compromise must be found in order to implement stressors while avoiding harming the physical or mental integrity of the pilots or leading to a situation that would deteriorate the equipment used, while at the same time maintaining the credibility of the training exercise (in particular: representativeness of the real operating situation, realistic training, and pedagogical objectives). The elaboration of such a compromise is not obvious. Even if a stressful context is created while guaranteeing the safety of teammates and equipment during the exercise, the context is only for single use because, from the moment there is habituation to stressors, the stressful effect of the factor decreases, or even disappears. Stressful contexts for training must therefore be constantly reinvented.

## **References**

Bleuze, J. (2021). The impact of the CBRN operational context on pilots' performance. Proceedings of the International Workshop INTRA – IWIN2021, 13 Oct. 2021, Avoine, France.

Erskine, J. (2021). Training pilots for stress resilience. Proceedings of the International Workshop INTRA – IWIN2021, 13 Oct. 2021, Avoine, France.

Fauquet-Alekhine, Ph.; Geeraerts, Th.; Rouillac, L. (2014) Characterization of anesthetists' behavior during simulation training: performance versus stress achieving medical tasks with or without physical effort, *Psychology and Social Behavior Research*, 2(2) 20-28.

Fauquet-Alekhine, Ph., Pehuet, N. (2016) *Simulation Training: Fundamentals and Applications*. Berlin: Springer.

Fauquet-Alekhine, Ph. & Erskine, J. (2021) *Occupational Stress:*



Understanding, Managing, Treating. London: Palgrave Macmillan.

Fauquet-Alekhine, Ph., Bleuze, J., Mouret, H., Lenoir, Ch., & Kessler, Ph. (2021). The usefulness of stressing people in vocational training, Proceedings of the 28th. International "Stress and Behavior" Neuroscience and Biopsychiatry Conference, May 16-19, 2021 | St. Petersburg, Russia, 24.

Kessler, Ph. & Bleuze, J. (2019). Simulation for interventions in radioactive environments and nuclear accidents. Proceedings of the 1st Int. Conf. for Multi-Area Simulation (ICMASim), Oct. 2019, Angers, France, 125-130.

## **SESSION 2**

# **STRESSORS & PERFORMANCE**

Session Chair:  
Dr. Philippe FAUQUET-ALEKHINE  
EDF-Groupe INTRA robotics.

# The impact of the CBRN operational context on pilots' performance

**Bleuze, J.**

Senior Expert Engineer in Robotics at INTRA, Chief Operating Officer at INTRA robotics,  
France

Email: [julien.bleuze@groupe-intra.com](mailto:julien.bleuze@groupe-intra.com)

## **Abstract**

The probability that a nuclear accident response will take place under deteriorated radiological conditions is high. It is therefore essential to train the teams to carry out their activities in radiological protective clothing (CBRN). As wearing this equipment generates stress, the training program of the teams must imperatively integrate that "stress" dimension in order to guarantee the performance of the teams in real operating situations. This article gives an overview of the stressors encountered and offers some tips for managing the stress associated with training.

## **Introduction**

Le The Group INTRA is a business interest group between EDF, CEA and Orano created in 1988 after the Chernobyl accident, i.e. more than 30 years of experience. This civilian operational unit is based near the Chinon nuclear power plant, in the Loire Valley, France.

The aim of the Group INTRA is to design, operate and maintain remotely operated means on land and in air to intervene in hostile environments in the event of a nuclear accident.

## **Description of missions and associated remotely operated vehicles**

The Group INTRA is constantly evolving and now has state-of-the-art remotely operated efficient resources. To meet the operational needs expressed by EDF, CEA and Orano, and the context of a major nuclear accident, the group has acquired specific intervention means. The Group INTRA is organized in the form of interoperable intervention modules. Each module contains operational means that can be implemented quickly (robots, aerial drones, radiological monitoring means, ground cockpits,

etc.). In view of the event and the needs expressed by the operator, the Group INTRA may engage one or more modules.

In summary, the Group INTRA has different remotely operable means to carry out 4 typologies of missions:

- establish inventories: visual recognition, dose rate measurements, sampling, environmental monitoring,
- monitor equipment: metrology indicators, equipment status, equipment operation,
- perform maneuvers: actuators on control panel or cabinet, handling valves of all types, emergency handling,
- carry out clearance or public works: clearance of access or buildings, digging of trenches, erection of dikes, stripping of soil.

In order to carry out these missions, the Group INTRA has a diversified fleet of remotely operated vehicles, ground and air, adapted to the different needs (Fig1.).



**Unmanned Aerial Vehicule (UAV - drone)**  
**Unmanned Ground Vehicule (UGV - robot)**

Fig.1: Sample of the fleet of remotely operated machines of the INTRA robotics group.

Women and men who make up the Group INTRA staff are selected, trained, and able to intervene in the radiological emergency phase 24 hours a day, 7 days a week in the event of a request.

The members of the Group INTRA regularly train on French nuclear sites and have various infrastructures for training in the implementation of the various means of intervention (Kessler & Bleuze, 2019).

### **Aim of this present contribution: stress management deteriorated in radiological conditions**

Given the general framework of the Group INTRA's tasks, namely to intervene in accidental nuclear situations, the interventions are all potentially concerned by the dimensions of irradiation and radioactive contamination. These dimensions assume that the tasks may have to be carried out in CBRN outfit (Fig.2). It is therefore crucial to train the pilots to work in such conditions (Fauquet-Alekhine, 2021). These conditions generate certain stressors, including some related to stress, which have a potentially significant impact on the pilot's performance. The purpose of this contribution is to propose a rapid analysis of these stress-related constraints and their impact on performance.

### **The main stressors concerning the pilot**

Wearing a CBRN outfit has nothing in common with wearing everyday clothing or conventional personal protective clothing (Fig.2). The CBRN outfit is physically constraining, and its physical constraints generate psychological constraints, among which stress.

#### **Physical constraints:**

Some physical constraints concern the pilot's body. The person may feel engorged in the outfit even if s/he has taken a wide size, may feel tight at the ends (feet and hands) since at this level, particular attention is paid to the tightness between the shoes and the suit and between the gloves and the suit; this can induce tightening sensations at the ankles and wrists. Especially, the person feels tight at the level of the face because of the pressure of the mask which must remain waterproof at the level of the skin of the face, and can perceive difficulties breathing even if, technically, the respiratory system actually induces only a very small pressure drop.



a



b

Fig.2 a & b: Pilots equipped with CBRN outfits preparing for remotely operated exploration by ground robot (a) and flying an aerial drone (b).

From the point of view of the senses, the person hears less well, and, if the outfit is not equipped with a microphone, the person must make an effort to be heard by collaborators. The mask also reduces the vision field, and necessarily produces a plastic smell that may disturb some people (Fig.3). These constraints may be increased during outdoor operations in adverse weather: when this is added to the effects of rain and wind, or, on the contrary, that of an overwhelming sun, the discomfort of CBRN clothing is exacerbated.



Fig.3 : View of the CBRN mask integrated into the outfit (a) worn by an aerial drone pilot in action (b).

#### Psychological constraints:

These physical constraints result in psychological constraints, some of which generate acute stress:

- Wearing a mask can be associated with claustrophobia. To a lesser extent, the feeling of not being able to breathe properly can create acute stress focusing the pilot's attention on the need to regain normal and sufficient breathing to keep alive. This sometimes results in an irrepressible urge to tear off the mask from the face.
- Wearing the CBRN outfit and in particular the mask reducing the effectiveness of the five senses, the pilot perceives a feeling of cut off from the outside world, isolation. This perception is a stressor.
- Wearing a mask reducing the visual field is an additional stressor: the perception of control over the pilot's outside world is reduced.
- The discomfort associated with wearing the outfit can also be a stressor: being too hot, feeling drowned in sweat, feeling too tight are all stressful perceptions that disturb the pilot in his pilot activity.
- During real operating situations, i.e. during interventions on an accident such as Fukushima or Chernobyl, some pilots declare that the radiological dimension has a significant stressful effect, unlike training situations or non-accidental operating situations. The actual danger to the pilot's health can become the overriding stressor and wearing CBRN clothing is a constant reminder of this risk to the pilot's mind.

### Impact on cognitive resources and performance:

- In case of reduction in the vision field by wearing a mask, an additional stressor is related to the pilot's ability to fly properly since it is more difficult to read and appreciate the information on the pilot tablet with the mask than without the mask. This perception of not being able to be as effective as during learning or during pilot operations without radiological risks is a stressor for the pilot.
- The consequences are the same in terms of the reduction of tactile perception at the level of the fingers: the pilot may experience certain difficulties in manipulating his/her control tablet especially if it is equipped with a touch screen.
- The perception of the discomfort of the outfit is generating stressful stimuli that cognitively disturb the pilot in his flying activity.

The exhaustive identification of the different stressors involved in a work activity is fundamental because it makes it possible to target educational objectives for stress management training. Indeed, the purpose of training is to accustom the individual to these factors, and this habituation greatly reduces the stressful effect of these factors, and therefore promotes the performance of the pilot and the success of the mission (Fauquet-Alekhine & Erskine, 2021).

### **Conclusion**

In conclusion, two points should be remembered.

With regard to radiological accident response teams, the probability that the work activities will be carried out in CBRN outfit is important. It is therefore essential to train teams in these work situations because the perception of the environment as well as that of the work tool can be significantly disturbed with consequences on the performance of the pilot and on the success of the mission.

When working in CBRN clothing, it is important to identify all the stressors for each work activity exhaustively, and then train pilots to get used to these factors in order to reduce their stressful effect. This training must be periodic and renew in its content: indeed, by force of habit, training stress management on the same exercise can become obsolete; the pilot then



manages a known situation rather than managing his/her stress in the situation. Beyond training, there are self-stress management techniques that workers can implement individually (see for example Fauquet-Alekhine & Guion de Meritens, 2020; Guion de Meritens & Fauquet-Alekhine, 2021).

## **References**

Fauquet-Alekhine, Ph. (2021). Stressing pilots during training: biases and brakes. Proceedings of the International Workshop INTRA – IWIN2021, 13 Oct. 2021, Avoine, France.

Fauquet-Alekhine, Ph., & Guion de Meritens, B. (2020). Self-stress management in the workplace, Proceedings of the 27th. International "Stress and Behavior" Neuroscience and Biopsychiatry Conference, May 16-19, 2020 | St. Petersburg, Russia, 25-27.

Fauquet-Alekhine, Ph. & Erskine, J. (2021) *Occupationnal Stress : Understanding, Managing, Treating*. London: Palgrave Macmillan.

Guion de Meritens, B. & Fauquet-Alekhine, Ph. (2021). Stress management. *In* Fauquet-Alekhine, Ph. & Erskine, J. (2021) *Occupationnal Stress : Understanding, Managing, Treating*. London: Palgrave Macmillan.

Kessler, Ph. & Bleuze, J. (2019). Simulation for interventions in radioactive environments and nuclear accidents. Proceedings of the 1st Int. Conf. for Multi-Area Simulation (ICMASim), Oct. 2019, Angers, France, 125-130.

# Possible factors of stress for pilots in operating conditions and solutions

**Oleg P. GOYDINE**

Head of Robotics and Emergency Response Center (Rosatom, VNIIA)

Dukhov Automatics Research Institute, Moscow

Russia

Email: [goidin@vniia.ru](mailto:goidin@vniia.ru)

## Abstract

When working in emergency situations at nuclear power facilities, the personnel of emergency teams can be subjected to intense stress. Stress not only harms the health of rescuers, but can also lead to erroneous actions that lead to aggravation of the situation. To prevent this from happening, it is very important to be able to manage the process of developing a stressful situation without bringing to fatal consequences. In the center of robotics VNIIA, this is provided by a complex of different levels of activities. At the staff level, it is a selection for professional suitability and the subsequent multi-stage training process, leading to a well-coordinated professional team. At the managerial and organizational levels, this is the preparation and adoption of decisions aimed at preventing or limiting the permissible levels of stress on personnel.

## Introduction

The Federal State Unitary Enterprise Dukhov Automatics Research Institute (abbreviated VNIIA, <https://www.vniia.ru/eng/>) founded in 1954 is one of the leading research enterprises of the State Atomic Energy Corporation Rosatom (hereinafter referred to as the Rosatom). One of the activities of VNIIA is the development, manufacture and operation of robotic complexes and remotely controlled systems in the interests of the emergency rescue service of the Rosatom.

To ensure this mission, VNIIA has created and operates a robotics and emergency response center (abbreviated CRER), which is one of the 8 regional accident formations at the federal level that are part of the Rosatom nuclear incident response system.

One of the most important measures of the emergency rescue service of the Rosatom is to ensure constant readiness to prevent and eliminate the

consequences of accidents at nuclear facilities. To this end, CRER is equipped with the necessary equipment and machinery for emergency operations and is staffed with personnel who have passed all levels of special training. Specialization of the center is remote technologies of work in conditions of high risks for the personnel of emergency teams. The emergency formation of the center, according to the decision of the Rosatom, can be involved in similar work abroad.

In addition to the emergency team, CRER has an R&D structure that develops samples of robotic complexes and remotely controlled systems, as well as technologies for their application. If necessary, part of the R&D structure employees are involved in the emergency team to strengthen it. This approach significantly increases the technical and functional level of the developed samples of robotic devices.

### **The teleoperated technologies**

In order to reduce the exposure of rescue teams to contamination or radiation, associated with a nuclear accident, CRER of VNIIA has a fleet of remotely operated means (Fig. 1) mainly composed of Unmanned Ground Vehicles (UGV), some Unmanned Aerial Vehicles (UAV) (Fig.2) and an underwater robot (Fig.3) since, in some accidents, there is a phase where part of the fuel is necessarily submerged in water, hence the interest of having and knowing how to operate such a machine (Goidin & Sidorkin, 2012). To control these robots, CRER has pilots trained and certified to intervene remotely on damaged industrial installations.



Fig. 1: View of part of VNIIA's UGV fleet



Fig.2: UAV helicopter type Zala 421-22F

UGVs can be equipped with wheels or tracks, articulated arms allowing manipulation of objects or actions on industrial installations. They are equipped with numerous cameras for piloting assistance or visual recognition of the intervention site and can be equipped with radiological measurement systems. Robots can also help decontaminate contaminated soils, either at given points or on larger surfaces using a special gel patented by VNIIA (Fig. 4). Some robots can embed interchangeable tools such as electric screwdriver, endoscope, disc machine, shear.

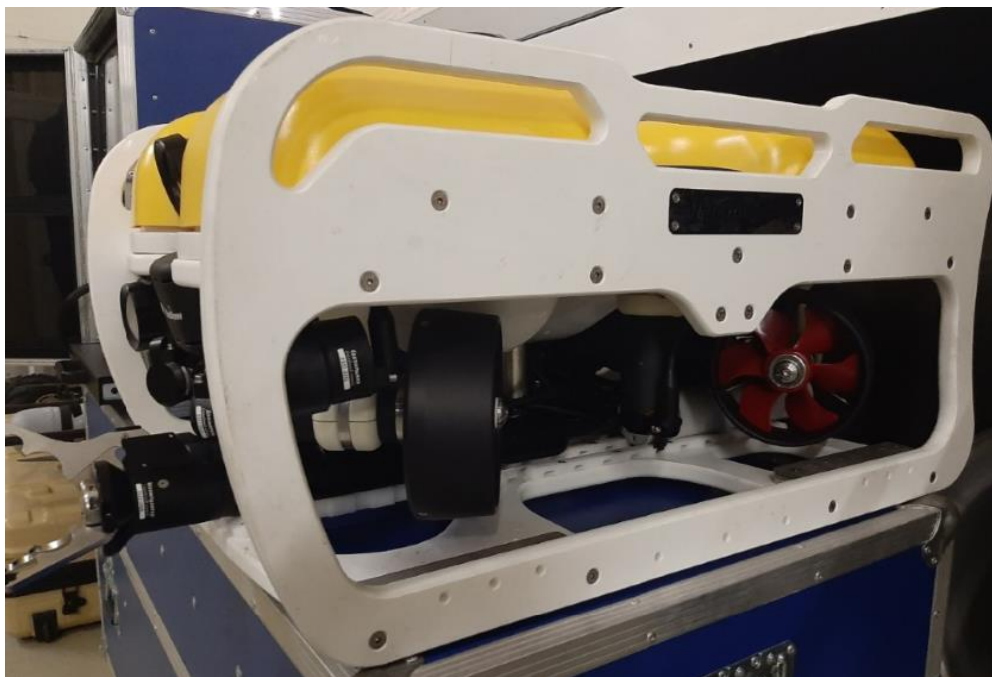


Fig.3: Underwater robot

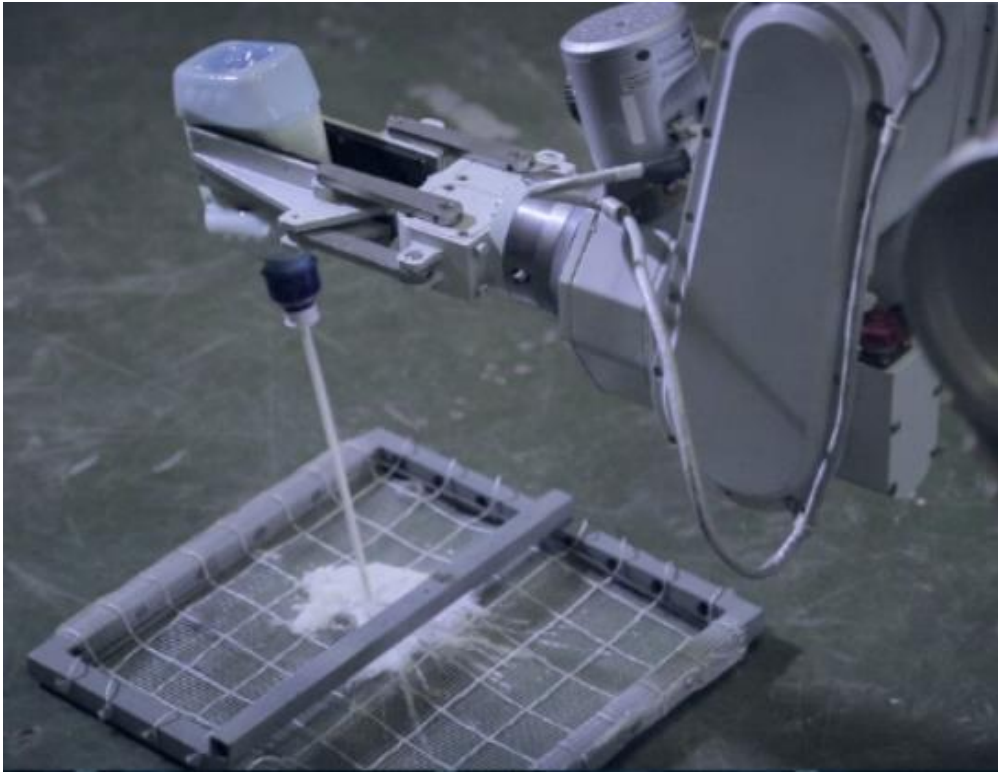


Fig. 4: Decontamination of a given point by a technique using a special gel

The robots are controlled remotely from cabs fitted out in trucks (Fig. 5). These cabins are pressurized and reinforced against radiations, allowing pilots to work safely.



Fig.5: Example of a 2-seater steering station in a truck

## The staff

CRER of VNIIA employs about a hundred people and is structured in two parts mainly, one of R&D, the other of intervention (35 people including 8 pilots among which 4 are mixed UGV -UAV, Fig.6). The call-on is provided 24/24 and 7/7.

All pilots receive certification at the end of their training and are re-evaluated every year on the medical level (physical condition, vision, hearing, reaction time ...) and every three years on the technical level. Before each departure in intervention, a simplified medical check-up is made for each individual. The physical condition of the pilot and rescue teams being an important factor in the success of the missions, the staff practices the sport twice a week (gymnastics, swimming, running, team sports ...).



Fig. 6: Gathering of the Rescue and Pilot team.

## Identification and management of stress factors for pilots

Stress is taken into account from recruitment (as in the army for example, Choisy, 2021), then throughout the pilot's career, from training through activity in real operational situations to the treatment of exposure to stress

that could have consequences on the pilot's health (Fauquet-Alekhine & Erskine, 2021).

Regarding recruitment:

Future pilots and rescue agents are selected from EMERCOM staff. EMERCOM (<https://en.mchs.gov.ru/>) is part of the Ministry of Emergency Situations of the Russian Federation. EMERCOM intervenes in any emergency situation except radioactive, which are reserved for ROSATOM specialists. EMERCOM agents are trained in accidental situations of all types and are subject to harsh training and intervention conditions. These difficult working conditions mean that they can retire early enough and choose to join VNIIA. When EMERCOM agents integrate into rescue team of VNIIA, they are already trained in accidental intervention, have undergone stress training, have experienced the stress of real operating interventions (fires, floods, earthquakes), and also have piloting skills in intervention robotics.

Regarding training:

Training is progressive: there are first training in the room on simulator until a sufficient operational mastery to pass on the machine (Goidin & Sobolnikov, 2018).

Exercises are performed periodically outdoors, even at -25°C. It is considered that a nuclear accident always occurs in bad weather and at night. The training of the intervention teams is therefore undertaken in these types of conditions, and any exercise assumes that the teams will sleep in the tents in the camp and cook their meal themselves.

Future pilots are trained until the operating actions become for them an automatism. It should be noted that pilots' only activity is to pilot; maintenance, repair, training activities in something other than piloting, are not their responsibility. Indeed, experience shows that one of the primary stressors is associated with a lack of pilot competence: not knowing what to do in a piloting situation compared to an expected result is a source of stress that the pilot automation can significantly reduce. Another important stressor occurs when the pilot perceives that the managerial demand exceeds his capacities; this is the classic definition of stress according to Seyle (1936, 1976).

Management therefore pays particular attention to the adequacy of the mission with the capabilities of each pilot. On the other hand, the pilot may be stressed because the task at hand seems monotonous; to avoid the

effect of this stressor, the proposed tasks must require the pilot to reflect. The confidence that the pilot may have in the team is also an important factor, because if the pilot doubts his colleagues, then it can be a stressor. Teamwork is therefore an important part of training.

Regarding the intervention:

In order to guarantee a high level of control of the situation by the pilot in a real operating situation, training prior to the intervention activity is preferred. Thus, before intervening in a real operating situation, prior reconnaissance by robotic means is carried out, and this data is used to create a virtual environment by computer engineers in order to train pilots on simulator before the intervention.

Fatigue can also be a stressor knowing that the control of teleoperated robotic means requires great concentration. This is why the work is organized so that a pilot can rest after 1 hour of piloting. This assumes that the pilots can be interchanged and therefore assumes the versatility of each pilot.

In a real operating situation, the danger is real. In order to reduce the stressful effect of this factor, management ensures that the personal is properly informed about the danger to which they may be exposed.

After the intervention:

In the event of exposure of a pilot to stress whose effect could be deleterious to health, the organization provides support for the pilot to allow him to recover from this episode of stress with appropriate medical and psychological follow-up.

## **Conclusion**

Recruitment selection and training can reduce the effect of many stressors. The approach is to consider that the more robust the men on the front line, the more likely the mission is to succeed. The rigging of the teams is sufficient to replace an unsuccessful pilot.

The role of management is of paramount importance with regard to the knowledge of the capabilities of pilots and the adequacy of the missions entrusted to them with these capabilities.

The stress of pilots must be taken into account from recruitment, then in



training, obviously during the real operating situation, and finally after exposure of the pilot to stress that would have consequences on his health, hence the existence of provisions to deal with such cases.

The main goal is to prevent the pilot to reach the breaking point.

## **References**

Goidin, O. & Sidorkin, N. (2012) Experience in the elimination of radiation accidents. From bio protective equipment to modern robotic complexes for solving the problems of exploration and decontamination. Moscow, IzdAT, 214, 87.

Choisay, Fr. (2021). Pilot's stress: Role and management of the personal resources. Proceedings of the International Workshop INTRA – IWIN2021, 13 Oct. 2021, Avoine, France.

Fauquet-Alekhine, Ph. & Erskine, J. (2021) Occupational Stress : Understanding, Managing, Treating. London: Palgrave Macmillan.

Goidin, J. & Sobolnikov, G. (2018) ROBSIM software package for modeling mobile robots. Report on 21th International Symposium on Measurement and Control in Robotics (ISMCR 2018), Mons, Belgium.

Selye, H. (1936). A syndrome produced by diverse nocuous agents. *Nature*, 138, 32.

Selye, H. (1976). *The stress of life* (Rev. ed.). New York, NY: McGraw-Hill.

# Stress induced on pilots when operating a hexapod robot in nuclear facilities

Garrec, Ph., & Anastassova, M.

Commissariat à l'Energie Atomique aux énergies alternatives, CEA LIST  
France

Email: [philippe.garrec@cea.fr](mailto:philippe.garrec@cea.fr), [margarita.anastassova@cea.fr](mailto:margarita.anastassova@cea.fr)

## Abstract

This paper is a retrospective analysis of extensive testing with the SHERPA hexapod transport robot at a nuclear power plant in 1994, as part of the European research program TELEMAN launched after the accident of Chernobyl. The report of these tests is still a reference as this experimental mobile robot is still the only one of its kind to have been methodically tested in a nuclear facility and to have successfully transported a 200 kg payload. After a description of the technology and performance of this machine, we focus on the normally stressful conditions under which the pilots of two crews at the test plant successfully completed most of the exercises after only one week of training. We conclude by providing insights into test methodology applicable today and the benefit gained for a future operator in a stress minimizing system design.

## Introduction

The CEA is the French national agency, principally in charge of the nuclear research for the benefit of both the energy and the defense. As such, the CEA has been developing telemanipulation devices since the 60's for the needs of radioprotection and its robotic laboratory is one of the pioneering team of this domain worldwide. It is internationally recognized for the for innovations in mechanical master slave manipulator (Vertut, 1964), the creation of the first gearless servomanipulator (François et al., 1978, Vertut et al., 1976) as a major founder of the computer aided teleoperation technology (CAT) at the dawn of the 80's and for the first evaluation of a hexapod transporter robot in nuclear power plants in the mid 90's. The CEA has in particular created an innovative industrial system of teleoperation based on a universal software for its own needs in dismantling and during a 30-year continuous cooperation with ORANO for the reprocessing center of La Hague. This effort currently represents 4 force feedback telerobots of various technologies at the service of the French nuclear industry. The CEA

is the co-founder of the Group INTRA and his robotic research team has contributed to the development of its post-accidental robotic equipment (Centaure/Romain). Besides, the CEA robotic technology was very early put at the disposal of medical robotics applications with the projects Spartacus (Guittet et al., 1979) and Master (Busnel et al., 1999) dedicated to the assistance of tetraplegics, one of the first operational force-controlled fully anthropomorphic arm exoskeleton (Garrec et al., 2008; Garrec, 2019) and the first tetraplegic exoskeleton controlled by a brain computer interface (CEA Clinatec, see Benabid et al., 2019). Today the Interactive Robotics Service carries out various research and development work sustaining the development of advanced teleoperation/immersion assisted, haptic telemanipulation in gloveboxes, exoskeletons for haptic simulation, the assistance of workers and mobilization of the body as well as collaborative robots (ISYBOT) and vision-assisted robotic manipulation.

### **Remoted operated technologies**

The SHERPA robot is a fully electric-actuated (Fig.1), hexapod robot, developed by the French CEA. The CEA robotics laboratory developed and elaborated further the robot designed by Odetics on commotion by EPRI (Energy Power Research Institute). It is made of a loading platform supported by 6 articulated-telescopic legs. The 6 legs are coordinated by several real time algorithms alternating the supporting tripods according to inter-leg distances, ground clearance, static stability margin and regulating the horizontality of the platform. A total of 18 auto-synchronous motors are supplied by servoamplifiers and a high voltage battery (300V). The CEA essentially improved the locomotion process, developed sensorized tactile feet and a reflex assistance software module. The foot sensors and reactive navigation allow the pilot to safely drive the robot in different ground conditions and to avoid obstacles. The proven load capacity on various obstacles was 200 kg and up to 300 kg on a flat ground.



Fig.1: SHERPA robot – Top: EDF-Chooz-B field tests (June 1993); Bottom: ENEL-Trino field tests with payload and the pilot control station

### **Piloting remoted technologies**

Teleoperation is performed by a joystick controlling the speed (horizontal linear and yaw) with automatic coordination and with 4 levels of reflex reaction strategies. The pilot drives the robot from a control cabinet,

connected to the robot by an umbilical, and equipped with a joystick, a small keyboard and a cathode display showing the control parameters and the system status. Above the control panel are 2 CRT's (Cathode-Ray Tube) displaying the front and rear views of the on-board cameras (lit by halogen spotlights). In addition, another CRT is used to display the view of a fixed camera showing the evolution area. The pilot selects the walking parameters on a keyboard such as width or ground clearance and also the shape of the tripod (equilateral, isosceles) or tentacle mode (individual control of each leg for reconfiguration or removing a small obstacle). The isosceles tripod is adopted to maintain a sufficient step length in narrow passages. In all circumstances, the reflex functions based on the observation of the foot elements interacting with the environment. The reflex functions avoid stepping on most small objects on the floor, including cables, but also avoid stepping over a wall or up a staircase. If there is a hole, the foot is extended to its full extent and the robot's progress is therefore interrupted (probing principle). Also, for small cables that are too small to be detected, the low pressure of the foot combined with its free swivel avoids their destruction.

The functional principle of the foot sensor equipment and reflex control is superposed to the general coordination of both the supporting and aerial tripods. Tripods can only be exchanged if the final check procedure is successful for each of the 3 landing feet. The situations that may occur and the corresponding reaction of the control are:

- During the horizontal air travel, the foot that hits an obstacle moves back, up and forward again. The process is repeated until a correct configuration is found. The angular resolution is  $45^\circ$ . The sensitivity of this detection is such that a fire extinguisher for example is not knocked over.
- During the landing, the angle of inclination of the sole is continuously measured in value and direction. If it exceeds the maximum angle allowed on a ramp (determined experimentally using a tilting laboratory ramp and variable cover plates), the landing is aborted. The foot is raised and moved backwards or forwards depending on the situation (stepping over a wall or up a flight of stairs). Then the foot is lowered again and the process is repeated.
- After a correct landing, a first level of thrust (about 30N) allows to check the completeness of the contact of the sole with the ground

thanks to 6 retractile segments. If one is not retracted, the foot is lifted again and displacement according to the orientation of the faulty segment and the process is repeated. If it is correct, the contact is pre-validated and the pushing force increased. Metal grids are accepted because the size of the retractile segments is greater than their pitch.

- If the level of 100N of thrust is reached without tilting fault or other abnormal situation, a calibrated spring is depressed, and a switch validates the contact (final check). Any object resisting above 100N without causing any anomaly on the foot sensors is accepted. This method is obviously incomplete, which means that monitoring is always necessary and associated with potential stress.

### **Purpose of the article**

This contribution is a retrospective reflexion on the unique conditions under which foreign unspecialized technicians have achieved the essential part of explorative testing of a heavy complex legged robot transporting a payload in a real nuclear powerplant. We briefly present the robot, the testing conditions, the evaluation methodology, and the results of this evaluation. We also emphasize a number of aspects related to pilots' stress management, i.e. the situations in which it appears, the approach to its measurement and the coping strategies the operators applied. There are several key areas to think about when examining the effects of stressful occupations on functioning. Broadly, there are three main points and ideas for intervention: 1.) prior to encountering stress, 2.) during stress, 3.) post stress.

### **Stress and Pilots**

A set of Additional Environmental Conditions (AEC) simulated various situations on the scene of the supposed incident, and a different set of Critical Environment Conditions (CEC) simulated particular environment or robot conditions (e.g. loss of visibility, difficulties in man-machine interaction).

During these tests, the pilots experienced stress related to a number of exogenous and endogenous factors. We identified the following stress-generating exogenous factors (i.e. stressors coming from the environment around the pilot, the task and the interaction of the machine):

- **Stressors coming from the environment:** presence of a number of numerous and different obstacles in a real nuclear plant; permanent presence of a dedicated video recording team (70h of constant video recording over 10 working days); two technicians recording manually the operator's remarks and tests results; sporadic presence of managers of the shift pilots; presence of around 30 people including high level managers of the Italian utility (ENEL) and an European project officer at the final project demonstration.
- **Stressors related to the conditions of the experimentation:** tests carried out systematically without direct vision on the machine (on-board and/or external site camera); requirements to have all exercises successfully achieved at least once without lighting on site (only on-board); strong positive result orientation of the experiments.
- **Stressors inherent to the task and the interaction with the machine:** risk of mechanical accidents implicating persons or expensive material, inherent to the operation of such a heavy and complex vehicle (a total moving mass up to 700 kg on stair and 800kg on flat ground); a machine with a complex behavior due to its 6 legs moving 3 by 3 in space, as well as sometimes exhibiting unpredictable individual movements (reflex functions); experimental and demonstration task implying climbing of stairs.

We also identified a number of endogenous stressors related to the pilots' training, their mental states and their perception of the situation. These stressors can be organized as follows:

- **Stressors related to pilots' training:** the pre-training was done over one week only, in a laboratory setting. Even though it included performing all maneuvers on a full-size ramp and stair and walk among small obstacles, the pilots may have had the impression not to be in full control of the situations; the training and the demonstration was done in English, which was not the operators' mother tongue.
- **Stressors related to pilots' mental state:** the importance of the project and its international span put pressure on pilots. This pressure was further reinforced by the fact that we had to work with highly result-driven individuals, which objective was to show that they successfully completed their tasks. Also, there was an obvious

difference of culture of the developing team (France) and the shift pilots of the Trino nuclear power plant (Italy).

However, there was no situation in which the pilots were overwhelmed by the stressed, because they used a number of coping strategies. As for stressors, they can be organized in several groups, namely:

- **Coping strategies stemming from the task:** the plant was shut down and, hence, there were no nuclear safety risks. Furthermore, the pilots were in a work environment familiar for them.
- **Coping strategies stemming from pilots' previous experience and the pre-experimental training:** the pilots had significant experience with nuclear power operations. In this sense, they could adapt a wide range of operating strategies to the requirements of the situation. Also, even though the training period was just one weeklong, it allowed them to get acquainted with the machine and the tasks.
- **Coping strategies stemming from team collaboration:** there was a permanent presence of one back-up CEA engineer pilot, who could take control if they deemed it necessary.

The stressors and the coping strategies are very well exemplified in an excerpt of the report on the testing (ENEL, 1994):

“During the ascension, the robot had a **typical accident** due to the **disabled sensors**. The pilot placed the **rear foot too close to the step edge**. When the robot moved forward, the foot took a sudden tilt and **the control system stopped** immediately the robot. The safety chain would have prevented the robot from falling. After solving the problem, **the CEA pilot** stabilized the safe position”.

We can see that the inherent difficulty of the task and the occasional unpredictable individual movements could have caused an important accident. This situation was clearly stressful for the pilot, but he managed to overcome it thanks to the presence and the intervention of a team member, i.e. the CEA pilot.

Because of the constraints of the experiment, which was strongly focused on the machine performance, the pilots' stress was unsystematically recorded through direct observations (i.e. video recordings) and expressed during debriefings.



## Conclusion

The overall success of these first tests shows that the pilots nevertheless overcame most of the difficult phases, which probably has to do with the reproducibility of the progression and the stability of the machine whose links to the ground, even on a staircase, are practically independent of the adherence conditions. In comparison, a tracked robot seems much easier to control, but its risk of slipping is considerably higher due to the uncertainty of the contact pattern between the track and the angle of the steps. This purely technical aspect shows that a walking robot can represent an interesting complement to the conventional tracked vehicle. The only obstacle on which the two principles are equal is the ramp.

The novelty of tests and the complexity of the movements of a hexapod robot transporter in a nuclear site - in particular the trajectories of the legs in reflex interaction with the environment - certainly caused significant stress for the two pilots, which unfortunately was not documented at the time. Nevertheless, we have presented here the operating conditions of the tests, some observations on their behavior as well as the preliminary training phase of the operators which allows us to measure them. A more systematic analysis of stress could be interesting. It could be done using objective and subjective indicators of stress. The following objective indicators could be used:

- Pilots' movements and distance from the robot;
- Pilots' speed of reactions;
- Pilots' modified judgement of robot's action and reaction;
- Pilots' reduced situation awareness;
- Pilots' eye-movements;
- Pilots' heart rate;
- Pilots' verbal expressions;
- Pilots' demands for assistance or help;
- Pilots' risk management strategies.

These objective indicators could be complemented by subjective measures through questionnaires such as adapted to the experimental situation version of the Job Stress Scale:

(<https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=FRPS%2028>)

or the Perceived Work Characteristics Survey:

(<https://www.cdc.gov/niosh/topics/workorg/detail113.html>).

## **References**

Benabid, A. L., Costecalde, T., Eliseyev, A., Charvet, G., Verney, A., Karakas, S., ... & Chabardes, S. (2019). An exoskeleton controlled by an epidural wireless brain–machine interface in a tetraplegic patient: a proof-of-concept demonstration. *The Lancet Neurology*, 18(12), 1112-1122.

Busnel, M., Cammoun, R., Coulon-Lauture, F., Détriché, J. M., Le Claire, G., & Lesigne, B. (1999). The robotized workstation" MASTER" for users with tetraplegia: Description and evaluation. *Journal of rehabilitation research and development*, 36(3), 217-229.

ENEL. (1994). SHERPA robot tests at Trino Nuclear Power Plant Site. ENEL, Activity performed in the framework of the TELEMAR programme launched by CEC - DG XII – D1, December 1994.

François, D., Germond, J.C., Marchal, P., & Vertut, J. (1978). Cable-operated power manipulator. US patent 4,078,670, 1978 (FR2278457 filed 1974).

Garrec, P., Friconneau, J. P., Measson, Y., & Perrot, Y. (2008, September). ABLE, an innovative transparent exoskeleton for the upper-limb. In 2008 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (pp. 1483-1488). IEEE.

Garrec, P. (2019). Design of the Arm Exoskeleton ABLE Achieving Torque Control Using Ball Screw and Cable Mechanism. In *Wearable Robotics* (pp. 45-66). Academic Press.

Guittet, J., Kwee, H. H., Quetin, N., & Yclon, J. (1979). The Spartacus telethesis: manipulator control studies. *Bull Prosthet Res*, 16, 69-105.

Vertut, J. (April 1964). Articulation devices with transmission of movements. US patent 3,335,620, 4 (filed 1963), CEA.

Vertut, J. (1964). Through the wall master slave manipulator with indexing for forward and backward movement. Proceedings of the 12<sup>th</sup> Conference on Remote Systems Technology, ANS Nov. 1964.

Vertut, J., Charles, J., Coiffet, P., & Petit, M. (1976). Advance of the new MA 23 force reflecting manipulator system (No. CEA-CONF--3743). CEA Centre d'Etudes Nucleaires de Fontenay-aux-Roses.

# **The factors of stress when piloting remote robots: testimonial of a pilot.**

**Levigoureux, P.**

UTO ORANO R

Unité Opérationnelle de Traitement (Operational Processing Unit)

La Hague, France

Pilot at Groupe INTRA robotics, France

Email: [patrick.levigoureux@orano.group](mailto:patrick.levigoureux@orano.group)

## **Abstract**

Piloting an intervention robot requires special skills and represents a significant cognitive load. The robots used, of a specific design, are mostly unique, and represent a significant material cost. The slightest wrong maneuver can lead to the destruction of the robot or the blocking of a passage that would lead to the impossibility of accomplishing the mission. It is obvious that in such contexts, the stressors are multiple, and the management of their effects is crucial for the success of the mission. Through the testimonial of my professional experience, I give an overview of stressors and propose solutions to reduce their impact on piloting.

## **Introduction**

The ORANO group is the world leader in the recycling and recovery of spent nuclear fuels from nuclear production centers around the world. In order to keep these operating sites at the forefront of technology, ORANO relies on an approach of operational excellence and innovation.

At present, I am Assistant to the Radiation Protection Activity Manager of UOT (Operational Processing Unit) and Radioprotection Trainer at the ORANO site in La Hague (France), I am also an external pilot of the Group INTRA since 2008. These 13 years of piloting experience combine advantageously with my skills as a radiation protectionist (since 1984) and a professional career that has led me to master a wide range of metrology in radiation protection and means of protection of personnel working under ionizing radiation in the field of radiation protection in nuclear buildings but also to participate in the creation of radiation protection workshops (from design to commissioning and application).

I joined the Group INTRA after talking with a fellow pilot within the group and my interest in robotics had developed by participating in the choice of remotely operated means for the workshops at the La Hague site. As an external pilot, I am occasionally seconded to the Group INTRA to attend training in the piloting of robots (Kessler & Bleuze, 2019). I have a standby every 6 weeks to manage the INTRA on-call team that would be solicited on any nuclear accident.

The Group INTRA is a robotic intervention entity for nuclear accidents that brings together 20 permanent agents and 20 external pilots as reinforcements for on-call teams of 5 to 9 people. The objective is to intervene in a nuclear accident with remotely operated machines in order to avoid exposing workers to the risk of irradiation or radiological contamination (see Bleuze, 2021; Fauquet-Alekhine, 2021).

## **Robots**

The external pilots of the Group INTRA are trained only for the piloting of Unmanned Ground Vehicles (UGV). Only permanent pilots are also trained to fly Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). Regarding UGVs, I am trained to pilot two types of robots (Fig. 1 and 2):

- EROS and EOLE are robots intended for interventions inside buildings. Their size allows the passage of doors, the progression in corridors, the ascent of stairs. They are wired robots, i.e. they are connected to the control station by a 350m long reinforced cable. This wired connection is necessary since nuclear buildings are usually equipped with very thick walls and wireless teleoperation would be unlikely to be effective beyond a few tens of meters. These robots are equipped with articulated arms of great precision that make it possible to operate valves, contactors, or to insert a key into a door or trunk lock. These robots can make visual, infrared or radiological recognitions according to the on-board metrology.
- ERASE is a robot for outdoor interventions in buildings. With a weight of about 6 tons, this robot is able to pass large obstacles or move on a terrain cluttered with debris that would produce the collapse of a building following an earthquake for example. As for the indoors robot, this robot can make visual or radiological recognitions according to the on-board metrology as well as sampling.

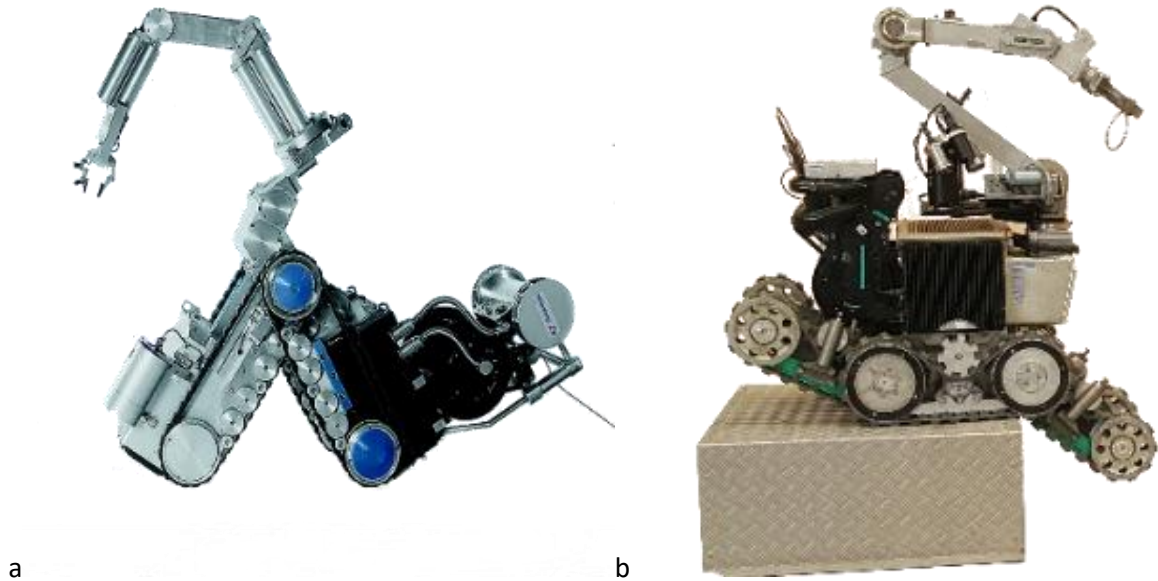


Fig.1: Examples of ground robots (several hundreds of kg each) equipped with an articulated arm for handling industrial equipment a) EROS, b) EOLE.



Fig.2: Heavy robot (6T) equipped with an articulated arm of several meters for manipulation of equipment outside: ERASE.

The periods for training are once a year for 3 days, which is not enough, in my opinion: twice a year is a minimum; otherwise, it would be better to

spread the 3 days into two sessions a year. The difficulty is to combine the availability of the trainer with these of the external pilots who work at different places for different companies, and to obtain the consent of the pilot's management for a leave of several days working for INTRA.

In my experience, and from my point of view, these three robots are no more difficult to pilot than the other. I pilot these robots in the context of training, or in practice on nuclear exploitation sites such as EDF's nuclear power plants or fuel recycling or decommissioning sites of ORANO facilities, for example. In my opinion, pilot training on different sites is of crucial importance because it allows to capitalize on different environmental constraints: for example, the doors of the ORANO La Hague facilities are generally heavier and wider than the doors of the facilities of EDF's nuclear power plants (2 x2m wide for La Hague against about 1m for EDF for most doors, with a higher depression for the former). In addition, the doors at La Hague site have round door handles while the doors of nuclear power plants have horizontal door handles. Regarding the manipulation of the door at the opening by a robot, the difficulties are very different. The prior knowledge of the environments makes it possible to carry out a complete training to limit the need for adaptation in real intervention.

The robots are operated in two ways:

- From a portable control station connected to the robot by a cable about 2m long. This makes it possible to control the robots nearby to get it up or down from the trucks that transport them, or to approach the area of intervention.
- Either from a cockpit control station, fitted out in a truck, with several control screens. This makes it possible to control the robot remotely, out of sight, only using the images transmitted by the on-board cameras.

### **Purpose of this article**

The purpose of this contribution is to offer a testimonial as a pilot of teleoperated ground robots concerning the stressors relating to this particular work activity. It is also a question of focusing on the essential points that contribute to the management of this stress.

## **The main stressors for a pilot & solutions**

Essentially, the type of stress faced by remotely operated robot pilots to respond to nuclear accidents is acute stress. This is the type of stress to which a student is subjected taking an exam for example (see Fauquet-Alekhine & Erskine, 2021), that is to say a more or less intense stress, associated with a particular context, which will last a relatively short time (from a few minutes to a few hours) and is perceived by the individual essentially during the period of exposure to stressors.

There are stressors common to all professional situations that the pilot encounters, and other factors that are specific to particular contexts. For an external pilot, the professional situations are of 3 kinds: training, exercises or simulations, and accidental situations (the last type of situation has not yet been known during my 13 years of career as a pilot; this means that the stress related to life hazard has not yet been experienced).

The stressors common to all work situations are mainly associated with:

- the possibility of performing a wrong maneuver that would produce the fall and deterioration of the robot,
- the possibility of performing a wrong maneuver that would block the robot in a passage, this no longer allowing access to the targeted intervention area,
- cognitive fatigue.

In terms of the intensity of stress produced, the two first factors are identical (except when training is done on a virtual simulator in which case the risk of deterioration or the consequences of a blockage of the robot are zero).

With regard to cognitive fatigue, mainly due to the attention required to properly control a robot, its impact tends to be reduced with experience; for example, at the beginning of my career as an external pilot, 2 hours of piloting seemed exhausting to me, whereas today, it takes me 5 hours of piloting to reach about the same level of fatigue.

More generally, it is clear that experience helps to reduce the impact of stressors. Similarly, training has an identical effect. In fact, they are linked:



training helps to elaborate competencies that contribute to build professional experience. It is actually a process of habituation to certain stressors, combined with repeated exposure to these factors that help developing an ability to manage these stressors.

Stressors specific to particular contexts can be:

- the assessing nature of training, as for any person who has to take an exam,
- degraded piloting conditions (loss of camera retransmission, extreme weather conditions, actual nuclear risk for example),
- the presence of disruptive elements in the cockpit environment (this can be an interaction between people),
- time pressure, by respecting the deadline set for the completion of the mission, estimated time during the briefing before intervention or imposed by the situation.

Solutions to reduce the impacts of these stressors are:

- appropriate training before exam,
- preventive maintenance of the equipment,
- rules established and recalled by the management as well as by the pilots regarding possible interpersonal interactions during piloting,
- negotiation addressing the time left to perform an activity during the pre-job briefing within the team before performing the activity.

To illustrate occurrences of these sorts of factors of stress, here are two brief examples.

Example 1: intervention exercise on a hospital site (actually disused) that has suffered damage as a result of a terrorist act and requires a robotic intervention in order to locate a radioactive source in the premises and organize its extraction.

During this exercise, the effects of three stressors were perceived by the pilots in an intense way:

- time pressure because the location and extraction of the radioactive source had been requested in a limited time,
- managerial pressure because the pressure of time was also perceived by the management who contacted the pilots periodically to know the

progress of the teleoperated exploration,

- the principle of competition, because this exercise was undertaken jointly with other entities including the nuclear fast action force (FARN) and it was a question of demonstrating the effectiveness of this activity in relation to the FARN interventions.

The stressor "managerial pressure" was easily managed since it was sufficient for the team to ask the management to keep distance for a certain time. The other factors were experienced throughout the work activity.

In addition, the stress was perceived by the pilots also before the intervention: before the intervention, the pilots project themselves into the action which creates a perceptible increase in stress that is beneficial, in my opinion. Indeed, the absence of stress could be dangerous; in other words, a pilot arriving relaxed on the cockpit can lead to an insufficient level of attention and vigilance. It is known that low levels of stress increase performance up to a certain threshold not to be exceeded (Fauquet-Alekhine et al., 2014).

Example 2: simulation of a response to a source of an irradiator supposedly failing.

In this example, it was a question of demonstrating to the national regulator that in case of blocking of the radioactive source out of the irradiator, there was a real operational solution to manage the situation in conditions of optimal radiological safety.

For this exercise, the predominant stressor was that related to the imperative need to make the desired demonstration to the national regulator. In case of failure, the regulator would have prohibited the continued operation of this irradiator which would have led to significant replacement costs.

In general, it seems to me that stress management training during remote control operations is well built in the Group INTRA and adapted to needs. During the exercises, the logistics are well ordered which allows the pilot to focus on the piloting rather than on peripheral details of the work activity.

However, at present, the stress perceived by the external pilots is not

scientifically assessed: there is no measures of physiologically stress-related parameters (e.g. heart rate, respiration, blood pressure) and no questionnaire is used to self-assess the perceived stress. This might be of great interest to better identifying the factors of stress.

## **Conclusion**

In conclusion, from the point of view of the pilot that I am, it seems to me that the most important points contributing to reducing the stress of the pilot in action are:

- having an organization and a team that guarantee the serenity of the pilot in action by having a good knowledge of each other's expertise to create a climate of trust,
- having an equipment that also helps to guarantee the serenity of the pilot in action (at INTRA, the cockpits are set up in trucks in closed cabs which makes it possible to isolate the pilots from the rest of the intervention site),
- having an adapted periodic training that allows to work the habituation to the stressors,
- confident team management, since robots are generally piloted in pairs, pilot and copilot: it is necessary that the copilot understands what the pilot's needs are during the action; again, training in cooperative work is important.

## **References**

Kessler, Ph. & Bleuze, J. (2019). Simulation for interventions in radioactive environments and nuclear accidents. Proceedings of the 1st Int. Conf. for Multi-Area Simulation (ICMASim), Angers (France), 8-10 Oct. 2019,

Bleuze, J. (2021). The impact of the CBRN operational context on pilots' performance. Proceedings of the International Workshop INTRA – IWIN2021, 13 Oct. 2021, Avoine, France.

Fauquet-Alekhine, Ph. (2021). Stressing pilots during training: biases and brakes. Proceedings of the International Workshop INTRA – IWIN2021, 13 Oct. 2021, Avoine, France.

Fauquet-Alekhine, Ph.; Geeraerts, Th.; Rouillac, L. (2014) Characterization of

anesthetists' behavior during simulation training: performance versus stress achieving medical tasks with or without physical effort, *Psychology and Social Behavior Research*, 2(2) 20-28.

## **SESSION 3**

# **DEALING WITH STRESS**

Session Chair:  
Dr. Hélène MOURET  
ORANO-Groupe INTRA robotics

# Pilot's stress: Role and management of the personal resources

Choisay, Fr.

Armée de l'Air & de l'Espace, France

Email: [frederic.choisay@intradef.gouv.fr](mailto:frederic.choisay@intradef.gouv.fr)

## Abstract

Understanding the stress process requires identifying one or more theoretical models adapted to describe this process in the circumstances that interest the researcher, the analyst, the manager or the individual concerned. Here we suggest approaching stress in the light of the psychosocial stress model in relation to the transactional theory of stress and personal resources in an integrative model. This leads to the development of the psychological capital of pilots in order to improve their response to stress.

## Introduction

The French Air and Space Force (FASF; French: *Armée de l'Air et de l'Espace*) was formed in 1909 as a service arm of the French Army, and then made an independent military arm in 1934, becoming the French Air Force. On 10 September 2020, it assumed its current name. The FASF employs 41,160 regular personnel. Its main missions are deterrence, intervention, protection, air policing, flight assistance and space surveillance. More precisely, the deterrence airborne component is represented by the French Air Strategic Command, with the Rafale/ASMP-A combination. These aircraft are supported by Boeing C-135 FRs and Airbus A330 Phenix. France is the only European country with this independent capability, which plays a vital role in the country's defense. Intervention outside France remains the most important type of action for determining the size of our armed forces. FASF aircraft are deployed or ready to intervene in a wide range of operations, from humanitarian missions to combating terrorism. FASF personnel are currently deployed on temporary missions across the globe. They are particularly responsible for ensuring the operational readiness of the aircraft, including fighters, tanker aircraft, tactical transport aircraft, helicopters and Unmanned Air Vehicles (UAV). In order to do these

missions, FASF need a good projection capacity and use transport aircraft like Hercules C-130 or Airbus A400M.

Specific FASF jobs need to hire persons with specific qualities. This is the mission of the *Centre d'études et de recherches psychologiques air* (CERP'Air; Center for psychological studies and researches of the French Air and Space Force). The CERP'Air employs 21 persons including 13 work psychologists and 5 computer scientists. Our main activity is the selection of civilian incumbents who want to join specific jobs of the FASF (e.g., pilots, air traffic controllers, commandos, intelligence officers). For this purpose, we perform job analysis in order to find what are the knowledge, skills, abilities and others (e.g., motivation) required to success. Then, we author specific cognitive tests, personality inventory, group or individual test and interviews. Among our other activities, we are in charge of training the professional interviewers involved in the selection processes. We also deliver courses in psycho-pedagogy intended to future instructor pilots. Last, we receive military personnel encountering job or training difficulties in order to find solutions with them.

### **The flying machines**

The number of aircraft in service counts 232 combat aircraft, with the majority being 130 Dassault Mirage 2000 and 102 Dassault Rafale. The FASF is in charge of military actions involving the third dimension. In order to perform its different missions (e.g., recce, close air support, air transport, air to air refueling, search and rescue), we use different kinds of vehicles, namely manned aircraft and UAV. Our fighter pilots fly on Dassault Mirage 2000-5, Mirage 2000-D and Rafale. Furthermore, our transport pilots fly on Airbus A400M, Transall C160 and Hercules C-130 for tactical flights and on Airbus A330 and Boeing C-135 for strategic flights. Rotor wings pilots perform their duty on Airbus H225M Caracal, H125M Fennec and SA 330 Puma. These aircraft are glass-cockpit in majority. That is, the pilot gets a lot of information on different screens like head-up display and flight management system. Moreover, Link 16 communication system permits each pilot to obtain tactical information from other planes or from ground. Last, fighters have detection systems like radars, optronic or Electro-Magnetic sensors. Besides these manned aircraft, FASF implements UAV, namely MQ9-Reaper. The Reaper is capable of remotely controlled flight operations. This UAV is referred to as Remotely Piloted Aircraft (RPA) by the FASF to indicate their human ground controllers. The Reaper is the first

hunter-killer UAV designed for long-endurance, high-altitude surveillance. The FASF moved from using UAVs primarily in intelligence, surveillance, and reconnaissance roles before Operation Barkhane (Sahel-Saharan strip), to a true hunter-killer role with the Reaper.



Figure 1: Dassault Rafale B



Figure 2: MQ-9 Reaper





Figure 3: Airbus A400M

### **The pilots**

The FASF trains and employs pilots of manned and unmanned aircraft. In some squadrons, fighter pilots can fly alone (e.g., Rafale C, Mirage 2000-5) or in two persons crew (e.g., Rafale B, Mirage 2000D). In the latter case, the other crewmember is the Weapon System Officer (WSO), in charge with weapon guiding. In transport aircraft, crew can include two to five members, depending on the aircraft and on the mission. For example, a Transall C-160 in tactical flight need a pilot, a copilot, a WSO, a flight engineer and a loadmaster. Each crew has a captain who commands and takes decisions, but each specialist is responsible for its duty. For example, if the captain is a WSO, the pilot is responsible for aircraft trajectory or engine failure management. In the case of UAV (e.g., drone Reaper), the pilot is never alone and the crew counts a sensor operator, a tactical coordinator and an intelligence officer. Beyond the fact that pilots can be alone or in crew and can pilot manned or unmanned aircraft, they have to communicate with a lot of other warriors like wingmen, AWACS controllers or ground forces.

Thus, the pilot has to manage his mission by using many high-tech systems, by communicating with different specialists and by making his decisions in

temporal pressure. The pilot uses multiple systems dealing with navigation, communication, detection, weapons or countermeasures. Some of these systems are hybrid but when it is not the case, management of the vehicle is more complex. Finally, yet importantly, “the pilots pilot their planes”, that is, they manage aircraft attitude, trajectory and configuration; piloting can be a very demanding activity. Moreover, cockpit ergonomics and automatisms reliability are critical security factors. For example, a Mirage 2000-D crashed due to a misinterpretation of a fire control display by the pilot and an airliner hit a mountain after a mistake in entering a waypoint coordinates several hours before to fly over it. In human factors domain, searchers call that “ironies of automation” (Bainbridge, 1983). These situations of latent error add stress to the pilot who has to monitor the systems and to anticipate problems.

### **The stress**

This contribution aims at showing that some personal resources are involved in stress management and coping. To the extent that some personal resources are developable, appropriate personnel selection and targeted interventions among pilots could optimize performances and mental health of these air warriors.

The transactional theory of stress (Lazarus & Folkman, 1984) argues that environmental conditions (stressors) are not the direct precipitating cause of a stress reaction, but rather it is the person's appraisal of challenge or hindrance (i.e., threat) that determines the response (Giancola et al., 2009, Storch et al., 2007). This theory places primary appraisal at the center of the stress process, and it is one of the main ways by which a person evaluates the meaning and significance of a situation. Situations perceived as having the potential for rewards (e.g., recognition and praise), mastery, and growth are referred to as challenge appraisals, whereas those that are perceived as having only the potential to threaten one's well-being by thwarting the attainment of goals and development are referred to as hindrance appraisals (Lazarus & Folkman, 1984; Skinner & Brewer, 2002). Following primary appraisal, Lazarus and Folkman (1984) place secondary appraisal that deals with individual coping strategies. Coping refers to the activities undertaken to master, tolerate, reduce, or minimize environmental or intrapsychic demands perceived to represent potential threats, existing harm, or losses (Folkman & Lazarus, 1985; Lazarus & Folkman, 1984). These authors identified two coping categories. First,

problem-focused coping strategies aim to eliminate sources of stress or work with the stressors themselves. Second, emotion-focused coping techniques aim to manage and reduce emotions when facing the stressors. We can cite two other coping strategies. Anticipatory coping involves preparation for the stressful consequences of an upcoming event whose occurrence is likely or certain (Breznitz, 1983; Folkman & Lazarus, 1985) and proactive coping consists of efforts undertaken in advance of a potentially stressful event to prevent it or to modify its form before it occurs. These different kinds of coping intervene at different time in the stress process. Moreover, personal qualities underpin appraisal and coping strategies. Lazarus (1999) identified three critical categories: (1) goals and their prioritizing; (2) beliefs about self and the world; and (3) personal resources used by the person in his relation to environment (Lazarus 1999). Moreover, Doron, Stephan and Le Scanff (2013) identified two kinds of personal resources involved in coping: dispositional and motivational variables. Dispositional characteristics are hardiness (Kobasa et al., 1982), resilience, optimism and self-esteem whereas motivational variables are beliefs (e.g., about self, the world, one's resources, one's ability to solve problem), general motivations (e.g., values, goals, interests) and locus of control. Last, Aspinwall and Taylor (1996) add self-regulatory skill as a critical skill to show proactive coping.

The Psychosocial Stress Model (PSM; Taylor & Aspinwall, 1996) joined the transactional theory of stress and the personal resources in an integrative model. PSM is a conceptual framework derived from research in social cognition, coping and stress that details the paths and processes through which personality (e.g., optimism, mastery, social support perceptions) and social (e.g., time, money, gender, status) resources influence stress levels and psychological and health outcomes. Central to the model is the identification of personality and social resources' as key moderators or mediators of appraisal, coping and resistance/vulnerability to stress. The model (Taylor & Aspinwall, 1996; see Fig. 4) explains stress and its effects on health and psychological well-being in a multilevel fashion with proximal processes of stress appraisal, coping styles and strategies and stress vulnerability nested within more distal social and personality resource factor effects.

In the Armed Forces, US Army and US Air Force take advance in the development of personal resources in order to improve stress management and resilience among soldiers. The *Comprehensive Soldier Fitness* is a

complete military program including evaluation of resilience abilities and development of personal resources with a specific training called *Master Resilience Training* (MRT). MRT is designed to develop optimism, resilience and goal setting (i.e., hope). Most of these personal resources are grouped in a multiple component construct, namely Psychological Capital (PsyCap). PsyCap is defined as “an individual’s positive psychological state of development” (Fred Luthans, et al., 2007) which is characterized by having high levels of Hope, Self-efficacy, Resilience, and Optimism. Several studies shown its positive effects on stress (Rabenu et al., 2016) and performances (Madrid et al., 2018).

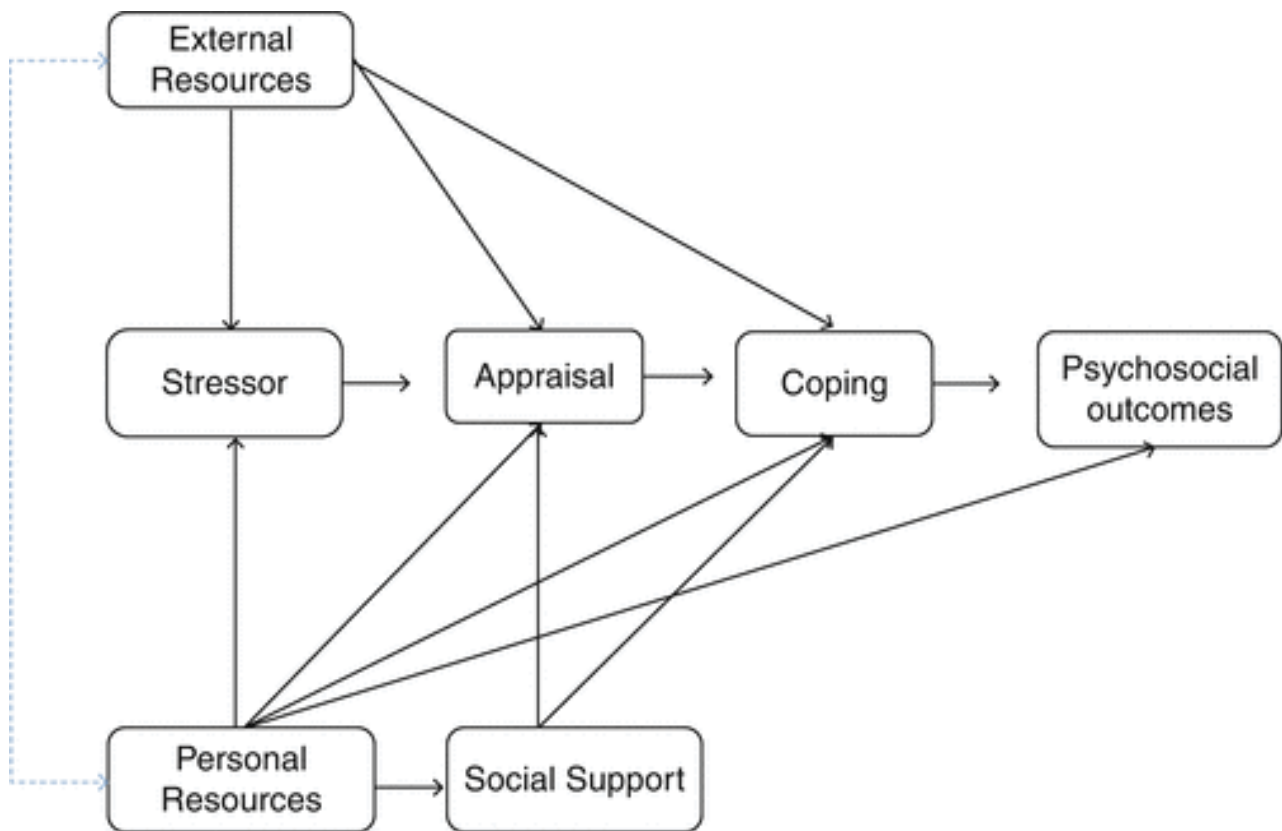


Figure 4: Psychosocial Stress Model

Moreover, a research in the FASF showed that PsyCap has positive links with coping flexibility, need for recovery and sleep quality; these different outcomes have a lot of interest for military personnel, pilots in particular. Different studies demonstrated that PsyCap can be developed (Youssef & Sundermann, 2014). In PsyCap development interventions, which typically last 2–3 hours, widely recognized developmental approaches for each of the four resources are integrated synergistically and tailored to the specific workplace context. This “shotgun” approach is recognized as more effective than individual positivity-boosting strategies or activities (Seligman et al.

2005, Sin & Lyubomirsky 2009). Moreover, because of the shared commonalities across PsyCap's constituent resources, developing one resource tends to boost the other resources as well. A typical PsyCap development intervention includes goal-setting, generation of pathways, mental rehearsals of goal pursuit through various generated pathways, and contingency planning to overcome obstacles. Approach-oriented goals (e.g., "I will do this") are emphasized over avoidance-oriented goals (e.g., "I will stop doing that"). Specific and measurable goals, and frequent milestones, are encouraged. Small groups are used for added perspectives, social support and encouragement, and shared experiences. Through these activities, participants simultaneously develop their hope, self-efficacy, resilience, and optimism. Activities are customized to the specific organizational, job, and/or personal context (Luthans & Youssef-Morgan, 2017). Last, some dispositional antecedents are positively linked with PsyCap, namely some personality traits like hardiness or Core Self-Evaluation. Thus, personnel selection procedures could evaluate these traits in order to maximize PsyCap development among recruits, which in turn will optimize stress management, resilience and adaptation.

### **Pilots are concerned by stress**

FASF pilots have to manage complex missions in a demanding and sometimes unpredictable environment. The pilot has to prepare its mission; in particular, he has to anticipate potential problems. During the execution of the mission, he will manage problems, some of them will have been anticipated and others not. Therefore, FASF pilots are subject to high professional stress. Moreover, pilots are exposed to high workload and time pressure. Last, they have to communicate and to decide with other crewmembers or ground forces, which can add some stress when they fail to agree. Hence, stress management is critical for at least two reasons. First, stress would hinder attentional resources and the latter are necessary to manage flight and mission parameters. For example, during a bombing attack, the pilot must keep the aircraft control with appropriate altitude and speed, he has to check engine and systems parameters, he guides the armament after deciding to shoot, he controls the external potential threats (e.g., meteorological, enemy shot). Second, at the same time, he is in communication with headquarter, ground forces, wingmen or other crewmembers. Some disagreement can appear concerning the decisions and actions. For example, a drone pilot can be asked by a general officer to

deliver a bomb whereas he is not convinced that he is locked on the good target, which can lead him to negative emotions like anger. Thus, these situations require a good emotional regulation.

Pilots are highly qualified personnel with many technical skills developed during long and difficult training. Nevertheless, other skills are required as we saw before, namely communication, decision making or situation awareness. Stress will hinder pilot's resources required to perform these non-technical skills. Thus, the positive effect of personal resources like PsyCap justify selecting and to train pilots by taking account for these results. For these reasons, FASF and other highly stressing professions should take care of the personal resources of their personnel. First, they have to pay attention to incumbent's personality by assessing it with appropriate tests (e.g., inventories, situational judgement test, individual or group assessment). This corresponds to an assessment center approach, which represents a long and expansive process. Nevertheless, it permits to select people in a multi-hurdle process where each test can be eliminatory. Second, training should implement specific modules like U.S. Armed Forces' Master Resilience Training. During their career, pilots could participate to adapted courses in order to develop personal resources like PsyCap. It could be done in presential or e-learning in order to stay flexible with a very roaming population.

### **Conclusive remarks**

This contribution aims at showing that some personal resources are involved in stress management and coping. The PSM is an appropriate model to study the stress process in an inclusive way, taking account for the interaction between environment (social resources, external resources, stressors) and person (personal resources). The personal resources have the great advantage to be improved in many ways. First, an appropriate selection process will permit to hire incumbents with adapted personality traits. Second, the personal resources could be improved with a specific training (e.g., MRT). In particular, PsyCap is a multiple component construct with a lot of positive outcomes.

### **References**

Aspinwall, L. G., & Taylor, S. E. (1997). A stitch in time: self-regulation and proactive coping. *Psychological bulletin*, 121(3), 417-436.

Breznitz, S. (Ed.). (1983). *The denial of stress*. International Universities Press Inc.

Doron, J., Stephan, Y., & Le Scanff, C. (2013). Les stratégies de coping: une revue de la littérature dans les domaines du sport et de l'éducation. *European review of applied psychology*, 63(5), 303-313.

Folkman, S. (1984). Personal control and stress and coping processes: a theoretical analysis. *Journal of personality and social psychology*, 46(4), 839-852.

Folkman, S., & Lazarus, R. S. (1985). If it changes it must be a process: study of emotion and coping during three stages of a college examination. *Journal of personality and social psychology*, 48(1), 150-170.

Giancola, J., Grawitch, M. J., & Borchert, D. (2009). Dealing with the stress of college: A model for adult students. *Adult Education Quarterly*, 59(3), 246-263.

Kobasa, S. C. (1982). The hardy personality: Toward a social psychology of stress and health. *Social psychology of health and illness*, 4, 3-32.

Lazarus, R. S. (1999). Hope: An emotion and a vital coping resource against despair. *Social research*, 653-678.

Lazarus, R. S., & Folkman, S. (1984). *Stress, appraisal, and coping*. Springer publishing company.

Luthans, F., & Youssef-Morgan, C. M. (2017). Psychological capital: An evidence-based positive approach. *Annual review of organizational psychology and organizational behavior*, 4, 339-366.

Luthans, F., Avolio, B. J., Avey, J. B., & Norman, S. M. (2007). Positive psychological capital: Measurement and relationship with performance and satisfaction. *Personnel psychology*, 60(3), 541-572.

Madrid, H. P., Diaz, M. T., Leka, S., Leiva, P. I., & Barros, E. (2018). A finer grained approach to psychological capital and work performance. *Journal of*

Business and Psychology, 33(4), 461-477.

Rabenu, E., Yaniv, E., & Elizur, D. (2016). The relationship between psychological capital, coping with stress, well-being, and performance. *Current Psychology*, 36(4), 875-887.

Seligman, M. E., Steen, T. A., Park, N., & Peterson, C. (2005). Positive psychology progress: empirical validation of interventions. *American psychologist*, 60(5), 410-421.

Sin, N. L., & Lyubomirsky, S. (2009). Enhancing well-being and alleviating depressive symptoms with positive psychology interventions: A practice-friendly meta-analysis. *Journal of clinical psychology*, 65(5), 467-487.

Skinner, N., & Brewer, N. (2002). The dynamics of threat and challenge appraisals prior to stressful achievement events. *Journal of personality and social psychology*, 83(3), 678-692.

Storch, E. A., Geffken, G. R., Merlo, L. J., Mann, G., Duke, D., Munson, M., ... & Goodman, W. K. (2007). Family-based cognitive-behavioral therapy for pediatric obsessive-compulsive disorder: Comparison of intensive and weekly approaches. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 46(4), 469-478.

Taylor, S. E., & Aspinwall, L. G. (1996). Mediating and moderating processes in psychosocial stress: Appraisal, coping, resistance, and vulnerability. In H. B. Kaplan (Ed.), *Psychosocial stress: Perspectives on structure, theory, life-course, and methods* (pp. 71–110). Academic Press.

Youssef-Morgan, C. M., & Sundermann, D. A. (2014). 19. Positive interventions: From prevention to amplification. In Peeters, de Jonge & Taxis (Eds), *An introduction to contemporary work psychology* (pp. 458-480). John Willey & Sons.



# Training pilots for stress resilience

Erskine, J.

St-George University of London, UK

Email: [jerskine@sgul.ac.uk](mailto:jerskine@sgul.ac.uk)

## Abstract

Stress in the world of work is becoming an increasingly important concern. The cost involved is no longer to be demonstrated and has the effect of a general study. We propose here a method that intervenes for the management of stress before, during and after exposure to the episode of stress. It is an inexpensive method of distance learning whose beneficial effects have been proven by validated measures.

## Introduction

The Medical School of Saint-George's, University of London works to train future doctors in all specialties and conduct research on all aspects of biological and medical sciences. Most recently the school has been contributing to the development of novel vaccines and trials targeting Covid-19 (<https://www.sgul.ac.uk/news/new-study-covid-19-vaccine-pregnant-women-launches>). The University Hospital is committed to undertaking research and the development of systems, infrastructures and solutions designed to tackle health related issues that will confront us in the 21st Century. Our group (Adapt) is currently being supported by the university to develop an automated resilience programme (online, via applications and remote live sessions) to foster peak mental fitness to support highly stressful occupations and individuals working in industries where high stress situations are recognised to be a usual part of the job role. One example of such a role would be a medical professional (e.g. a physician). Data indicates that at present there are very high levels of burnout in physicians worldwide that often result in them leaving the role or being far less productive and making mistakes (Bhatnagar, 2020; Koh, Lim, Chia et al. 2005; Sla, 2016; Zhou, Panagioti, Esmail, et al. 2020). Our group has now developed a 6-week resilience intervention and delivered this remotely to over 200 individuals with highly significant increases in well-being demonstrated.

## **Professionals and remoted operated technologies**

At present, remoted operated technologies do not include vehicles routinely in the group or in the medical school due to the nature of the ongoing activities. However, many of the medical professionals who are trained routinely use robotics and assisted technologies particularly during surgery. More specifically, the group uses computer technology to underpin the development of resilience remotely. Currently, the group is developing and marketing online and application-based technologies to train individuals in high stress occupations to be better equipped to deal with significant levels of work-related stress.

The group focuses on training individuals who routinely must respond to emergencies in the course of their ongoing job roles. The individuals trained use a variety of means to intervene, but the focus is on equipping them with the psychological techniques and knowledge to be able to undertake these occupations without incurring significant damage to their ongoing health and well-being.

## **Purpose of the article**

The group is interested in intervening psychologically with individuals and companies working in high stress occupations. The human component of intervention systems is often least considered. The ongoing Covid-19 pandemic provides a concrete health-based example of this where medical systems have been stretched to breaking point in many nations and are expected to absorb and respond to the heightened demand for services with little opportunity for rest or recuperation. The human point of delivery for medical interventions (nurses, physicians, and health professionals) are expected to function in this new environment as they did previously with little acknowledgement of the potential effects. The group's work specialises in training professionals before they encounter high stress situations to make them more resilient to ongoing workplace stressors. As such, it focuses on intervening at an individual level on the human operators to make them more stress resistant and better able to cope in challenging environments. At present, a 6-week remote training program has been developed and delivered to over 200 future physicians and medical professionals. The program consists of a one hour in person (remote via Microsoft Teams) session comprising of lectures, exercises and workshops each week, for a period of 6-weeks (i.e. 6 sessions). Between

weeks, participants are given homework tasks that take about 30 minutes each week consisting of practical activities undertaken in everyday life and further instructional materials (via video and applications). At present, the group is in the final stages of developing an automated method of delivery for this intervention (online and via mobile phone applications) which will enable its roll out much more broadly to occupations and individuals routinely undertaking highly stressful work such as medical professionals, police, military, and emergency response personnel. This article outlines the components of the intervention and gives examples of it in operation.

There are several key areas to think about when examining the effects of stressful occupations on functioning. Broadly, there are three main points and ideas for intervention; 1.) prior to encountering stress, 2.) during stress, 3.) post stress.

### **Prior to stress**

The group has interventions designed to be undertaken which aim to strengthen the individual's ability to adapt when they subsequently find themselves under stress. These are designed to build resilience prior to stressful encounters. It is the group's contention that this is the most crucial time for interventions. The way to think about this could be in terms of physical strength, i.e. one would need to train for several months before attempting to lift a very heavy weight. These interventions delivered prior to stressful encounters come from multiple different disciplines. For example, our current program combines interventions from Cognitive Behavioural Therapy, Behavioural Psychology, Existential Psychotherapy, Philosophy, Business / Occupational psychology, Medicine / Biology, Computer science, and the stress reduction literature.

The following are some examples of the interventions used prior to stressful encounters:

1. Thought monitoring and amending – monitoring how one speaks to themselves and amending this in line with the latest evidence on more productive ways of thinking.
2. Learning about one's habitual beliefs and values and how these may limit actions and reactions – for example a belief system that is fatalistic where one believes what happens is largely out of one's control is often unhelpful and can be altered.

3. Perspective taking – learning to naturally broaden one’s perspective to see a range of options rather than an unnaturally limited set.
4. Dealing with emotions and unwanted thoughts – Often people react poorly to certain thoughts and emotions because they do not want or like having them. The courses teach people ways of accepting and not minding having these thoughts opening capacity to deal with situations and reducing stress and anxiety.
5. Evidence based review of ways to maximise efficiency by undertaking certain activities in everyday life such as effects of exercise, sleep and dealing with emotions.

### **During stress**

Once prepared with techniques and individual changes that occur during undertaking the prior to stress courses, individuals can move on to courses focused on how to behave during stressful encounters. These are designed to build capacity to function under stress.

Some examples would be:

1. Ongoing thought monitoring and challenging while under stress – building on the foundation learned during pre-stress courses,
2. Focusing on maintaining breathing during stress and specific breathing techniques that work under stress, as many biochemical changes during stress may cause an interruption in breathing leading to negative consequences – this can be learned but requires practice.
3. Mindfulness based intervention focusing on body sensation and awareness
4. Learning to reappraise situations in real time to take a broader perspective
5. Ways of using the body in stressful situations to reduce stress.

See for examples the Techniques of Optimisation of the Potential in Fauquet-Alekhine & Erskine (2021).

### **Post stress:**

Most of the post stress interventions depend on the functioning of the individual in the weeks and months following extreme stress. There is evidence that intervening in all individuals post stress is unnecessary and potentially harmful to those that would cope well anyway (Paterson, Whittle & Kemp, 2015; Rabstejnek, 2014; Tuckey & Scott, 2014). Therefore,

monitoring is necessary, and interventions are recommended only for those displaying evidence of continuing disruption to functioning. In those displaying these signs interventions focus on some of the following:

1. Learning and encouraging individuals not to avoid thoughts, emotions, and behaviours and to accept and explore these in ways that lead to insights and change,
2. Seeking and making use of social support rather than isolating oneself,
3. Altering beliefs and values and learning to accept loss and experiences that some might call failure.

At present, the group has delivered a pre-stress resilience course to over 200 individuals with the following results. We measure functioning before participants start the course on the Warwick-Edinburgh mental wellbeing (Tennant, Hiller, Fishwick, et al., 2007). This scale measures mental wellbeing in the general population and is widely used. The mean score at baseline is 41.24 (SD=6.57). Mean score at end of course is 48.71 (SD=7.56). T-test indicates the rise is significant  $t=4.22$   $p<.05$ . At present, findings are preliminary due to lack of a matched control group which does not undergo intervention, but indicate participants increase mental wellbeing by more than one standard deviation during the course.

### **Extension of the work**

The framework outlined in the previous section can be seen as applying to any industry where responding to stressful events is an ongoing part of the role. In this framework, that could be a pilot responding to an event or a medical professional. It is the group's contention, supported by data, that individual responders can be trained, prior to the encounter with stressful situations to become more able to respond effectively to challenging events. Furthermore, data collection is ongoing which aims to demonstrate that remote resilience interventions can lead to less post event disruption to individual responders functioning.

### **Conclusion**

The ability of human operators to respond effectively to challenging highly stressful situations is an often-overlooked component of emergency response systems. While we have become better at selecting individuals at entry to high stress occupations, mistakes are often made. It is immensely

expensive to train medical professionals; yet, one year post graduation, many in the UK are already at a point where their functioning in the role is compromised to the point, they either leave the occupation or make mistakes requiring expensive interventions. Indeed, many emergency response systems (health systems included) traditionally focus most of their resources on intervening once issues develop (i.e. waiting for a disease to manifest before instigating treatment). The aim of the group is to intervene (via evidence-based training delivered remotely with low time and financial costs) before the individual demonstrates negative health consequences (psychological or physical). In short, the intervention design enhances an individual's ability to cope in high stress environments while being accessible, cost effective and critically prophylactic.

For further information please contact Dr James Erskine on [jerskine@sgul.ac.uk](mailto:jerskine@sgul.ac.uk) or Dr Linda Perkins-Porras [lperkins@sgul.ac.uk](mailto:lperkins@sgul.ac.uk) .

## References

Bhatnagar, G. (2020). Physician burnout. *The Lancet*, 395(10221), 333.

Fauquet-Alekhine, Ph. & Erskine, J. (2021) Occupational Stress: Understanding, Managing, Treating. London: Palgrave Macmillan.

Koh, D., Lim, M. K., Chia, S. E., Ko, S. M., Qian, F., Ng, V., ... & Fones, C. (2005). Risk perception and impact of severe acute respiratory syndrome (SARS) on work and personal lives of healthcare Workers in Singapore What can we Learn?. *Medical care*, 676-682.

Paterson, H. M., Whittle, K., & Kemp, R. I. (2015). Detrimental effects of post-incident debriefing on memory and psychological responses. *Journal of Police and Criminal Psychology*, 30(1), 27-37.

Rabstejnek, C. V. (2014). Evaluating the efficacy of critical incident stress debriefing: A look at the evidence.

Sla, B. (2016). Physician burnout: a global crisis. *Lancet*, 388(10193), 2272-2281.

Tennant, R., Hiller, L., Fishwick, R., Platt, S., Joseph, S., Weich, S., ... & Stewart-Brown, S. (2007). The Warwick-Edinburgh mental well-being scale

(WEMWBS): development and UK validation. *Health and Quality of life Outcomes*, 5(1), 1-13.

Tuckey, M. R., & Scott, J. E. (2014). Group critical incident stress debriefing with emergency services personnel: a randomized controlled trial. *Anxiety, Stress & Coping*, 27(1), 38-54.

Zhou, A. Y., Panagioti, M., Esmail, A., Agius, R., Van Tongeren, M., & Bower, P. (2020). Factors associated with burnout and stress in trainee physicians: a systematic review and meta-analysis. *JAMA network open*, 3(8), e2013761-e2013761.

## **Proceedings translated into French**

Translation: Dr. Ph. Fauquet-Alekhine



# Un simulateur de robot pour vivre des situations et des phénomènes virtuels afin d’être compétent en téléopération robotique

Kawabata, K.

Collaborative Laboratories for Advanced Decommissioning Science (CLADS),  
Japan Atomic Energy Agency (JAEA), Japan

Email: [kawabata.kuniaki@jaea.go.jp](mailto:kawabata.kuniaki@jaea.go.jp) ; [kuniaki\\_kawabata@yahoo.co.jp](mailto:kuniaki_kawabata@yahoo.co.jp)

## Abstract

Cet article décrit un simulateur de robot qui est un outil numérique pour fournir une expérience de téléopération robotique virtuelle. Après nos expériences dans les opérations à distance pour le démantèlement des centrales nucléaires de Fukushima Daiichi (FDNPS) appartenant à Tokyo Electric Power Company Holdings Inc. (TEPCO), nous avons de nouveau réalisé qu’il est essentiel pour les opérateurs d’acquérir une technique de manœuvre robotique appropriée afin d’exécuter des tâches sûres et fiables en espace de travail avec incertitudes. Afin de contribuer à la formation et à la maîtrise de l’exploitation, nous développons un simulateur de robot pour fournir une expérience d’exploitation à distance virtuellement. Dans cet article, nous présentons l’état actuel du développement du simulateur de robot et l’examen récent de son application à la formation des compétences de l’opérateur.

## Introduction

La Japan Atomic Energy Agency (JAEA, Agence japonaise de l’énergie atomique) a été créée en 2005 et la mission de la JAEA est de contribuer au bien-être et à la prospérité de la société par le biais de la science et de la technologie nucléaires en tant qu’institution japonaise de recherche et de développement nucléaires. Depuis l’accident de FDNPS, TEPCO, qui s’est produit en mars 2011, le Secteur de la recherche et du développement de Fukushima de la JAEA a contribué activement à la promotion constante de la restauration de l’environnement et du déclassement du point de vue technique. En effet, suite à l’accident de Fukushima, les technologies de télécommande sont devenues cruciales pour éviter d’exposer les travailleurs aux radiations et aussi pour effectuer diverses tâches comme la

reconnaissance à l'intérieur de la centrale, la décontamination radiologique et l'enlèvement de matière lors du démantèlement.

D'après les expériences et les leçons apprises lors des travaux de démantèlement antérieurs dans le FDNPS, nous considérons la formation pour les compétences de l'opérateur pour la manœuvre des robots, l'amélioration de la sensibilisation à l'état du système téléopéré basée sur les données sensorielles transférées à partir d'un site d'intervention distant, et l'évaluation des performances des robots télécommandés pour des exécutions de tâches sûres et sécurisées dans l'espace de travail avec incertitudes. Par conséquent, notre groupe a commencé la recherche et le développement des technologies qui leur sont liées (Kawabata, 2020).

En particulier, la compétence de l'opérateur est une question essentielle pour réaliser des exécutions de tâches en toute sécurité dans un espace avec incertitudes. Pour la formation et le test des compétences de l'opérateur, nous développons un simulateur nommé simulateur de robot capable de fournir les environnements de formation, de tester la compétence opérationnelle du robot et d'optimiser la conception du robot, etc. dans un environnement virtuel (Kawabata et al., 2017).

L'objectif de cet article est de présenter l'état actuel du développement du simulateur de robot pour la formation et le test de la compétence opérationnelle en téléopération robotique pour le démantèlement des installations nucléaires.

### **Simulateur de robot et ses applications**

Le simulateur de robot est développé sur la base de Choreonoid (Nakaoka, 2012, Choreonoid Official Site) qui est un logiciel open source sous licence MIT offrant une vaste plate-forme de développement de logiciels de robotique graphique pour la construction d'applications d'interface utilisateur graphique (GUI). Afin de fournir des expériences de manœuvre robotique simulées dans un modèle d'espace de travail virtuel 3D, y compris les conditions de déclassement, le simulateur de robot fournit des réponses interactives aux commandes opérationnelles transmises à l'espace de travail virtuel, telles que le comportement physique dynamique basé sur les informations du modèle et les forces d'interaction entre les objets virtuels, la collecte d'informations sensorielles à partir de l'espace de travail virtuel et la présentation d'images de caméra. Nous avons déjà développé les

fonctions de simulation du comportement physique sous-marin, du comportement aérien, des effets visuels / perturbations et des conditions de circulation de la communication en tant que programmes plug-in de Choreonoid (Suzuki et al., 2020) et également certains utilitaires logiciels pour améliorer l'utilisation du simulateur de robot (Suzuki et al., 2021). Toutes ces fonctions peuvent être utilisées sur un ordinateur installé avec Choreonoid et Ubuntu Linux Operating System. L'utilisateur peut configurer les situations en sélectionnant des fonctions de simulation selon ses exigences.

Le logiciel plug-in développé est un logiciel open-source sous licence MIT, tout comme Choreonoid et le code source peuvent être téléchargé librement à partir de GitHub (Hairo World Plug-in ; « Hairo » signifie démantèlement en japonais).

L'utilisation des robots dans un espace de travail distant est complexe, même dans de bonnes conditions, d'autant plus que les opérateurs doivent contrôler les robots sur la base d'une quantité limitée d'informations sensorielles transmises depuis le robot à l'interface de commande. La formation des opérateurs, qui est un aspect essentiel de la réussite de la tâche, peut généralement être effectuée sur les maquettes en répétant la réalisation de la tâche planifiée. Cependant, afin d'améliorer la maîtrise des opérateurs et de développer leur capacité d'adaptation, il est important de leur proposer différentes situations en fonction de la formation (voir par exemple Fauquet-Alekhine & Pehuet, 2016). C'est tout l'intérêt d'utiliser une technologie de simulation capable de changer à la demande la situation ou même les difficultés rencontrées par l'opérateur lors du programme de formation. En ce qui concerne la possibilité de changer les situations et les difficultés pendant le programme d'entraînement, il permet de continuer à fournir des tensions / contraintes à l'opérateur comme dans la situation d'exploitation réelle. De plus, il a également été prouvé que l'opérateur s'habitue aux difficultés ou aux changements de situation ce qui contribue à entraîner l'autogestion de la tension/stress en répétant la tâche simulée encore et encore (Fauquet-Alekhine & Erskine, 2021).

Récemment, il a également été tenté d'appliquer le simulateur de robot au processus de vérification des compétences tout en effectuant la tâche à l'aide d'un robot téléopéré. Pour ce faire, nous avons développé une

fonction qui agit en conjonction avec le simulateur de robot et collecte les données pendant le fonctionnement et affiche les données collectées à la demande après l'essai d'opération (Abe et al., 2021).

Nous avons également commencé un travail collaboratif pour intégrer la technologie des simulateurs de robots dans le programme de formation à l'exploitation avec le Centre d'assistance d'urgence nucléaire de Mihama (M-NEACE) de la Japan Atomic Power Company et une équipe d'intervention de JAEA.

Nous développons également une méthode de modélisation 3D à partir d'images obtenues lors d'explorations d'espaces de travail réels (Figure 1) par un robot télécommandé, en utilisant des techniques de photogrammétrie, y compris le nuage de points 3D dérivé par le calcul Structure from Motion et Multi View Stereo (MVS) (Kawabata, 2020). Ce thème de R&D a été lancé pour fournir le modèle 3D afin d'améliorer la conscience de l'état de l'opérateur pendant l'exécution de la tâche. Étant donné que ce type de technique contribue également à fournir des contenus numériques de l'espace de travail 3D à partir de données sensorielles collectées dans un espace de travail réel, des modèles construits peuvent être installés sur le simulateur de robot et de tels contenus réalistes pourraient bénéficier positivement à la formation des compétences de l'opérateur (Figure 2) et à la répétition de l'exécution de la tâche.

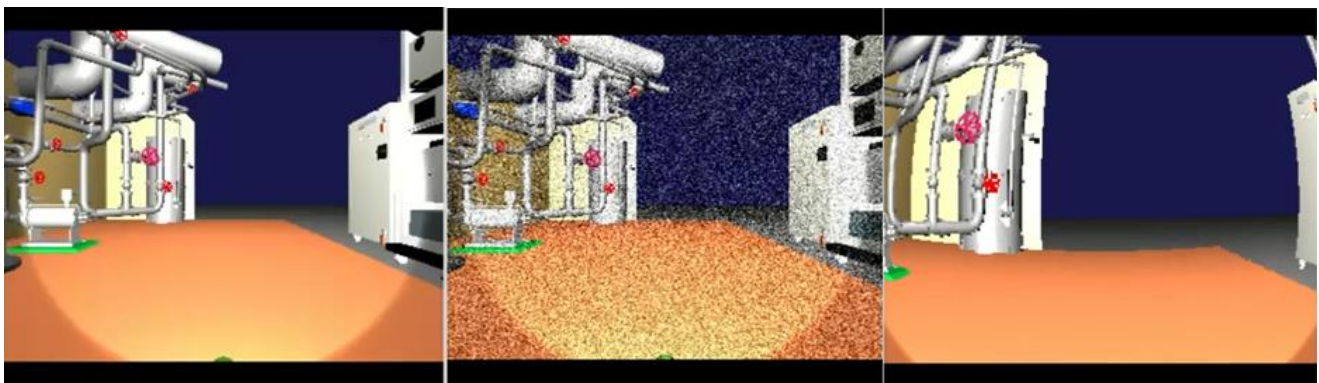


Figure 1 : Exemples de diverses présentations d'images simulées de caméra

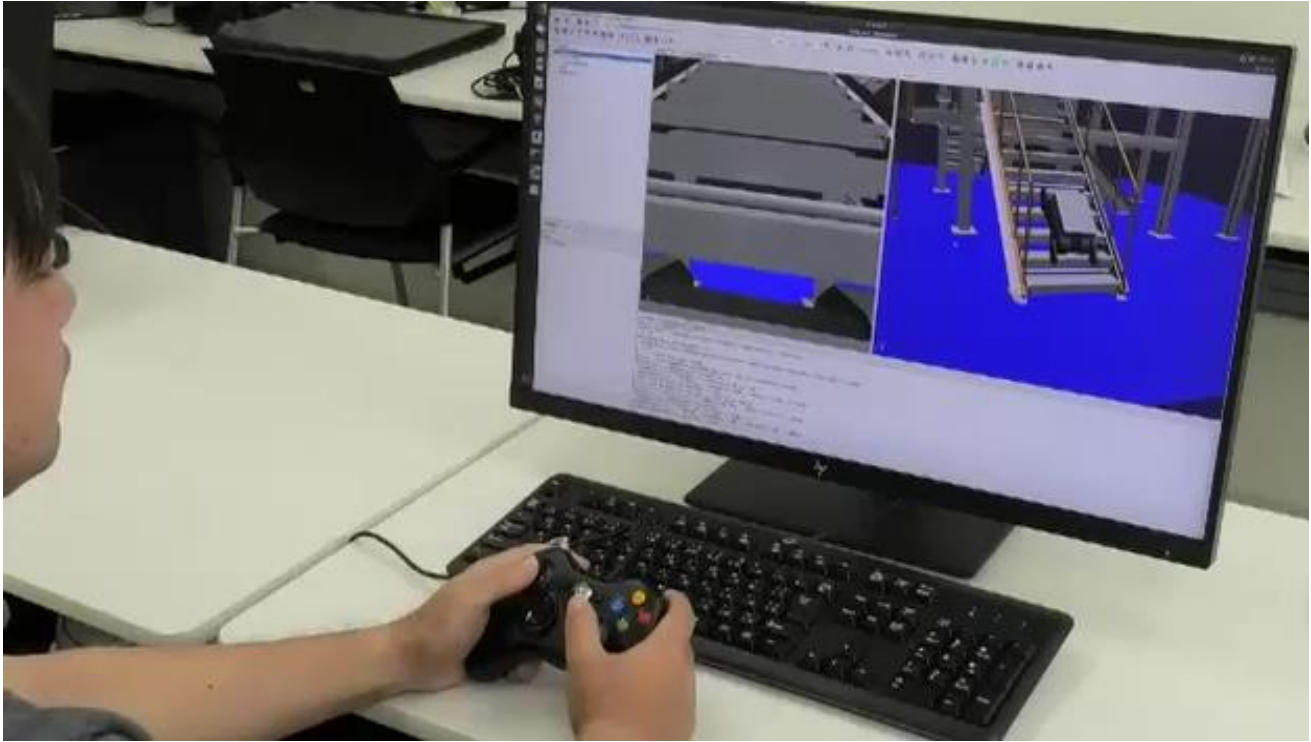


Figure 2 : Expérience de l'opération à distance à l'aide d'un simulateur de robot

## Conclusion

Le démantèlement du FDNPS durera plusieurs décennies et comprendra encore divers types de tâches d'exploitation à distance dans des conditions de rayonnement sévères. Dans cette perspective, les technologies de téléopération existantes seront encore utilisées pendant longtemps et de nouvelles technologies doivent évidemment être développées : les deux impliquent de disposer d'un programme de formation efficace et d'outils pertinents pour former les opérateurs, parmi lesquels le simulateur de robot semble être un contributeur clé.

## Remerciements

La plupart du contenu présenté dans cet article est le résultat de collaborations avec mes collègues et co-équipiers. Je tiens à leur exprimer ma grande gratitude pour les efforts qu'ils ont déployés dans ce domaine.

## References

Abe, F., Kawabata, K., Suzuki, K., & Yashiro, H., (2021, January) "A Simulator-based System for Testing Skill to Maneuver Robot Remotely: - Implementations of Data Collection and Presentation Functions Related to

Robot Maneuver-”, Proceedings of 2021 IEEE/SICE International Symposium on System Integration, pp835-836, 2021

Choeonoid Official Site, <https://choreonoid.org/en/>

Fauquet-Alekhine, Ph., Pehuet, N. (2016) Simulation Training: Fundamentals and Applications. Berlin: Springer.

Fauquet-Alekhine, Ph. & Erskine, J. (2021) Occupational Stress: Understanding, Managing, Treating. London: Palgrave Macmillan.

Hairo-world-plugin, <https://github.com/k38-suzuki/hairo-world-plugin>

Kawabata, K. (2020). Toward technological contributions to remote operations in the decommissioning of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station. Japanese Journal of Applied Physics, 59(5), 050501, 1-9.

Kawabata, K., Suzuki, K., Isowa, M., Horiuchi, K., & Ito, R. (2017, June). Development of a robot simulation system for remotely operated robots for operator proficiency training and robot performance verification. In 2017 14th International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI) (pp. 561-564). IEEE.

Nakaoka, S. (2012, December). Choreonoid: Extensible virtual robot environment built on an integrated GUI framework. In 2012 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII) (pp. 79-85). IEEE.

Suzuki, K. & Kawabata, K.(2020) “Development of a Robot Simulator for Decommissioning Tasks Utilizing Remotely Operated Robots,” J. Robot. Mechatron., Vol.32, No.6, pp. 1292-1300, 2020.

Suzuki, K. & Kawabata, K. (2021, January) “HAIROWorldPlugin: a Choreonoid plugin for virtually configuring decommissioning task environment for the robots”, Proceesings of 2021 IEEE/SICE International Symposium on System Integration, pp833-834, 2021.

# Préparer les pilotes à la gestion du stress dans les opérations en cas d'accident nucléaire

Gustmann, M., Süss, U.

Kerntechnische Hilfsdienst GmbH (KHG)

Germany

Email: [m.gustmann@khgmbh.de](mailto:m.gustmann@khgmbh.de) ; [u.suss@khgmbh.de](mailto:u.suss@khgmbh.de)

## Abstract

Le “Kerntechnische Hilfsdienst GmbH” (KHG) a pour vocation d'intervenir sur des situations accidentelles nucléaires. Pour cela, des moyens téléopérés sont utilisés par des pilotes en équipe de 3. Afin de réduire l'impact des facteurs de stress sur la performance des pilotes, un effort particulier est fait sur le programme d'entraînement, sur l'ergonomie des systèmes, et sur le travail en équipe.

## Introduction

Le “Kerntechnische Hilfsdienst GmbH” (KHG) a été créé en 1977 sur la base de l'anciennement "Kerntechnische Hilfszug" du Centre de recherche nucléaire de Karlsruhe, en Allemagne. L'objectif de KHG est de fournir une réponse opérationnelle en cas d'urgence nucléaire en tant qu'institution privée commune pour des actions d'urgence en cas d'accident nucléaire afin de :

- stabiliser la centrale nucléaire après un accident,
- analyser la cause d'un accident,
- éliminer les effets causés par un accident.

Pour réaliser les missions connexes, un système d'appel permet d'alerter KHG nuit et jour par téléphone (personnel permanent et qualifié).

Le contrôle d'urgence interne KHG est situé à Eggenstein-Leopoldshafen près de Karlsruhe, dans le sud-ouest de l'Allemagne. KHG compte 21 membres de personnel permanents et 140 personnes formées par KHG et agissant sous la direction du personnel permanent.

L'organisation globale peut être décrite en quatre points :

- Groupe d'infrastructures : Transport, Communication, Alimentation électrique,

- Groupe de radioprotection : Mesure et protection,
- Groupe de décontamination : Décontamination mobile,
- Groupe de manutention à distance : Travail à effectuer dans les zones à débit de dose élevé.

### La flotte KHG

KHG exploite une flotte de véhicules terrestres sans pilote (UGV) dans la gamme du petit robot d'inspection pour tuyaux d'un diamètre minimum de 0,2 m jusqu'à une pelleuse de 25T (Fig.1) :

- Classe « petite porte » : Pipe crawler, EROS, Telexmax
- Classe « porte de salle » : MF3, MF4, LMF, MTS
- Classe « double porte » : HMS
- Classe « extérieur » : Excavatrice



Fig.1: La flotte KHG allant du petit robot d'inspection pour tuyaux d'un diamètre minimum de 0,2 m jusqu'à une pelleuse de 25T .

Tous les UGV sont connectés au site de contrôle par câble ou par transmission hertzienne. De plus, la plupart des UGV peuvent gérer des outils. La variété des outils commence par de simples outils mécaniques comme des crochets à des outils électriques, comme les foreurs. L'alimentation des outils électriques est réalisée soit par les lignes



électriques du câble de connexion entre la station de commande et le système manipulateur, soit par l'énergie de la batterie embarquée.

KHG exploite également une flotte de véhicules aériens sans pilote (UAV). Les UAV (Fig.2) sont utilisés pour les tâches d'inspection et de mesure aéroportées. Différents capteurs (par exemple : dosimètre) peuvent être transportés par UAV.



Fig.2: Au premier plan, exemples de véhicules de la flotte de drones KHG.

### **Le rôle des pilotes**

Tous les véhicules sont entièrement téléopérés par des pilotes, également appelés « opérateurs ». À tout moment, un opérateur fait partie de la boucle de contrôle. Tous les pilotes de KHG sont membres de sociétés de

services nucléaires en Allemagne. Les bénévoles de ce personnel passent une évaluation de deux jours à KHG ; la dextérité, la tolérance au stress, le sens de l'espace et la capacité à travailler en équipe sont vérifiés.

Les principaux dispositifs d'entrée pour la conduite ou la manipulation à distance sont les joysticks. Deux des systèmes (LMF et HMS) sont équipés d'un Masterarm à retour de force.

Des caméras vidéo sont utilisées pour voir la zone de travail. Certaines caméras sont montées sur une tête pan&tilt et des zooms sont également intégrés dans les systèmes. Pour des cas spéciaux, des caméras stéréo et les moniteurs stéréo correspondants offrent une vue 3D de la scène.

Certains des systèmes manipulateurs sont équipés d'un système audio. Le son du site d'intervention est enregistré et retransmis dans la salle de contrôle.

Selon la complexité de la tâche et du système manipulateur, l'équipe d'exploitation est constituée de 1 à 3 pilotes. Une équipe de 3 pilotes se compose du pilote manipulateur, qui effectue la tâche de manutention d'origine, de l'opérateur du système qui est responsable de l'état du système, comme l'état de l'alimentation, les alarmes entrantes du système et le superviseur. Le superviseur a en charge plusieurs tâches :

- Avoir une vue d'ensemble de la situation complète et intervenir en cas d'imprévu ; le superviseur doit également avoir un contact avec le chef d'intervention de KHG (forces de crise externes).
- Lors d'un travail coopératif impliquant plusieurs systèmes manipulateurs, il a en charge la synchronisation du processus de travail.
- Observation de l'équipe : si le superviseur constate que le niveau de stress de l'un des membres de l'équipe est trop élevé, le superviseur peut interrompre l'activité et modifier la fonction du membre de l'équipe.

En ce qui concerne le dernier point, tous les pilotes sont formés pour jouer chacun des trois rôles. En conséquence, chaque pilote connaît les « besoins » de l'autre, par exemple lors du forage d'un trou par le pilote manipulateur, le superviseur du système peut regarder les informations de la profondeur de forage et indiquer la valeur sans demander au pilote

manipulateur.

### **Les facteurs de stress**

Les pilotes sont concernés par différents types de facteurs de stress dans différents contextes. Mais avant tout, nous devons définir de quel type de stress nous parlons. Pour le dire simplement, le stress correspond à l'état psychologique associé à une situation où quelqu'un doit résoudre une tâche et n'est pas capable de faire le travail de manière « facile » car :

- La personne n'a pas les bons outils,
- La personne n'a pas les compétences,
- Les circonstances du travail sont défavorables.

Les facteurs de stress proviennent principalement de l'environnement, de la conception de la machine, de son interface, ou de la communication opérationnelle.

### ***L'environnement***

Le travail que nous avons à effectuer est très risqué, pour les opérateurs et l'environnement. De plus, dans certains cas, le temps est critique et souvent vous n'avez qu'une seule chance.

Après un accident, la zone d'intervention est normalement complètement déstructurée. En conséquence, vous devez être très prudent en exploitant un système téléopéré et en travaillant avec lui dans une situation critique comme celle-ci.

De plus, travailler avec un système téléopéré est très complexe. Vous n'avez ni contact direct, ni vue directe sur les objets que vous devez manipuler. Un système stéréo et un système audio aident à surmonter ces problèmes. Mais tous les systèmes n'ont pas de telles fonctions et, même lorsqu'ils en sont équipés, leur fonctionnement nécessite beaucoup d'entraînement.

### ***La conception de la machine et de l'interface homme-machine***

La plupart des systèmes de manipulation sont des pièces uniques. La conception est principalement axée sur la fonctionnalité nécessaire à l'exécution de la tâche malgré le fait que des efforts puissent être déployés lors du développement de ce type de machines inhabituelles (voir par exemple : Aust, Gustmann & Niemann, 1994 ; Klamt et al., 2019, 2020 ; Petereitet al., 2019). La conception de l'interface homme-machine est souvent une solution provisoire et seuls les principaux aspects

ergonomiques sont pris en compte. En conséquence, il est parfois difficile pour l'opérateur de « trouver » et « d'utiliser » les fonctions intégrées dans le système.

### **La communication opérationnelle**

Un autre aspect du stress est l'échange dans l'équipe. Au sein de l'équipe, la structure hiérarchique doit être claire. Il peut y avoir des discussions au sein du groupe avant une intervention. Mais lors de l'intervention, dans certains cas, il doit y avoir un « Boss ». Pour « comprendre » les ordres du superviseur, il doit y avoir un standard de communication spécial au sein de l'équipe. Les ordres du superviseur doivent être répétés par les autres membres de l'équipage et reconnus par le superviseur.

### **Objet de l'article**

Compte tenu de ces résultats concernant les activités des pilotes et les facteurs de stress connexes, l'objectif de ce document est de partager les solutions qui ont été mises en œuvre pour réduire les effets de ces facteurs sur les pilotes lors de l'utilisation des machines.

Suite aux conclusions de la section précédente, les points suivants peuvent contribuer à réduire le niveau de stress : formation, ergonomie, systèmes d'assistance.

### **Formation**

Tout d'abord : FORMATION FORMATION FORMATION ! Les pilotes doivent savoir ce que le système est capable de faire et ce qui ne l'est pas !

Par exemple, les pilotes doivent savoir ou connaître :

- la capacité de levage dans différentes géométries,
- l'amplitude de mouvement des manipulateurs,
- la portée de l'alimentation,
- la portée de la transmission hertzienne ou la longueur du câble de données,
- les capacités du système vidéo/audio,
- comment saisir quelque chose, par exemple en tenant compte de la vue de la caméra,
- comment utiliser les outils,
- etc.

Si les pilotes connaissent exactement les performances, les spécificités et les limites de leur système, le risque d'occurrence d'une situation sans issue peut être minimisé. La confiance des pilotes dans les capacités du système manipulateur augmentera et le niveau de stress diminuera.

En raison du fait que des robots KHG ont été déployés par des pilotes soviétiques après l'accident de Tchernobyl, il a été clairement démontré qu'une formation limitée dans le temps n'est pas suffisante pour un bon résultat de travail. Les pilotes ont besoin non seulement de connaître ou de savoir comment utiliser le système, mais ils ont également besoin d'une connaissance plus approfondie du système. Seul ce facteur permet au pilote de faire face à des problèmes techniques lors d'une intervention.

### ***Ergonomie***

Un autre point est la conception ergonomique de l'interface homme-machine. Les principes ergonomiques de base doivent être considérés dès la phase de conception initiale du système.

La méthode de base consiste à vérifier les capacités du pilote, à vérifier la fonctionnalité du système, puis à concevoir l'interface homme-machine en utilisant le principe ergonomique adéquat ; par exemple :

- Disposition du pupitre de commande et des dispositifs d'entrée dans l'espace de travail de l'opérateur,
- Disposition des moniteurs vidéo principaux dans le champ de vision principal de l'opérateur,
- Utilisation des principes de la conception de la boîte de dialogue (dialogue comme prévu : utiliser la bonne langue, c'est-à-dire pas l'anglais ou le Français pour les opérateurs allemands),
- Utilisation de la couleur (par exemple, le bouton d'urgence est rouge).

### ***Systèmes d'assistance***

En ce qui concerne les activités de travail, une phase importante avant de commencer une intervention est une reconnaissance de la zone de travail. À cette fin, des systèmes d'assistance à l'opérateur doivent être disponibles, tels un scanner laser pour construire un modèle du site réel, ou un module de cartographie pour montrer le chemin prévu d'un système manipulateur et pour stocker le chemin réel.

Parfois, plusieurs systèmes coopèrent pour la reconnaissance : par exemple,

les drones fournissent une vue d'ensemble de la scène, ou les petits UGV sont utilisés comme un « œil » supplémentaire.

### Remarques conclusives

En conclusion, pour minimiser le niveau de stress d'un pilote lors d'une intervention, les mesures inévitables sont les suivantes :

- Programme détaillé de formation des pilotes :
  - o fonctionnalité du système,
  - o connexions techniques au sein du système,
  - o coopération des tâches de différents systèmes,
  - o utilisation des différents sens.
- Reconnaissance du site d'intervention en préambule de la mission,
- Utilisation des systèmes d'assistant utilisateur, comme le scanner laser,
- Conceptions ergonomiques de l'interface homme-machine,
- Travail de consolidation d'équipes (team building) :
  - o méthodes de communication,
  - o hiérarchie d'équipe.

### References

Aust, E., Gustmann, M., & Niemann, H. R. (1994). A six-axes robot for deep water applications. *Conference: Underwater Intervention '94*, San Diego, CA (United States), 298-304

Klamt, T., Rodriguez, D., Baccelliere, L., Chen, X., Chiaradia, D., Cichon, T., ... & Behnke, S. (2019). Flexible disaster response of tomorrow: Final presentation and evaluation of the CENTAURO system. *IEEE robotics & automation magazine*, 26(4), 59-72.

Klamt, T., Schwarz, M., Lenz, C., Baccelliere, L., Buongiorno, D., Cichon, T., ... & Behnke, S. (2020). Remote mobile manipulation with the centauro robot: Full-body telepresence and autonomous operator assistance. *Journal of Field Robotics*, 37(5), 889-919.

Petereit, J., Beyerer, J., Asfour, T., Gentes, S., Hein, B., Hanebeck, U. D., ... & Egloffstein, T. (2019, September). ROBDEKON: Robotic systems for decontamination in hazardous environments. In *2019 IEEE International*

*Symposium on Safety, Security, and Rescue Robotics (SSRR) (pp. 249-255).*  
IEEE.

# Stresser les pilotes pendant l'entraînement : biais et freins

**Fauquet-Alekhine, Ph.**

INTRA robotics, Avoine, France

SEBE-Lab, LSE, London, UK

Email: [philippe.fauquet-alekhine@groupe-intra.com](mailto:philippe.fauquet-alekhine@groupe-intra.com) ; [p.fauquet-alekhine@lse.ac.uk](mailto:p.fauquet-alekhine@lse.ac.uk)

## Abstract

Entraîner les unités opérationnelles au management du stress en vue de la gestion des situations opérationnelles réelles n'est pas trivial. Selon les professions, en formation, il est difficile de reproduire des facteurs de stress crédibles dont l'effet stressant ne serait pas atténué par la simulation. Il est donc important de mener une réflexion sur la manière dont cet entraînement peut être conduit de manière efficace. Le présent article propose des pistes de réflexion et des axes de travail sur le sujet.

## Introduction

Le groupe INTRA robotics est une entité opérationnelle créée après l'accident de Tchernobyl. Le groupe présente des moyens mutualisés pour les trois maisons mères ayant créé le groupe : Electricité de France (EDF), le Commissariat à l'Energie Atomique et aux énergies renouvelables (CEA) et Orano. Le groupe INTRA robotics a pour vocation de faire intervenir des robots pilotés à distance en cas d'accident nucléaire dans des zones irradiantes ou contaminées. Il s'agit donc de suppléer à une intervention humaine qui aurait des conséquences néfastes sur la santé de l'Homme.

Le groupe dispose de moyens techniques téléopérés (UGV et UAV) décrit au paragraphe suivant.

Sur le plan des ressources humaines, le groupe est composé de 20 agents permanents complétée par 20 agents externes en renfort. Le groupe est disponible 24h sur 24 et 7 jours sur 7 grâce à une équipe d'astreinte de 5 à 9 personnes mobilisables sous 1h.



## Le travail de pilotage au groupe INTRA : les engins

Le groupe dispose de moyens techniques tel que des robots terrestres (UGV) et aériens (UAV) de tailles diverses afin de réaliser différents types de missions (Bleuze, 2021).

Pour la dimension terrestre : de petits robots pour l'exploration visuelle et radiologique de moins de 30 cm de hauteur (Fig. 1), des robots équipés de bras articulés d'une élongation d'environ 1.5m pour permettre la manipulation d'équipement industriel (Fig.2), des engins lourds de 6 tonnes équipés de bras articulés d'une élongation de plusieurs mètres pour la reconnaissance et les manipulations en extérieur (Fig.3), et des engins lourds de travaux publics pour le dégagement de voies routières encombrées (Fig.4).



Fig.1 : Exemple de petit robot terrestre pour exploration visuelle et radiologique – NERVA XX de chez NEXTER.

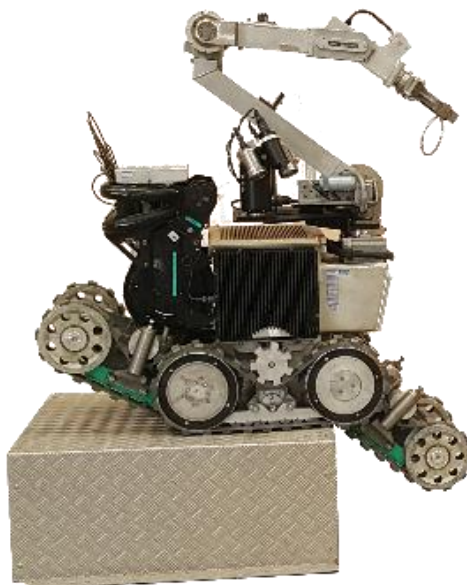


Fig.2 : Exemple de robot terrestre équipé d'un bras articulé pour manipulation d'équipement industriel : EOLE.



Fig.3 : Robot terrestre lourd équipé d'un bras articulé d'une élongation de plusieurs mètres pour reconnaissance et manipulation à l'extérieur : ERASE.



Fig.4 : Flotte d'engins de travaux publics lourds téléopérés : EPELL, EPPB, EBULL.

Pour la dimension aérienne, le groupe dispose d'une flotte d'une dizaine de drones dont l'envergure s'étend de 15 cm à 120 cm environ. L'emport du

plus gros drone est de 5kg (Fig.5). Les drones sont tous électriques sauf un drone qui est électrique et thermique. Ce dernier permet une élongation de vol beaucoup plus importante, jusqu'à 15km. Les drones sont utilisés pour des reconnaissances visuelles et radiologiques, pour des mesures bathymétriques, pour des recherches de signatures thermiques, pour la livraison de petits matériels, et pour la dépose de balises radiologiques.



Fig.5 : Drone grande envergure, emport 5 kilos : MATRICE 600 de chez DJI.

### **Le travail de pilotage au groupe INTRA : les pilotes**

Actuellement, les petits robots terrestres et les drones sont pilotés à partir de tablettes. Les robots de plus grande taille sont pilotés à partir de postes de pilotage aménagés dans des véhicules de type camionnette ; ces postes de pilotage sont dotés d'écrans multiples permettant l'exploitation du retour vidéo des nombreuses caméras équipant les robots. Ces caméras sont utilisées pour l'exploration des zones à investiguer et pour l'aide au pilotage. Les engins de travaux publics peuvent aussi être pilotés à partir d'un véhicule NRBC de 55 tonnes (Fig.4, au centre) ; ceci permet au pilote d'être au plus près de l'engin téléopéré tout en restant sécurisé du point de vue radiologique.

Les drones sont tous pilotés à partir de tablette. Depuis récemment, un retour vidéo vers les postes de pilotage des robots terrestres permet un appui de l'aérien vers le terrestre : le pilote du robot terrestre, depuis son poste de pilotage en cabine, dispose d'une vue aérienne de l'évolution de

son robot que le pilote du drone lui renvoie en retour vidéo. Ceci est facilement réalisable en extérieur mais nécessite des conditions particulières en intérieur.

### **Objectifs de l'article**

Le premier objectif de cet article est de présenter les principales catégories de facteurs de stress liés à l'activité de pilotage.

Le second objectif de cet article est de présenter un aperçu de la façon dont les pilotes sont préparés à vivre des situations opérationnelles réelles de pilotage sous stress intense dans un contexte particulier : celui de la contamination radiologique potentielle. Il s'agit donc de décrire brièvement les entraînements qui permettront aux pilotes de se confronter à de telles situations. Le scope des entraînements est évidemment beaucoup plus large ; pour plus d'informations, le lecteur se reportera à Kessler & Bleuze (2019).

Le troisième objectif de cet article est de présenter et de discuter les difficultés liées à la création de situations stressantes lors des simulations associées aux entraînements. En effet, ces situations doivent être pertinentes, c'est à dire générer des stress intenses dans un contexte opérationnelle suffisamment réaliste. De nombreuses études ont démontré l'importance de ces deux critères pour pouvoir préparer efficacement des agents opérationnels aux situations accidentelles ou aux situations de crise (voir par exemple : Fauquet-Alekhine & Pehuet, 2016).

### **Les principales catégories de facteurs de stress**

Les pilotes sont concernés par le stress pour l'essentiel à 4 niveaux :

- au niveau de l'intégrité du robot (facteurs internes et externes)

Piloter un UGV ou un UAV en milieu industriel comporte des risques qui pourraient conduire à la détérioration ou à la perte de l'engin. En effet, les engins sont amenés à évoluer dans des corridors étroits, dans des espaces encombrés de machines, de tuyauterie et de câbles, et doivent suivre des chemins qui sont conçus pour être emprunté par l'Homme (notamment les escaliers). Ainsi, une erreur de pilotage pourrait conduire à une collision ou à une chute, laquelle pourrait détériorer le robot. En situation simulée, cela se traduirait par un coût de réparation potentiellement important. En

situation accidentelle, cela pourrait se traduire par l'immobilisation du robot sur place et donc l'obstruction d'un passage qui obligerait à envoyer un autre robot par une autre voie d'accès vers le lieu d'intervention. Dans certains cas, cela pourrait s'avérer impossible. En outre, en situation accidentelle, il faut considérer que le milieu industriel serait déstructuré (effondrement de plafond ou de plancher, affaissement de mur, tas de gravats par exemple) ce qui complique considérablement le pilotage de l'engin, notamment terrestre.

- au niveau du succès d'une mission (facteurs externes)

Lors des entraînements, où lors d'interventions opérationnelles, le critère temps est toujours d'une importance capitale. En d'autres termes, une mission ne peut être réussie de manière satisfaisante que si elle est réalisée avant une échéance donnée. Si la mission dépasse cette échéance, alors le résultat produit n'est plus exploitable. Par exemple, la dépose de balises radiologiques sur un périmètre donné autour d'un accident nucléaire n'a de sens que si elle permet de prévenir les populations d'une pollution radioactive imminente. La dépose de telles balises au-delà d'une échéance donnée pourrait se traduire par une mesure qui interviendrait alors que la contamination a déjà recouvert les zones habitées, d'où l'importance de l'échéance associée à la mission. Le critère espace est également d'une importance cruciale. En lien avec le point précédent, le pilote doit envisager l'évolution de son engin dans un espace encombré et ajuster cette évolution en fonction des obstacles rencontrés non prévus. Ceci implique de mobiliser les ressources cognitives pour pouvoir s'adapter et anticiper le pilotage de façon permanente, et donc contribue à l'incertitude de la réussite de la mission tout le temps du pilotage.

- au niveau du risque radiologique (facteurs externes)

En situation opérationnelle réelle, le risque radiologique peut devenir significatif au point que l'alarme du dosimètre électronique du pilote lui rappelle le danger auquel il s'expose. Cette menace pour l'intégrité physique du pilote, bien qu'invisible, est un facteur de stress supplémentaire. La menace se transforme en contrainte lorsque le contexte radiologique impose au pilote de porter les équipements NRBC (tenue complète et masque à cartouche ; voir Bleuze, 2021) alors qu'il est en charge de piloter un engin. Les contraintes physiques ont alors un impact significatif sur les capacités cognitives du pilote (Fig.6).

- au niveau de leur estime de soi (facteurs internes)

Dans une moindre mesure, un facteur de stress est associé à la perception qu'a le pilote de la façon dont les personnes qui l'entourent peuvent apprécier la mise en œuvre de sa compétence. Faire une erreur de pilotage conduisant à la détérioration partielle ou totale de l'engin, ou être dans l'incapacité de terminer la mission dans les temps, contribuerait à donner une image négative de la compétence du pilote vis-à-vis des autres. Les entretiens avec les pilotes et les observations des pilotes en activité de travail ont montré que ce sentiment, bien que non majeur, était un facteur de stress permanent pour la plupart d'entre eux.

### **La préparation à la gestion des facteurs de stress**

Afin de préparer les pilotes à la gestion des facteurs de stress associés aux situations de pilotage, les pilotes sont périodiquement entraînés lors de formations ou d'exercices générant un stress aigu. L'attendu est que les pilotes ne détériorent pas leur performance sous stress et fassent preuve de résilience après l'épisode de stress afin de poursuivre leur activité de pilotage efficacement (Erskine, 2021).

Dans ces situations de simulation, générer un stress aigu de forte intensité est fondamental mais n'est pas évident (Fauquet-Alekhine et al., 2021), en particulier lorsque les pilotes sont expérimentés, et donc, ont été confrontés plusieurs fois et périodiquement aux facteurs de stress. En effet, le pilotage d'un engin dans le contexte professionnel de l'intervention sur accident est une activité requérant une forte mobilisation des ressources cognitives.



Fig.6 : Pilote équipé d'une tenue NRBC.

La focalisation attentionnelle qui en découle a tendance à rendre le pilote insensible à tout stimulus qui ne concernerait pas son objectif de pilotage. Dans ces conditions, les facteurs de stress externes qui n'impactent pas le pilotage ont peu de chance de stresser le pilote. Par exemple, envisager augmenter l'intensité du stress par des stimuli auditifs, olfactifs, kinesthésiques, ou visuels qui n'auraient pas de lien avec le pilotage a peu de chances d'aboutir. A l'opposé, envisager créer des difficultés de ce type

en lien avec le pilotage pourraient conduire à une perte de crédibilité de la situation simulée : la situation d'entraînement serait trop éloignée d'une situation potentiellement réelle et conduirait alors à désengager le pilote de l'exercice (Fauquet-Alekhine & Pehuet, 2016). En parallèle, en formation, certains facteurs de stress sont souvent soit inopérants, soit fortement atténués, biaisés. Au niveau radiologique, le pilote se sait protégé car il sait que ni les formateurs, ni le management, n'accepterait de l'exposer à un danger réel. Au niveau de l'intégrité du robot, le pilote sait que le formateur est là pour rattraper une situation qui conduirait à la détérioration de l'engin. Au niveau du succès de la mission associé aux dimensions temporelle et spatiale et leurs contraintes, le pilote en formation sait que l'enjeu n'est pas celui d'une situation opérationnelle réelle. Au niveau de l'estime de soi, le formateur doit être prudent car placer le stagiaire en situation d'échec pourrait conduire à un résultat contre-productif sur le plan de la compétence du pilote.

Pour quantifier concrètement l'effets de ces freins au stress des pilotes en entraînement, nous avons réalisé des mesures à l'aide du questionnaire d'auto-évaluation du stress perçu après un exercice de pilotage en tenue NRBC. La réponse à ce questionnaire est basée sur le volontariat. Ce questionnaire est le ALES, Appraisal of Life Events Scale élaboré par Ferguson et al. (1999). Le score relatif à la contrainte ou à la perte pouvant être obtenu à ce questionnaire est au maximum de 50 (fort stress perçu). Lorsque ce questionnaire est passé par des étudiants confrontés à un examen universitaire, le score est d'environ 30. Lorsque ce questionnaire est passé par des anesthésistes engagés sur une simulation au bloc opératoire pour la gestion de la perte d'un patient, le score est d'environ 20. Lorsque les pilotes de réacteurs nucléaires doivent gérer des situations perturbées avec une charge cognitive élevée en salle de commande, le score varie de 9 à 13 selon la fonction qu'ils occupent dans l'équipe (Fauquet-Alekhine et al., 2014; Fauquet-Alekhine & Erskine, 2021). Dans le cas qui nous concerne, le score est inférieur à 5 malgré tous les efforts faits pour stresser les pilotes.

## **Conclusion**

Il est difficile d'entraîner des pilotes d'engins téléopérés pour l'intervention en situations accidentelles à la gestion du stress aigu de forte intensité. Pour l'entraînement, un compromis subtil est à trouver afin de mettre en



œuvre des facteurs de stress tout en évitant de porter atteinte à l'intégrité physique ou mentale des pilotes ou de conduire à une situation qui détériorerait le matériel utilisé, tout en conservant à l'exercice d'entraînement sa crédibilité (notamment : représentativité de la situation opérationnelle réelle, objectifs formatifs et pédagogiques réalistes). L'élaboration d'un tel compromis n'est pas évidente. Et quand bien même un contexte stressant est créé tout en garantissant la sécurité des hommes et des matériels pendant l'exercice, ce contexte n'est qu'à usage unique car, dès l'instant où il y a habitude aux facteurs de stress, l'effet stressant du facteur diminue, voir disparaît. Les contextes stressants pour l'entraînement doivent donc être réinventés en permanence.

## **References**

Bleuze, J. (2021). The impact of the CBRN operational context on pilots' performance. Proceedings of the International Workshop INTRA – IWIN2021, 13 Oct. 2021, Avoine, France.

Erskine, J. (2021). Training pilots for stress resilience. Proceedings of the International Workshop INTRA – IWIN2021, 13 Oct. 2021, Avoine, France.

Fauquet-Alekhine, Ph.; Geeraerts, Th.; Rouillac, L. (2014) Characterization of anesthetists' behavior during simulation training: performance versus stress achieving medical tasks with or without physical effort, *Psychology and Social Behavior Research*, 2(2) 20-28.

Fauquet-Alekhine, Ph., Pehuet, N. (2016) *Simulation Training: Fundamentals and Applications*. Berlin: Springer.

Fauquet-Alekhine, Ph. & Erskine, J. (2021) *Occupational Stress: Understanding, Managing, Treating*. London: Palgrave Macmillan.

Fauquet-Alekhine, Ph., Bleuze, J., Mouret, H., Lenoir, Ch., & Kessler, Ph. (2021). The usefulness of stressing people in vocational training, Proceedings of the 28th. International "Stress and Behavior" Neuroscience and Biopsychiatry Conference, May 16-19, 2021 | St. Petersburg, Russia, 24.

Kessler, Ph. & Bleuze, J. (2019). Simulation for interventions in radioactive environments and nuclear accidents. Proceedings of the 1st Int. Conf. for Multi-Area Simulation (ICMASim), Oct. 2019, Angers, France, 125-130.

# L'impact du contexte opérationnel NRBC sur la performance des pilotes

**Bleuze, J.**

Senior Expert Engineer in Robotics at INTRA, Chief Operating Officer at INTRA robotics, France

Email: [julien.bleuze@groupe-intra.com](mailto:julien.bleuze@groupe-intra.com)

## **Abstract**

La probabilité pour qu'une intervention sur accident nucléaire se passe dans des conditions radiologiques détériorées est forte. Il est donc fondamental d'entraîner les équipes à réaliser leurs activités en tenue de protection radiologique (NRBC). Le port de ces équipements étant générateur de stress, l'entraînement des équipes doit intégrer impérativement cette dimension « stress » afin de garantir la performance des équipes en situation opérationnelle réelle. Cet article donne un aperçu des facteurs de stress rencontrés et propose quelques conseils pour la gestion du stress associé en entraînement.

## **Introduction**

Le groupe INTRA est un groupe d'intérêt d'entreprises entre EDF, CEA et Orano créé en 1988 après l'accident de Tchernobyl, soit plus de 30 ans d'expérience. Cette unité opérationnelle civile est basée près du CNPE de Chinon, dans le val de Loire, en France.

L'objectif du groupe INTRA est de concevoir, exploiter et maintenir des moyens téléopérés terrestres et aériens pour intervenir en milieu hostile à la place des Hommes en cas d'événement nucléaire. Cette entité spécialisée collabore également sur des projets français ou européens et développe des solutions technologiques innovantes à forte valeur ajoutée.

## **Description des missions et des engins téléopérés associées**

Le Groupe INTRA est en constante évolution et dispose aujourd'hui de moyens téléopérés performants de dernière génération. Pour répondre aux besoins opérationnels exprimés par EDF, CEA et Orano, et au contexte d'un accident nucléaire majeur, le groupe s'est doté de moyens d'intervention spécifiques. Le Groupe INTRA est organisé sous forme de modules d'intervention interopérables. Chaque module contient des moyens

opérationnels pouvant être mis en œuvre rapidement, (robots, drones, moyens de surveillance radiologique, postes de pilotage...). Au regard de l'événement et des besoins exprimés par l'exploitant, le groupe INTRA peut engager un ou plusieurs modules.

En synthèse, le GIE INTRA dispose de différents moyens opérables à distance permettant d'effectuer 4 typologies de missions :

- établir des états des lieux : reconnaissances visuelles, mesures de débit de dose, prélèvements d'échantillon, surveillance de l'environnement,
- surveiller des matériels : indicateurs de métrologie, état de l'équipement, fonctionnement du matériel,
- effectuer des manœuvres : actionneurs sur pupitre de commande ou en armoire, manipulation de vannes de tout type, manutention de secours,
- réaliser les travaux de dégagement ou de terrassement : dégagement d'accès ou de voies, creusement de tranchées, érection de digues, décapage de sol.

Afin de réaliser ces missions, le groupe INTRA dispose d'un parc diversifié de véhicules téléopérés, terrestres et aériens, adapté aux différents besoins (Fig1.).

Les femmes et les hommes constituant l'équipe du Groupe INTRA sont des agents sélectionnés, formés, entraînés et sont capables intervenir en phase d'urgence radiologique 24h/24h, 7J/7J en cas de sollicitation.

Les membres du groupe INTRA s'entraînent régulièrement sur des sites nucléaires français et disposent d'infrastructures variées pour les entraînements à la mise en œuvre des différents moyens d'intervention (Kessler & Bleuze, 2019).

### **Objectif de la présente contribution : la gestion du stress en conditions radiologiques détériorées**

Étant donné le cadre général des missions du groupe INTRA, à savoir intervenir en situation accidentelle nucléaire, les interventions sont toutes potentiellement concernées par les dimensions irradiation et contamination radioactive. Ces dimensions supposent que les missions pourraient devoir être réalisées en tenue NRBC (Fig.2).



**Unmanned Aerial Vehicule (UAV - drone)**

**Unmanned Ground Vehicule (UGV - robot)**

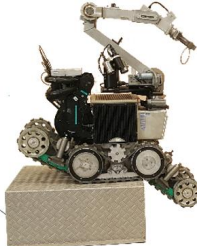
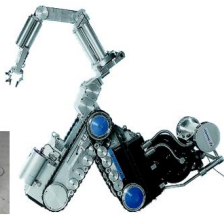
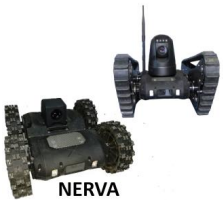


Fig.1 : Echantillon de la flotte d'engins téléopérés du groupe INTRA robotics.

Il est donc crucial d'entraîner les pilotes à travailler dans de telles conditions (Fauquet-Alekhine, 2021). Ces conditions sont génératrices de certains facteurs de contrainte, dont certains liés au stress, qui ont un impact potentiellement significatif sur la performance du pilote. L'objet de cette contribution est de proposer une analyse rapide de ces contraintes liées au stress et de leur impact sur la performance.

### **Les principaux facteurs de stress concernant le pilote**

Porter une tenue NRBC n'a rien de commun avec le port du vêtement quotidien ou d'une tenue de protection individuelle conventionnelle (Fig.2). Cette tenue est contraignante physiquement, et ces contraintes physiques génèrent des contraintes psychologiques, dont le stress.

Les contraintes physiques :

Certaines contraintes physiques concernent le corps du pilote. La personne peut se sentir engoncée dans la tenue même si elle a pris une taille large, peut se sentir serrée au niveau des extrémités (pieds et mains) puisqu'à ce niveau, une attention particulière est attachée à l'étanchéité entre les chaussures et la combinaison et entre les gants et la combinaison ; ceci peut induire des sensations de serrage aux chevilles et aux poignets. Et surtout, la personne se sent serrée au niveau du visage du fait de la pression du

masque qui doit rester étanche au niveau de la peau du visage, et peut percevoir des difficultés de respiration même si, techniquement, le système respiratoire n'induit en réalité qu'une perte de charge très faible.



Fig.2 a & b : Pilotes équipés de tenues NRBC préparant une exploration téléopérée par robot terrestre (a) et pilotant un drone aérien (b).

Du point de vue des sens, la personne entend moins bien, et, si la tenue n'est pas équipée d'un microphone, la personne doit fournir un effort pour se faire entendre des collaborateurs. Le masque réduit également le champ visuel, et produit nécessairement une odeur de plastique qui peut indisposer certaines personnes (Fig.3).

Ces contraintes peuvent être augmentées lors d'opérations en extérieur par météo défavorable : lorsqu'à cela s'ajoutent les effets de la pluie et du vent, ou, au contraire, celui d'un soleil accablant, l'inconfort de la tenue NRBC est exacerbé.

Les contraintes psychologiques :

Ces contraintes physiques se traduisent par des contraintes psychologiques dont certaines sont génératrices de stress aigu :

- Le port du masque peut être associé à la claustrophobie. Dans une moindre mesure, la sensation de ne pas pouvoir respirer correctement peut créer un stress aigu focalisant l'attention du pilote sur la nécessité de retrouver une respiration normale et suffisante pour se maintenir en vie. Cela se traduit parfois par une envie irrépressible d'arracher le masque du visage.
- Le port de la tenue NRBC et en particulier du masque réduisant l'efficacité des cinq sens, le pilote perçoit une sensation de coupure par rapport au monde extérieur, d'isolement. Cette perception est facteur de stress.
- Le port du masque réduisant le champ visuel est un facteur de stress additionnel : la perception de contrôle sur le monde extérieur du pilote est diminuée.
- L'inconfort lié au port de la tenue peut être également un facteur de stress : avoir trop chaud, se sentir noyée dans la transpiration, se sentir trop serré sont autant de perceptions stressantes qui perturbent le pilote dans son activité de pilotage.
- Pendant les situations opérationnelles réelles, c'est à dire lors d'interventions sur un accident tel que Fukushima ou Tchernobyl, certains pilotes déclarent que la dimension radiologique a un effet stressant important, contrairement aux situations d'entraînement ou aux situations opérationnelles non accidentelles. Le danger réel pour la santé du pilote peut devenir le facteur de stress prépondérant et le port de la tenue NRBC rappelle constamment ce risque à l'esprit du pilote.



Fig.3 : Vue du masque NRBC intégré à la tenue (a) portée par un pilote de drone aérien en action (b).

L'impact sur les ressources cognitives et la performance :

- La réduction du champ visuel par le port de masque génère un facteur de stress additionnel lié à la capacité du pilote de piloter correctement dans la mesure où il est plus difficile de lire et apprécier les informations sur la tablette de pilotage avec le masque que sans le masque. Cette perception de ne pouvoir être aussi efficace que lors des apprentissages où lors d'opérations de pilotage sans risques radiologiques est un facteur de stress pour le pilote.
- Les conséquences sont les mêmes au niveau de la réduction de la perception tactile au niveau des doigts : le pilote peut éprouver certaines difficultés à manipuler sa tablette de pilotage en particulier si elle est dotée d'un écran tactile.
- La perception de l'inconfort de la tenue et génératrice de stimuli stressants qui perturbent cognitivement le pilote dans son activité de pilotage.

L'identification exhaustive des différents facteurs de stress intervenants dans une activité de travail est fondamentale car elle permet de cibler des objectifs pédagogiques pour les entraînements à la gestion du stress. En effet, l'entraînement a pour but d'habituer l'individu à ces facteurs, et cette habitude réduit fortement l'effet stressant de ces facteurs, et donc favorise la performance du pilote et le succès de la mission (Fauquet-Alekhine & Erskine, 2021).

## **Conclusion**

En conclusion, deux points sont à retenir.

Concernant les équipes d'intervention sur accident radiologique, la probabilité que les activités de travail se réalisent en tenue NRBC est forte. Il est donc fondamental d'entraîner les équipes à ces situations de travail car la perception de l'environnement comme celle de l'outil de travail peut être perturbée de manière importante avec une conséquence sur la performance du pilotage et sur le succès de la mission.

Concernant le travail en tenue NRBC, il est important d'identifier l'ensemble des facteurs de stress pour chaque activité de travail de manière exhaustive, puis d'entraîner les pilotes à s'habituer à ces facteurs afin d'en

réduire l'effet stressant. Cet entraînement doit être périodique et renouveler dans son contenu : en effet, à force d'habitude, l'entraînement à la gestion du stress sur un même exercice peut devenir obsolète ; le pilote gère alors une situation connue plutôt que gérer son stress en situation. Au-delà de l'entraînement, il existe des techniques d'auto-gestion du stress que l'individu peut mettre en œuvre individuellement (voir par exemple Fauquet-Alekhine & Guion de Meritens, 2020 ; Guion de Meritens & Fauquet-Alekhine, 2021).

## **References**

Fauquet-Alekhine, Ph. (2021). Stressing pilots during training: biases and brakes. Proceedings of the International Workshop INTRA – IWIN2021, 13 Oct. 2021, Avoine, France.

Fauquet-Alekhine, Ph., & Guion de Meritens, B. (2020). Self-stress management in the workplace, Proceedings of the 27th. International "Stress and Behavior" Neuroscience and Biopsychiatry Conference, May 16-19, 2020 | St. Petersburg, Russia, 25-27.

Fauquet-Alekhine, Ph. & Erskine, J. (2021) Occupational Stress: Understanding, Managing, Treating. London: Palgrave Macmillan.

Guion de Meritens, B. & Fauquet-Alekhine, Ph. (2021). Stress management. In Fauquet-Alekhine, Ph. & Erskine, J. (2021) Occupational Stress: Understanding, Managing, Treating. London: Palgrave Macmillan.

Kessler, Ph. & Bleuze, J. (2019). Simulation for interventions in radioactive environments and nuclear accidents. Proceedings of the 1st Int. Conf. for Multi-Area Simulation (ICMASim), Oct. 2019, Angers, France, 125-130.



# Facteurs de stress possibles pour les pilotes en conditions opérationnelles et solutions

**Oleg Petrovitch GOYDINE**

Head of Robotics and Emergency Response Center (Rosatom VNIIA)

Dukhov Automatics Research Institute, Moscow, Russia

Email: [goidin@vniia.ru](mailto:goidin@vniia.ru)

## Abstract

Lorsqu'il travaille dans des situations d'urgence dans des installations nucléaires, le personnel des équipes d'urgence peut être soumis à un stress intense. Le stress nuit non seulement à la santé des secouristes, mais peut également conduire à des actions erronées qui conduisent à une aggravation de la situation. Pour éviter que cela ne se produise, il est très important de pouvoir gérer le processus de développement d'une situation stressante sans avoir de conséquences fatales. Au Centre de robotique VNIIA, cela est obtenu grâce à un complexe de différents niveaux d'activités. Au niveau du personnel, il s'agit d'une sélection pour l'aptitude professionnelle et le processus de formation en plusieurs étapes qui suit, conduisant à une équipe professionnelle bien coordonnée. Aux niveaux de la direction et de l'organisation, il s'agit de la préparation et de l'adoption de décisions visant à prévenir ou à limiter les niveaux admissibles de stress sur le personnel.

## Introduction

Le Federal State Unitary Enterprise Dukhov Automatics Research Institute (en abrégé russe : VNIIA, <https://www.vniia.ru/eng/>) fondé en 1954 est l'une des principales entreprises de recherche de la Société d'État de l'énergie atomique Rosatom (ci-après dénommée Rosatom). L'une des activités de VNIIA est le développement, la fabrication et l'exploitation de complexes robotiques et de systèmes télécommandés dans l'intérêt du service de secours d'urgence de Rosatom.

Pour assurer cette mission, VNIIA a créé et exploite un centre de robotique et d'intervention d'urgence (en abrégé CRER), qui est l'une des 8 formations régionales d'accidents au niveau fédéral qui font partie du système d'intervention en cas d'incident nucléaire Rosatom.

L'une des mesures les plus importantes du service de secours d'urgence de

Rosatom est d'assurer une disponibilité constante pour prévenir et éliminer les conséquences des accidents dans les installations nucléaires. À cette fin, le CRER est équipé de matériels et de machines nécessaires aux opérations d'urgence et est doté de personnel ayant réussi tous les niveaux de formation spéciale. La spécialité du centre est les technologies de travail à distance dans des conditions de risques élevés pour le personnel des équipes d'urgence. La solution d'urgence du centre, en fonction de la décision de Rosatom, peut être engagée pour un travail analogue à l'étranger.

En plus de l'équipe d'urgence, le CRER dispose d'une structure de R&D qui développe des prototypes de complexes robotiques et de systèmes télécommandés, ainsi que des technologies pour leur application. Si nécessaire, une partie des employés de la structure R&D est impliquée dans l'équipe d'urgence pour la renforcer. Cette approche augmente considérablement le niveau technique et fonctionnel des prototypes développés de dispositifs robotiques.

### **Les technologies téléopérées**

Afin de réduire l'exposition des équipes de secours à la contamination ou aux radiations associées à un accident nucléaire, le CRER de VNIIA dispose d'une flotte de moyens téléopérés (Fig. 1) principalement composée de Unmanned Ground Vehicles (UGV) et dispose de quelques Unmanned Aerial Vehicles (UAV) (Fig.2) et d'un robot soumarin (Fig.3) puisque, dans la plupart des accidents, il arrive une phase où une partie du combustible est nécessairement immergée d'où l'intérêt de disposer et de savoir opérer un tel engin (Goidin & Sidorkin, 2012). Pour piloter ces robots, le CRER dispose de pilotes entraînés et certifiés pour intervenir à distance sur les installations industrielles accidentées.

Les UGV peuvent être dotés de roues ou de chenilles, de bras articulés permettant des manipulations d'objets ou des actions sur les installations industrielles. Ils sont équipés de nombreuses caméras pour l'aide au pilotage ou la reconnaissance visuelle du site d'intervention, et peuvent être équipés de systèmes de mesures radiologiques. Les robots peuvent également aider à la décontaminations des sols contaminés, soit en des points donnés, soit sur des surfaces plus larges selon des techniques utilisant un gel spécial breveté par VNIIA (Fig. 4). Certains robots peuvent

embarqués des outils interchangeables tel que tournevis électrique, endoscope, disquuse, cisaille.



Fig. 1 : Vue d'une partie de la flotte UGV de VNIIA



Fig.2 : UAV helicopter type Zala 421-22Φ

Les robots sont pilotés à distances depuis des cabines aménagées en camions (Fig. 5). Ces cabines sont pressurisées et renforcées contre les radiations ce qui permet aux pilotes de travailler en toute sécurité.

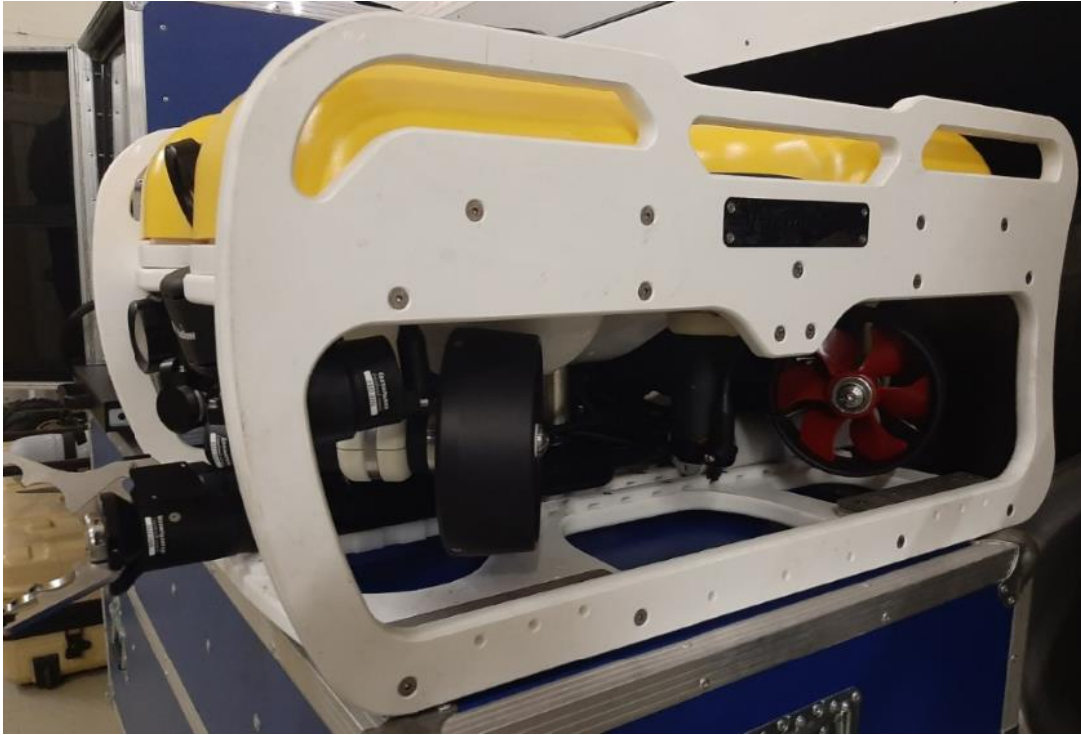


Fig.3 : Robot soumarin

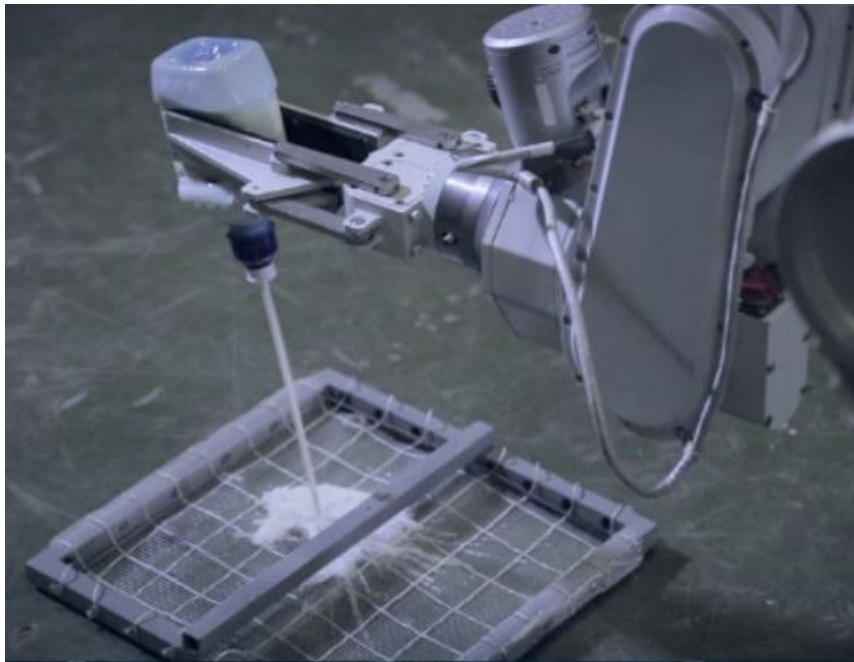


Fig. 4 : Décontaminions d'un point donné selon une technique utilisant un gel spécial



Fig.5 : Exemple de poste de pilotage à 2 places aménagé en camion

### Le staff

Le CRER de VNIIA emploie une centaine de personnes et est structuré en deux parties, l'une de R&D, l'autre d'intervention (35 personnes dont 8 pilotes parmi lesquels 4 sont mixtes UGV-UAV, Fig.6). L'astreinte est assurée 24/24 et 7/7.



Fig. 6 : Rassemblement de l'équipe Secours et Pilotes.

Tous les pilotes reçoivent une certification au terme de leur formation et sont ré-évalués tous les ans sur le plan médical (condition physique, vue, audition, temps de réaction...) et tous les trois ans sur le plan technique. Avant chaque départ en intervention, un check-up médical simplifié est fait pour chaque intervenant. La condition physique des pilotes et des équipes de secours étant une donnée importante de réussite des missions, le personnel pratique le sport deux fois par semaine (gymnastique, natation, course, sports collectifs...).

### **Identification et gestion des facteurs de stress pour les pilotes**

Le stress est pris en compte dès le recrutement (comme dans l'armée par exemple : Choisy, 2021), puis tout au long de la carrière du pilote, de l'entraînement en passant par l'activité en situation opérationnelle réelle jusqu'au traitement de l'exposition à un stress qui pourrait avoir des conséquences sur la santé du pilote (Fauquet-Alekhine & Erskine, 2021).

Concernant le recrutement :

Les futurs pilotes et agents de secours sont sélectionnés parmi le personnel EMERCOM. EMERCOM (<https://en.mchs.gov.ru/>) dépend du ministère des situations d'urgence de la Fédération de Russie. EMERCOM intervient sur toute situation d'urgence sauf radioactives, lesquels sont réservées aux spécialistes de ROSATOM. Les agents EMERCOM sont entraînés aux situations accidentelles de tout type et sont soumis à de rudes conditions d'entraînement et d'intervention. Ces conditions de travail difficiles font qu'ils peuvent partir en retraite assez tôt, et choisir de rejoindre VNIIA. Lorsque les agents EMERCOM intègrent les équipes de secours de VNIIA, ils sont donc déjà formés à l'intervention accidentelle, ont suivi des entraînements au stress, ont connu le stress de l'intervention opérationnelle réelle (feux, inondations, tremblements de terre), et ont aussi une compétence de pilotage en robotique d'intervention.

Concernant la formation :

La formation est progressive : il y a d'abord des formations en salle puis sur simulateur jusqu'à une maîtrise opérationnelle suffisante pour passer sur la machine (Goidin & Sobolnikov, 2018).

Des exercices sont réalisés périodiquement en extérieur, même par -40°C. Il est considéré qu'un accident nucléaire se produit toujours par mauvais temps et la nuit. L'entraînement des équipes d'intervention se fait donc

dans ce type de conditions, et tout exercice suppose que les équipes dormiront sous les tentes en camp et cuisineront leur repas eux-mêmes.

Les futurs pilotes sont entraînés jusqu'à ce que les actions de pilotage deviennent pour eux un automatisme. Il faut bien noter que les pilotes ont pour seule activité de piloter : les activités de maintenance, de réparation, de formation à autre chose que le pilotage, ne sont pas de leur ressort. En effet, l'expérience montre que l'un des facteurs de stress premier est associé à un défaut de compétence du pilote : ne pas savoir quoi faire dans une situation de pilotage par rapport à un résultat attendu est une source de stress que l'automatisme de pilotage permet de réduire de manière significative. Un autre facteur de stress important intervient lorsque le pilote perçoit que la demande managériale dépasse ses capacités ; c'est la définition classique du stress selon Seyle (1936, 1976). Le management accorde donc une attention particulière à l'adéquation de la mission avec les capacités de chaque pilote. A l'opposé, le pilote peut être stressé parce que la tâche qui lui incombe lui paraît monotone ; pour éviter l'effet de ce facteur de stress, les tâches proposées doivent requérir du pilote de la réflexion. La confiance que peut avoir le pilote en l'équipe est également un facteur important, car si le pilote doute de ses collègues, alors cela peut constituer un facteur de stress. Le travail en équipe est donc un élément important de l'entraînement.

Concernant l'intervention :

Afin de garantir un niveau élevé de maîtrise de la situation par le pilote en situation opérationnelle réelle, l'entraînement préalable à l'activité d'intervention est privilégié. Ainsi, avant d'intervenir en situation opérationnelle réelle, des reconnaissances préalables par des moyens robotisés sont réalisées, et ces données sont utilisées pour créer un environnement virtuel par les ingénieurs informaticiens dans le but d'entraîner les pilotes sur simulateur avant l'intervention.

La fatigue peut aussi être un facteur de stress sachant que le pilotage de moyens robotiques téléopérés demande une grande concentration. C'est pourquoi le travail est organisé de sorte qu'un pilote puisse se reposer après 1h de pilotage. Cela suppose que les pilotes puissent être interchangeables et donc suppose la polyvalence de chaque pilote.

En situation opérationnelle réelle, le danger est réel. Afin de réduire l'effet stressant de ce facteur, le management veille à ce que les intervenants soient correctement informés concernant le danger auquel ils peuvent être exposés.

Après l'intervention :

En cas d'exposition d'un pilote à un stress dont l'effet pourrait être délétère pour sa santé, l'organisation prévoit une prise en charge du pilote afin de lui permettre de récupérer des suites de cet épisode de stress avec un suivi médical et psychologique adapté.

### **Conclusion**

La sélection au recrutement et la formation permettent de réduire l'effet de nombreux facteurs de stress. L'approche est de considérer que plus robustes sont les hommes en première ligne, et plus la mission a de chance de réussir. Le grément des équipes est suffisant pour remplacer un pilote défaillant.

Le rôle du management a une importance capitale en ce qui concerne la connaissance des capacités des pilotes et l'adéquation des missions qui leur sont confiées avec ces capacités.

Le stress des pilotes doit être pris en considération dès le recrutement, puis en formation, évidemment pendant la situation opérationnelle réelle et enfin après exposition du pilote à un stress qui aurait des conséquences sur sa santé, d'où l'existence de dispositions permettant de traiter de tels cas.

L'objectif principal est d'empêcher le pilote d'atteindre le point de rupture.

### **References**

Goidin, O. & Sidorkin, N. (2012) Experience in the elimination of radiation accidents. From bio protective equipment to modern robotic complexes for solving the problems of exploration and decontamination. Moscow, IzdAT, 214, 87.

Choisay, Fr. (2021). Pilot's stress: Role and management of the personal resources. Proceedings of the International Workshop INTRA – IWIN2021, 13 Oct. 2021, Avoine, France.



Fauquet-Alekhine, Ph. & Erskine, J. (2021) *Occupationnal Stress: Understanding, Managing, Treating*. London: Palgrave Macmillan.

Goidin, J. & Sobolnikov, G. (2018) ROBSIM software package for modeling mobile robots. Report on 21th International Symposium on Measurement and Control in Robotics (ISMCR 2018), Mons, Belgium.

Selye, H. (1936). A syndrome produced by diverse nocuous agents. *Nature*, 138, 32.

Selye, H. (1976). *The stress of life* (Rev. ed.). New York, NY: McGraw-Hill.

# Stress induit sur les pilotes lors de l'utilisation d'un robot hexapode dans des installations nucléaires

Garrec, Ph., & Anastassova, M.

Commissariat à l'Energie Atomique aux énergies alternatives, CEA LIST  
France

Email: [philippe.garrec@cea.fr](mailto:philippe.garrec@cea.fr) ; [margarita.anastassova@cea.fr](mailto:margarita.anastassova@cea.fr)

## Abstract

Cet article est une analyse rétrospective d'essais approfondis avec le robot de transport hexapode SHERPA dans une centrale nucléaire en 1994, dans le cadre du programme de recherche européen TELEMAN initié après l'accident de Tchernobyl. Le rapport de ces essais reste une référence car ce robot mobile expérimental est encore le seul du genre à avoir été méthodiquement testé dans une installation nucléaire et à avoir transporté avec succès une charge utile de 200 kg. Après une description de la technologie et des performances de cette machine, nous nous concentrons sur les conditions normalement stressantes dans lesquelles les pilotes de deux équipages du site de test ont terminé avec succès la plupart des exercices après seulement une semaine de formation. Nous concluons en fournissant des informations sur la méthodologie de test applicable aujourd'hui et sur les avantages obtenus pour un futur opérateur dans une conception de système minimisant les contraintes.

## Introduction

Le CEA est l'agence nationale Française principalement en charge de la recherche nucléaire au profit de l'énergie et de la défense. A ce titre, le CEA développe depuis les années 60 des dispositifs de télémanipulation pour les besoins de radioprotection et son laboratoire robotique fait partie de l'équipe pionnière de ce domaine dans le monde. Il est internationalement reconnu pour les innovations en matière de manipulateur mécanique maître-esclave (Vertut, 1964), la création du premier servomanipulateur sans engrenage (François et al., 1978, Vertut et al., 1976) en tant que fondateur majeur de la technologie de téléopération assistée par ordinateur (CAT) à l'aube des années 80 et pour la première évaluation d'un robot transporteur hexapode dans les centrales nucléaires au milieu des années

90. Le CEA a notamment créé un système industriel innovant de téléopération basé sur un logiciel universel pour ses propres besoins de démantèlement et au cours d'une coopération continue de 30 ans avec ORANO pour le centre de retraitement de La Hague. Cet effort représente actuellement 4 télérobots à retour de force de diverses technologies au service de l'industrie nucléaire Française. Le CEA est le co-fondateur du groupe INTRA et son équipe de recherche robotique a contribué au développement de son équipement robotique post-accidentel (Centaur/Romain). En outre, la technologie robotique du CEA a été très tôt mise à la disposition des applications de robotique médicale avec les projets Spartacus (Guittet et al., 1979) et Master (Busnel et al., 1999) dédiés à l'assistance aux tétraplégiques, l'un des premiers exosquelettes de bras anthropomorphes à commande de force opérationnelle (Garrec et al., 2008; Garrec, 2019) et le premier exosquelette tétraplégique contrôlé par une interface cerveau-ordinateur (CEA Clnatec, voir Benabid et al., 2019). Aujourd'hui, le Service de robotique interactive effectue divers travaux de R&D soutenant le développement de la téléopération / immersion assistée avancée, la télémanipulation haptique dans les boîtes à gants, les exosquelettes pour la simulation haptique, l'assistance des travailleurs et la mobilisation du corps ainsi que les robots collaboratifs (ISYBOT) et la manipulation robotique assistée par vision.

### **Technologies téléopérées**

Le robot SHERPA est un robot hexapode entièrement électrique (Fig.1), développé par le CEA. Le laboratoire de robotique du CEA a développé et élaboré le robot conçu par Odetics sur les commotions par l'EPRI (Energy Power Research Institute). Il est constitué d'une plate-forme de chargement soutenue par 6 pieds télescopiques articulés. Les 6 pieds sont coordonnés par plusieurs algorithmes en temps réel alternant les trépieds de support en fonction des distances entre les jambes, de la garde au sol, de la marge de stabilité statique et de la régulation de l'horizontalité de la plate-forme. Au total, 18 moteurs autosynchrones sont alimentés par des servoamplificateurs et une batterie haute tension (300V). Le CEA a essentiellement amélioré le processus de locomotion, développé des pieds tactiles sensorisés et un module logiciel d'assistance réflexe. Les capteurs de pied et la navigation réactive permettent au pilote de conduire le robot en toute sécurité dans différentes conditions de sol et d'éviter les obstacles.

La capacité de charge éprouvée sur divers obstacles était de 200 kg et jusqu'à 300 kg sur un terrain plat.



Fig.1 : Robot SHERPA – En haut : essais sur le terrain EDF-Chooz-B (juin 1993) ; En bas : essais sur le terrain ENEL-Trino avec charge utile et station de contrôle pilote

## **Pilotage de technologies à distance**

La téléopération est réalisée par un joystick contrôlant la vitesse (linéaire horizontale et lacet) avec une coordination automatique et avec 4 niveaux de stratégies de réaction réflexe. Le pilote conduit le robot à partir d'une armoire de commande, reliée au robot par un ombilical, et équipé d'un joystick, d'un petit clavier et d'un écran cathodique indiquant les paramètres de contrôle et l'état du système. Au-dessus du panneau de commande se trouvent 2 tubes cathodiques (Cathode-Ray Tube) affichant les vues avant et arrière des caméras embarquées (éclairées par des projecteurs halogènes). En outre, un autre tube cathodique est utilisé pour afficher la vue d'une camera fixe montrant la zone d'évolution. Le pilote sélectionne les paramètres de marche sur un clavier tels que la largeur ou la garde au sol ainsi que la forme du trépied (équilatéral, isocèle) ou le mode tentacule (contrôle individuel de chaque jambe pour la reconfiguration ou la suppression d'un petit obstacle). Le trépied isocèle est adopté pour maintenir une longueur de pas suffisante dans les passages étroits. En toutes circonstances, le réflexe fonctionne sur la base de l'observation des éléments du pied interagissant avec l'environnement. Les fonctions réflexes évitent de marcher sur la plupart des petits objets au sol, y compris les câbles, mais évitent également de marcher sur un mur ou dans un escalier. S'il y a un trou, le pied est étendu à son maximum et la progression du robot est donc interrompue (principe de sondage). De plus, pour les câbles trop petits pour être détectés, la faible pression du pied combinée à son pivot libre évite leur destruction.

Le principe de fonctionnement de l'équipement de capteur de pied et du contrôle réflexe est superposé à la coordination générale des trépieds de support et aériens. Les trépieds ne peuvent être échangés que si la procédure de contrôle finale est réussie pour chacun des 3 pieds d'atterrissage. Les situations qui peuvent se produire et la réaction correspondante du contrôle sont :

- Pendant le déplacement aérien horizontal, le pied qui heurte un obstacle recule, monte et avance à nouveau. Le processus est répété jusqu'à ce qu'une configuration correcte soit trouvée. La résolution angulaire est de 45°. La sensibilité de cette détection est telle qu'un extincteur par exemple n'est pas renversé.
- Pendant l'atterrissage, l'angle d'inclinaison de la semelle est mesuré en continu en valeur et en direction. S'il dépasse l'angle maximal

autorisée sur une rampe (déterminé expérimentalement à l'aide d'une rampe de laboratoire basculante et de plaques de couverture variables), l'atterrissage est avorté. Le pied est levé et déplacé vers l'arrière ou vers l'avant selon la situation (marcher sur un mur ou monter un escalier). Ensuite, le pied est abaissé à nouveau et le processus est répété.

- Après un atterrissage correct, un premier niveau de poussée (environ 30N) permet de vérifier l'exhaustivité du contact de la semelle avec le sol grâce à 6 segments rétractiles. Si l'on n'est pas rétracté, le pied est soulevé à nouveau et déplacé en fonction de l'orientation du segment défectueux et le processus est répété. S'il est correct, le contact est pré-validé et la force de poussée augmentée. Les grilles métalliques sont acceptées car la taille des segments rétractiles est supérieure à leur pas.
- Si le niveau de poussée de 100N est atteint sans défaut d'inclinaison ou autre situation anormale, un ressort calibré est enfoncé et un interrupteur valide le contact (vérification finale). Tout objet résistant au-dessus de 100N sans provoquer d'anomalie sur les capteurs du pied est accepté. Cette méthode est évidemment incomplète, ce qui signifie que la surveillance est toujours nécessaire et associée à un stress potentiel.

### **Objet de l'article**

Cette contribution est une réflexion rétrospective sur les conditions uniques dans lesquelles des techniciens étrangers non spécialisés ont réalisé la partie essentielle des essais exploratoires d'un robot à jambes lourdes et complexes transportant une charge utile dans une véritable centrale nucléaire. Nous présentons brièvement le robot, les conditions de test, la méthodologie d'évaluation et les résultats de cette évaluation. Nous soulignons également un certain nombre d'aspects liés à la gestion du stress des pilotes, c'est-à-dire les situations dans lesquelles le stress apparaît, l'approche de sa mesure et les stratégies d'adaptation appliquées par les opérateurs. Il y a plusieurs domaines clés à prendre en compte lors de l'examen des effets des professions stressantes sur le fonctionnement. D'une manière générale, il y a trois points principaux et des idées d'intervention : 1.) avant de rencontrer le stress, 2.) pendant le stress, 3.) après le stress.

## Stress et pilotes

Un système de conditions environnementales additionnelles (AEC) a permis de simuler diverses situations sur la scène de l'incident supposé, et un système différent de conditions environnementales critiques (CEC) a simulé des conditions particulières pour l'environnement ou le robot (par exemple, perte de visibilité, difficultés d'interaction homme-machine).

Au cours de ces essais, les pilotes ont éprouvé un stress lié à un certain nombre de facteurs exogènes et endogènes. Nous avons identifié les facteurs exogènes générateurs de stress suivants (c'est-à-dire les facteurs de stress provenant de l'environnement autour du pilote, de la tâche et de l'interaction de la machine) :

- **Facteurs de stress provenant de l'environnement** : présence d'un certain nombre d'obstacles nombreux et différents dans une véritable centrale nucléaire ; présence permanente d'une équipe d'enregistrement vidéo dédiée (70h d'enregistrement vidéo constant sur 10 jours ouvrables) ; deux techniciens enregistrant manuellement les remarques de l'opérateur et les résultats des tests ; présence sporadique des responsables des pilotes de quart ; présence d'environ 30 personnes dont des cadres de haut niveau de l'entreprise italienne (ENEL) et un chargé de projet européen à la démonstration finale du projet.
- **Facteurs de stress liés aux conditions de l'expérimentation** : essais effectués systématiquement sans vision directe sur la machine (caméra embarquée et/ou externe sur site) ; exigences pour que tous les exercices soient réalisés avec succès au moins une fois sans éclairage sur le site (uniquement embarqué) ; forte orientation positive des résultats des expériences.
- **Facteurs de stress inhérents à la tâche et à l'interaction avec la machine**: risque d'accidents mécaniques impliquant des personnes ou des matériaux coûteux, inhérents au fonctionnement d'un véhicule aussi lourd et complexe (une masse mobile totale allant jusqu'à 700 kg sur escalier et 800 kg sur sol plat) ; une machine au comportement complexe en raison de ses 6 jambes se déplaçant 3 par 3 dans l'espace, ainsi que présentant parfois des mouvements individuels imprévisibles (fonctions réflexes); tâche expérimentale et de démonstration impliquant la montée d'escaliers.

Nous avons également identifié un certain nombre de facteurs de stress endogènes liés à la formation des pilotes, à leur état mental et à leur perception de la situation. Ces facteurs de stress peuvent être organisés comme suit :

- **Facteurs de stress liés à la formation des pilotes** : la pré-formation s'est faite sur une semaine seulement, en laboratoire. Même s'il s'agissait d'effectuer toutes les manœuvres sur une rampe grandeur nature et un escalier et de marcher parmi de petits obstacles, les pilotes ont peut-être eu l'impression de ne pas avoir le contrôle total des situations ; la formation et la démonstration ont été faites en anglais qui n'était pas la langue maternelle des opérateurs.
- **Facteurs de stress liés à l'état mental des pilotes** : l'importance du projet et sa portée internationale exercent une pression sur les pilotes. Cette pression a été encore renforcée par le fait que nous devons travailler avec des personnes très axées sur les résultats, dont l'objectif était de montrer qu'elles accomplissaient leurs tâches avec succès. En outre, il y avait une différence évidente de culture entre l'équipe de développement (France) et les pilotes de quart de la centrale nucléaire de Trino (Italie).

Cependant, il n'y a pas eu de situation dans laquelle les pilotes ont été submergés par le stress, car ils ont utilisé un certain nombre de stratégies d'adaptation. Comme pour les facteurs de stress, ils peuvent être organisés en plusieurs groupes, à savoir :

- **Stratégies d'adaptation découlant de la tâche** : la centrale a été fermée et, par conséquent, il n'y avait pas de risques pour la sûreté nucléaire. De plus, les pilotes se trouvaient dans un environnement de travail qui leur était familier.
- **Stratégies d'adaptation découlant de l'expérience antérieure des pilotes et de la formation pré-expérimentale** : les pilotes avaient une expérience significative des opérations nucléaires. En ce sens, ils pourraient adapter un large éventail de stratégies d'exploitation aux exigences de la situation. De plus, même si la période de formation n'a été que d'une semaine, cela leur a permis de se familiariser avec la machine et les tâches.



- **Stratégies d’adaptation découlant de la collaboration d’équipe** : il y avait une présence permanente d’un pilote d’ingénieur de secours du CEA, qui pouvait prendre le contrôle s’il le jugeait nécessaire.

Les facteurs de stress et les stratégies d’adaptation sont très bien illustrés dans un extrait du rapport sur les essais (ENEL, 1994) :

“During the ascension, the robot had a **typical accident** due to the **disabled sensors**. The pilot placed the **rear foot too close to the step edge**. When the robot moved forward, the foot took a sudden tilt and **the control system stopped** immediately the robot. The safety chain would have prevented the robot from falling. After solving the problem, **the CEA pilot** stabilized the safe position”.

[Pendant l’ascension, le robot a eu un **accident typique** en raison des **capteurs désactivés**. Le pilote a placé **le pied arrière trop près du bord de la marche**. Lorsque le robot s’est avancé, le pied s’est soudainement incliné et **le système de contrôle a immédiatement arrêté le robot**. La chaîne de sécurité aurait empêché le robot de tomber. Après avoir résolu le problème, **le pilote du CEA** a stabilisé la position de sécurité]

Nous pouvons voir que la difficulté inhérente à la tâche et les mouvements individuels imprévisibles occasionnels auraient pu causer un accident important. Cette situation était clairement stressante pour le pilote, mais il a réussi à la surmonter grâce à la présence et à l’intervention d’un membre de l’équipe, c’est-à-dire le pilote du CEA.

En raison des contraintes de l’expérience, qui était fortement axée sur les performances de la machine, le stress des pilotes a été enregistré de manière non systématique par des observations directes (c’est-à-dire des enregistrements vidéo) et exprimé lors de débriefings.

## Conclusion

Le succès global de ces premiers essais montre que les pilotes ont néanmoins surmonté la plupart des phases difficiles, ce qui a probablement à voir avec la reproductibilité de la progression et la stabilité de la machine dont les liaisons au sol, même sur un escalier, sont pratiquement indépendantes des conditions d’adhérence. En comparaison, un robot à chenilles semble beaucoup plus facile à contrôler, mais son risque de glisser est considérablement plus élevé en raison de l’incertitude du modèle de contact entre la piste et l’angle des marches. Cet aspect purement technique montre qu’un robot de marche peut représenter un complément

intéressant au véhicule à chenilles conventionnel. Le seul obstacle sur lequel les deux principes sont égaux est la rampe.

La nouveauté des essais et la complexité des mouvements d'un robot transporteur hexapode sur un site nucléaire - en particulier les trajectoires des jambes en interaction réflexe avec l'environnement - ont certainement causé un stress important pour les deux pilotes, qui n'a malheureusement pas été documenté à l'époque. Néanmoins, nous avons présenté ici les conditions de fonctionnement des tests, quelques observations sur leur comportement ainsi que la phase de formation préalable des opérateurs qui nous permet de les mesurer. Une analyse plus systématique du stress pourrait être intéressante. Cela pourrait être fait en utilisant des indicateurs objectifs et subjectifs de stress. Les indicateurs objectifs suivants pourraient être utilisés :

- Mouvements des pilotes et distance par rapport au robot ;
- Vitesse de réaction des pilotes ;
- Jugement modifié des pilotes sur l'action et la réaction du robot ;
- Sensibilisation réduite des pilotes à la situation ;
- Mouvements oculaires des pilotes ;
- Fréquence cardiaque des pilotes ;
- Expressions verbales des pilotes ;
- Demandes d'assistance ou d'aide des pilotes ;
- Stratégies de gestion des risques des pilotes.

Ces indicateurs objectifs pourraient être complétés par des mesures subjectives au moyen de questionnaires tels que la version adaptée aux situations expérimentales de la Job Stress Scale :

(<https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=FRPS%2028>)

ou le Perceived Work Characteristics Survey:

(<https://www.cdc.gov/niosh/topics/workorg/detail113.html>).

## References

Benabid, A. L., Costecalde, T., Eliseyev, A., Charvet, G., Verney, A., Karakas, S., ... & Chabardes, S. (2019). An exoskeleton controlled by an epidural wireless brain-machine interface in a tetraplegic patient: a proof-of-concept demonstration. *The Lancet Neurology*, 18(12), 1112-1122.

Busnel, M., Cammoun, R., Coulon-Lauture, F., Détriché, J. M., Le Claire, G., & Lesigne, B. (1999). The robotized workstation" MASTER" for users with tetraplegia: Description and evaluation. *Journal of rehabilitation research and development*, 36(3), 217-229.

ENEL. (1994). SHERPA robot tests at Trino Nuclear Power Plant Site. ENEL, Activity performed in the framework of the TELEMAR programme launched by CEC - DG XII – D1, December 1994.

François, D., Germond, J.C., Marchal, P., & Vertut, J. (1978). Cable-operated power manipulator. US patent 4,078,670, 1978 (FR2278457 filed 1974).

Garrec, P., Friconneau, J. P., Measson, Y., & Perrot, Y. (2008, September). ABLE, an innovative transparent exoskeleton for the upper-limb. In 2008 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (pp. 1483-1488). IEEE.

Garrec, P. (2019). Design of the Arm Exoskeleton ABLE Achieving Torque Control Using Ball Screw and Cable Mechanism. In *Wearable Robotics* (pp. 45-66). Academic Press.

Guittet, J., Kwee, H. H., Quetin, N., & Yclon, J. (1979). The Spartacus telethesis: manipulator control studies. *Bull Prosthet Res*, 16, 69-105.

Vertut, J. (April 1964). Articulation devices with transmission of movements. US patent 3,335,620, 4 (filed 1963), CEA.

Vertut, J. (1964). Through the wall master slave manipulator with indexing for forward and backward movement. *Proceedings of the 12<sup>th</sup> Conference on Remote Systems Technology*, ANS Nov. 1964.

Vertut, J., Charles, J., Coiffet, P., & Petit, M. (1976). Advance of the new MA 23 force reflecting manipulator system (No. CEA-CONF--3743). CEA Centre d'Etudes Nucleaires de Fontenay-aux-Roses.

# Les facteurs de stress lors du pilotage à distance de robots : témoignage d'un pilote.

Levigoureux, P.

Unité Opérationnelle de Traitement (UTO)

ORANO R La Hague

France

Pilot at Groupe INTRA robotics

France

Email: [patrick.levigoureux@orano.group](mailto:patrick.levigoureux@orano.group)

## Abstract

Piloter un robot d'intervention requiert des compétences particulières et représente une charge cognitive importante. Les robots utilisés, d'une conception spécifique, sont la plupart du temps uniques, et représente un coût matériel important. La moindre fausse manœuvre peut conduire à la destruction du robot ou au blocage d'un passage qui conduirait à l'impossibilité d'accomplir la mission. Il est évident que dans de tels contextes, les facteurs de stress sont multiples et la gestion de leurs effets est crucial pour la réussite de la mission. Au travers du témoignage de mon expérience professionnelle, je donne un aperçu des facteurs de stress et propose des solutions pour réduire leur impact sur le pilotage.

## Introduction

Le groupe ORANO est leader mondial pour le recyclage et la valorisation des combustibles nucléaires usés issus des centres de production nucléaire du monde entier. Afin de maintenir ces sites d'exploitation à la pointe de la technologie, ORANO s'appuie sur une démarche d'excellence opérationnelle et d'innovation.

Aujourd'hui Adjoint du Responsable d'activités radioprotection de l'UOT (Unité Opérationnelle de Traitement du recyclage des combustibles) et Formateur Radioprotection sur le site ORANO de La Hague (France), je suis également pilote externe au groupe INTRA depuis 2008. Ces 13 années expérience du pilotage se combinent avantageusement avec mes compétences de radioprotectionniste (depuis 1984) et un parcours professionnel qui m'a conduit à devoir maîtriser une large gamme de métrologie en radioprotection et de moyens de protection du personnel

intervenant sous rayonnements ionisants dans le domaine de la radioprotection en INB mais également à participer à la création d'ateliers de radioprotection (de la conception à la mise en service et en application).

J'ai rejoint le groupe INTRA après avoir discuté avec un collègue pilote au sein de ce groupe alors que mon intérêt pour la robotique s'était développé en participant au choix de moyens téléopérés pour les ateliers du site de la Hague. En tant que pilote externe, je suis ponctuellement détaché au groupe INTRA pour suivre des formations au pilotage des robots (Kessler & Bleuze, 2019). J'ai une astreinte toutes les 6 semaines afin de gréer l'équipe d'astreinte INTRA qui serait sollicitée sur tout accident nucléaire.

Le groupe INTRA est une entité d'intervention robotisée sur accident nucléaire qui regroupe 20 personnels permanents et 20 pilotes externes en renfort pour des équipes d'astreinte de 5 à 9 personnes. L'objectif est d'intervenir sur accident nucléaire par moyens téléopérés afin d'éviter d'exposer les travailleurs aux risques d'irradiation ou de contamination radiologique (voir Bleuze, 2021 ; Fauquet-Alekhine, 2021).

### **Les robots**

Les pilotes externes du groupe INTRA sont formés uniquement pour le pilotage des Unmanned Ground Vehicles (UGV, robots terrestres). Seuls les pilotes permanents sont également formés au pilotage des Unmanned Aerial Vehicles (UAV, drones). Concernant les UGV, je suis formé à piloter deux types de robot (Fig. 1 et 2):

- EROS et EOLE sont des robots destinés aux interventions à l'intérieur des bâtiments. Leur gabarit permet le passage de portes, la progression en couloirs, la montée d'escalier. Ce sont des robots filaires, c'est à dire qu'ils sont reliés au poste de commande par un câble renforcé de 350m. Cette connexion filaire est nécessaire dans la mesure où les bâtiments nucléaires sont généralement pourvus de mur de béton très épais et la téléopération sans fil aurait peu de chance d'être efficace au-delà de quelques dizaines de mètres. Ces robots sont équipés de bras articulés d'une grande précision qui permettent d'actionner des vannes, des contacteurs, ou d'introduire une clé dans une serrure de porte ou de coffre. Ces robots peuvent faire des reconnaissances visuelles, infrarouges où radiologiques selon la métrologie embarquée.

- ERASE est un robot destiné aux interventions en extérieur des bâtiments. D'un poids d'environ 6 tonnes, ce robot est capable de passer de gros obstacles ou de se déplacer sur un terrain encombré de débris que produiraient l'affaissement d'un bâtiment suite à un séisme par exemple. Comme pour le robot d'intérieur, ce robot peut faire des reconnaissances visuelles ou radiologiques selon la métrologie embarquée ainsi que des prises d'échantillons.

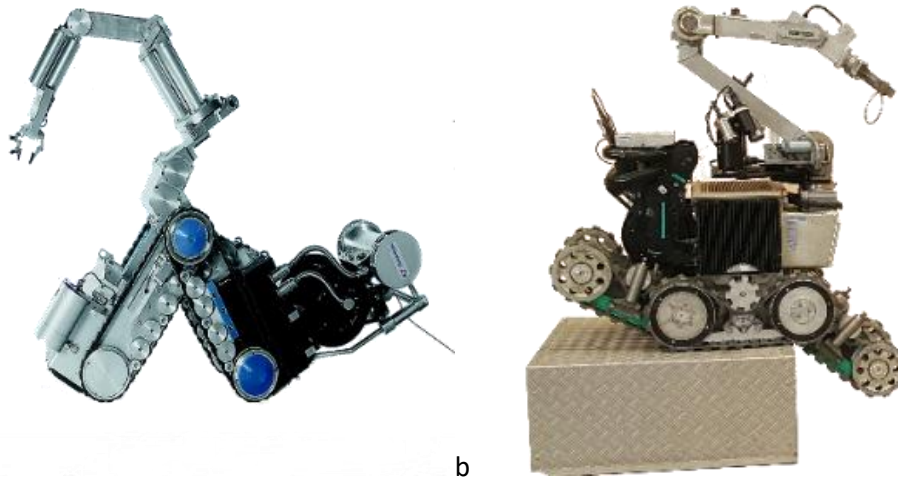


Fig.1: Exemples de robots terrestres (plusieurs centaines de kg chacun) équipés d'un bras articulé pour la manutention d'équipements industriels  
a) EROS, b) EOLE.



Fig.2: Robot lourd (6T) équipé d'un bras articulé de plusieurs mètres pour la manipulation d'équipements à l'extérieur: ERASE.

Les périodes de formation ont lieu une fois par an pendant 3 jours, ce qui n'est, à mon avis, pas suffisant : deux fois par an est un minimum ; sinon, il serait préférable de répartir les 3 jours en deux sessions par an. La difficulté est de combiner la disponibilité du formateur avec celles des pilotes externes qui travaillent à différents endroits pour différentes compagnies, et d'obtenir le consentement du management du pilote pour une disponibilité de plusieurs jours de travail pour INTRA.

Selon mon expérience, et de mon point de vue, ces trois robots ne sont pas plus difficiles à piloter l'un que l'autre. Je pilote ces robots en contexte de formation, ou en exercice sur des sites d'exploitation nucléaires tels que les centrales nucléaires d'EDF ou les sites de recyclage de combustibles ou de démantèlement d'installations d'ORANO, par exemple. Pour moi, l'entraînement au pilotage sur différents sites est d'une importance cruciale car cela permet de capitaliser sur des contraintes environnementales différentes : par exemple, les portes des installations ORANO R La Hague sont généralement plus lourdes et plus larges que les portes des installations des centrales nucléaires d'EDF (2x2m de large pour la Hague contre environ 1m à EDF pour la plupart des portes, avec une dépression plus importante pour les premières). En outre, les portes du site de la Hague ont des poignées de porte rondes alors que les portes des centrales nucléaires ont des poignées de porte horizontales. Du point de vue de la manipulation de la porte à l'ouverture par un robot, les difficultés sont très différentes. La connaissance préalable des environnements permet de réaliser un entraînement complet permettant de limiter la nécessité d'adaptation en intervention réelle.

Le pilotage des robots se fait de deux manières :

- Soit à partir d'un poste de commande portatif reliée au robot par un câble de 2m de long environ. Ceci permet de piloter les robots à proximité pour le monter ou le faire descendre des camions qui les transportent, pour l'approcher de la zone d'intervention.
- Soit à partir d'un poste de commande en cabine, aménagé dans un camion, doté de plusieurs écrans de contrôle. Ceci permet de piloter le robot à distance, hors vue, uniquement à l'aide des images retransmises par les caméras embarquées.

## **Objet du présent article**

L'objet de cette contribution est de proposer un témoignage en tant que pilote de robots terrestres téléopérés concernant les facteurs de stress relatifs à cette activité de travail particulière. Il est également question de mettre l'accent sur les points essentiels qui contribuent à la gestion de ce stress.

## **Les facteurs de stress principaux pour un pilote**

Pour l'essentiel, le type de stress auquel sont confrontés les pilotes de robot téléopéré en vue d'intervenir sur des accidents nucléaires est un stress de type aigu. C'est le type de stress auquel est soumis un étudiant qui passerait un examen par exemple (voir Fauquet-Alekhine & Erskine, 2021), c'est à dire un stress plus ou moins intense, associé à un contexte particulier, qui va durer un temps relativement court (de quelques minutes à quelques heures) et qui est perçu par l'individu essentiellement pendant la période d'exposition aux facteurs de stress.

Il existe des facteurs de stress commun à toutes les situations professionnelles que rencontre le pilote, et d'autres facteurs qui sont spécifiques à des contextes particuliers. Pour un pilote externe, les situations professionnelles sont de 3 ordres : les formations, les exercices ou simulations, et les situations accidentelles (le dernier type de situation n'a pas encore été connue pendant mes 13 ans de carrière de pilote ; cela signifie que le stress lié au danger pour la vie n'a pas encore été vécu).

Les facteurs de stress communs à toutes les situations professionnelles sont associés principalement à :

- l'éventualité de réaliser une mauvaise manœuvre qui produirait la chute et la détérioration du robot,
- l'éventualité de réaliser une mauvaise manœuvre qui bloquerait le robot dans un passage, ceci ne permettant plus l'accès à la zone d'intervention ciblée,
- la fatigue cognitive.

En termes d'intensité de stress produit, les deux premiers facteurs sont identiques (sauf quand la formation se fait sur simulateur virtuel auquel cas le risque de détérioration ou les conséquences d'un blocage du robot sont



nuls).

En ce qui concerne la fatigue cognitive, essentiellement due à l'attention nécessaire pour piloter correctement un robot, son impact tend à diminuer avec l'expérience ; par exemple, au début de ma carrière de pilote externe, 2h de pilotage me paraissaient exténuantes, alors qu'aujourd'hui, il me faut 5h de pilotage pour atteindre à peu près le même niveau de fatigue.

Plus généralement, il est clair que l'expérience contribue à diminuer l'impact des facteurs de stress. De même la formation a un effet identique. En fait, ils sont liés : la formation aide à élaborer des compétences qui contribuent à construire une expérience professionnelle. Il s'agit en fait d'un phénomène d'habituation à certains facteurs de stress, combiné à l'exposition répétée à ces facteurs qui aident à développer une capacité à gérer ces facteurs de stress.

Les facteurs de stress spécifiques à des contextes particuliers peuvent être :

- le caractère habilitant d'une formation, comme pour toute personne devant passer un examen ;
- des conditions de pilotage dégradées (perte de retransmission de caméra, conditions climatiques extrêmes, risque nucléaire réel présent par exemple),
- la présence d'éléments perturbateurs dans l'environnement du poste de pilotage (ceci peut être une interaction entre personnes),
- la pression du temps par le respect du délai imparti à la réalisation de la mission, délai estimé lors du briefing avant intervention ou imposé par la situation.

Les solutions pour réduire les impacts de ces facteurs de stress sont les suivantes :

- une formation appropriée avant l'examen,
- une maintenance préventive de l'équipement,
- des règles établies et rappelées par le management ainsi que par les pilotes concernant les interactions interpersonnelles possibles pendant le pilotage,
- une négociation portant sur le temps restant pour effectuer une activité pendant le pre-job briefing préalable à la réalisation de

## l'activité au sein de l'équipe.

Pour illustrer les occurrences de ces types de facteurs de stress, voici 2 exemples succincts.

Exemple 1 : exercice d'intervention sur un site hospitalier (désaffecté en réalité) ayant subi des dommages suite à un acte terroriste et nécessitant une intervention robotisée afin de localiser une source radioactive dans les locaux et d'organiser son extraction.

Lors de cet exercice, les effets de trois facteurs de stress ont notamment été perçus par les pilotes de manière intense :

- la pression du temps car la localisation et l'extraction de la source radioactive avait été demandée en un temps limité,
- la pression managériale car la pression du temps était également perçue par le management qui contactait les pilotes périodiquement pour connaître l'avancement de l'exploration téléopérée,
- le principe de compétition, car cet exercice était engagé conjointement avec d'autres entités dont la Force d'Action Rapide Nucléaire (FARN) et il était question de faire la démonstration de l'efficacité de cette activité par rapport aux interventions FARN.

Le facteur de stress « pression managériale » a été facilement géré puisqu'il a suffi à l'équipe d'intervention de demander au management de garder ses distances pendant un certain temps. Les autres facteurs ont été subis pendant toute l'intervention.

De plus, le stress a été perçue par les pilotes également avant l'intervention : avant l'intervention, le pilote se projette dans l'action ce qui crée une augmentation perceptible du stress qui est bénéfique, selon moi. En effet, l'absence de stress pourrait être dangereuse ; en d'autres termes, arrivé décontracté sur le poste de pilotage pourrait conduire à un niveau d'attention et de vigilance insuffisant. Il est connu qu'un niveau de stress peu intense augmente la performance jusqu'à un certain seuil à ne pas dépasser (Fauquet-Alekhine et al., 2014).

Exemple 2 : simulation d'une mise en sécurité de la source d'un irradiateur supposé défaillant.

Dans cet exemple, il a été question de faire la démonstration au régulateur

national qu'en cas de blocage de la source radioactive hors de l'irradiateur, il existait une solution opérationnelle réelle pour gérer la situation dans les conditions de sécurité radiologique optimale.

Pour cet exercice, le facteur de stress prépondérant était celui lié à la nécessité impérative de faire la démonstration souhaitée auprès du régulateur national. En cas d'échec, le régulateur aurait interdit la poursuite de l'exploitation de cet irradiateur ce qui aurait conduit à des frais importants de remplacement.

D'une manière générale, il me semble que l'entraînement à la gestion du stress lors des opérations de télé-pilotage sont bien construites au groupe INTRA et adaptés aux besoins. Lors des exercices, la logistique est bien ordonnée ce qui permet au pilote de se concentrer sur le pilotage plutôt que sur des détails périphériques de l'activité de travail.

Cependant, à l'heure actuelle, le stress perçu par les pilotes externes n'est pas évalué scientifiquement : il n'existe aucune mesure des paramètres physiologiquement liés au stress (e.g. la fréquence cardiaque, la respiration, la pression artérielle) et aucun questionnaire n'est utilisé pour auto-évaluer le stress perçu. Cela pourrait être d'un grand intérêt pour mieux identifier les facteurs de stress.

## **Conclusion**

En conclusion, du point de vue du pilote que je suis, il me semble que les points les plus importants contribuant à réduire le stress du pilote en action sont :

- avoir une organisation et une équipe qui permettent de garantir la sérénité du pilote en action en ayant une bonne connaissance des expertises de chacun pour créer un climat de confiance,
- avoir un équipement qui permettent également de contribuer à garantir la sérénité du pilote en action (à INTRA, les postes de pilotage sont aménagés dans des camions en cabine fermée ce qui permet d'isoler les pilotes du reste du site d'intervention),
- un entraînement périodique adapté qui permet de travailler l'habitation aux facteurs de stress,
- un pilotage d'équipe en toute confiance, puisque les robots se pilotent en général en binôme, pilote et copilote : il est nécessaire que le

copilote comprend bien quels sont les besoins du pilote pendant l'action ; là encore, l'entraînement au travail coopératif c'est important.

## **References**

Kessler, Ph. & Bleuze, J. (2019). Simulation for interventions in radioactive environments and nuclear accidents. Proceedings of the 1st Int. Conf. for Multi-Area Simulation (ICMASim), Angers (France), 8-10 Oct. 2019,

Bleuze, J. (2021). The impact of the CBRN operational context on pilots' performance. Proceedings of the International Workshop INTRA – IWIN2021, 13 Oct. 2021, Avoine, France.

Fauquet-Alekhine, Ph. (2021). Stressing pilots during training: biases and brakes. Proceedings of the International Workshop INTRA – IWIN2021, 13 Oct. 2021, Avoine, France.

Fauquet-Alekhine, Ph.; Geeraerts, Th.; Rouillac, L. (2014) Characterization of anesthetists' behavior during simulation training: performance versus stress achieving medical tasks with or without physical effort, *Psychology and Social Behavior Research*, 2(2) 20-28.

# Le stress du Pilote : rôle et gestion des ressources personnelles

Choisay, Fr.

Armée de l'Air & de l'Espace, France

Email: [frederic.choisay@intradef.gouv.fr](mailto:frederic.choisay@intradef.gouv.fr)

## Abstract

Bien comprendre le processus de stress suppose identifier un ou plusieurs modèles théoriques adaptés pour décrire ce processus dans les circonstances qui intéressent le chercheur, l'analyste, le manager ou le l'individu concerné. Nous proposons ici d'aborder le stress à la lumière du modèle de stress psychosocial en lien avec la théorie transactionnelle du stress et des ressources personnelles dans un modèle intégratif. Ceci conduit à développer le capital psychologique des pilotes en vue d'améliorer leur réponse au stress.

## Introduction

L'Armée de l'Air et de l'Espace (AAE) a été créée en 1909 en tant que branche de l'Armée Française, puis est devenue une branche militaire indépendante en 1934, devenant l'Armée de l'Air Française. Le 10 septembre 2020, elle a pris son nom actuel. L'AAE emploie 41 160 personnes régulières. Ses principales missions sont la dissuasion, l'intervention, la projection, la police aérienne, l'assistance au vol et la surveillance de l'espace. Plus précisément, la composante aéroportée de dissuasion est représentée par le Commandement Stratégique de l'Air, avec la combinaison Rafale/ASMP-A. Ces avions sont soutenus par des Boeing C-135 ER et des Airbus A330 Phenix. La France est le seul pays européen doté de cette capacité indépendante, qui joue un rôle vital dans la défense du pays. L'intervention hors de France reste le type d'action le plus important pour déterminer la taille de nos forces armées. Les avions AAE sont déployés ou prêts à intervenir dans un large éventail d'opérations, des missions humanitaires à la lutte contre le terrorisme. Le personnel de l'AAE est actuellement déployé dans des missions temporaires à travers le monde. Ils sont particulièrement chargés d'assurer la disponibilité opérationnelle des aéronefs, y compris les chasseurs, les avions-citernes, les avions de transport tactique, les hélicoptères et les véhicules aériens sans pilote (UAV). Pour effectuer ces missions, l'AAE a besoin d'une bonne

capacité de projection et utilisent des avions de transport comme Hercules C-130 ou Airbus A400M.

Les emplois spécifiques de l'AAE doivent concernés des personnes ayant des qualités spécifiques. Telle est la mission du *Centre d'études et de recherches psychologiques air* (CERP'Air). Le CERP'Air emploie 21 personnes dont 13 psychologues du travail et 5 informaticiens. Notre activité principale est la sélection des titulaires civils qui souhaitent rejoindre des emplois spécifiques de l'AAE (par exemple, pilotes, contrôleurs de la circulation aérienne, commandos, officiers de renseignement). À cette fin, nous effectuons une analyse des emplois afin de trouver quelles sont les connaissances, les compétences, les capacités et autres (par exemple, la motivation) nécessaires au succès. Ensuite, nous rédigeons des tests cognitifs spécifiques, un inventaire de personnalité, un test de groupe ou individuel et des entretiens. Parmi nos autres activités, nous sommes en charge de la formation des intervieweurs professionnels impliqués dans les processus de sélection. Nous dispensons également des cours de psychopédagogie destinés aux futurs pilotes instructeurs. Enfin, nous recevons du personnel militaire rencontrant des difficultés d'emploi ou de formation afin de trouver des solutions avec eux.

### **Les avions**

Le nombre d'avions en service compte 232 avions de combat, dont la majorité est de 130 Dassault Mirage 2000 et 102 Dassault Rafale. L'AAE est en charge des actions militaires impliquant la troisième dimension. Afin d'effectuer ses différentes missions (e.g. reconnaissance, appui aérien rapproché, transport aérien, ravitaillement en vol, recherche et sauvetage), nous utilisons différents types de véhicules, à savoir des aéronefs habités et des UAV. Nos pilotes de chasse volent sur Dassault Mirage 2000-5, Mirage 2000-D et Rafale (Fig. 1). De plus, nos pilotes de transport volent sur Airbus A400M (Fig.2), Transall C160 et Hercules C-130 pour les vols tactiques et sur Airbus A330 et Boeing C-135 pour les vols stratégiques. Les pilotes d'hélicoptères effectuent leur service sur les Airbus H225M Caracal, H125M Fennec et SA 330 Puma. Ces avions sont en majorité des avions à cockpit en verre. C'est-à-dire que le pilote reçoit beaucoup d'informations sur différents écrans comme l'affichage tête haute et le système de gestion de vol. De plus, le système de communication Link 16 permet à chaque pilote d'obtenir des informations tactiques d'autres avions ou du sol. Enfin, les

chasseurs ont des systèmes de détection comme des radars, des capteurs optroniques ou électromagnétiques. Outre ces avions habités, l'AAE met en œuvre des drones, à savoir MQ9-Reaper (Fig.3). Le Reaper est capable d'opérations de vol télécommandées. Ce drone est appelé aéronef télépiloté (RPA) par l'AAE pour aider les contrôleurs au sol. Le Reaper est le premier drone chasseur-tueur conçu pour une surveillance de longue endurance et de haute altitude. L'AAE est passée de l'utilisation de drones principalement dans des rôles de renseignement, de surveillance et de reconnaissance avant l'opération Barkhane (bande sahélienne) à un véritable rôle de chasseur-tueur avec le Reaper.



**Figure 1 : Dassault Rafale B**



Figure 2: MQ-9 Reaper

### **Les pilotes**

L'AAE forme et emploie des pilotes d'aéronefs avec et sans pilote. Dans certains escadrons, les pilotes de chasse peuvent voler seuls (par exemple, Rafale C, Mirage 2000-5) ou en équipage de deux personnes (par exemple, Rafale B, Mirage 2000D). Dans ce dernier cas, l'autre membre d'équipage est l'officier du système d'armes (WSO), chargé du guidage des armes. Dans les avions de transport, l'équipage peut comprendre de deux à cinq membres, selon l'avion et la mission. Par exemple, un Transall C-160 en vol tactique a besoin d'un pilote, d'un copilote, d'un WSO, d'un mécanicien navigant et d'un chef de chargement. Chaque équipage a un capitaine qui commande et prend des décisions, mais chaque spécialiste est responsable de son travail. Par exemple, si le commandant de bord est un WSO, le pilote est responsable de la trajectoire de l'avion ou de la gestion des pannes de moteur. Dans le cas d'un drone (par exemple, le drone Reaper), le pilote n'est jamais seul et l'équipage compte un opérateur de capteurs, un coordinateur tactique et un officier de renseignement. Au-delà du fait que les pilotes peuvent être seuls ou en équipage et peuvent piloter des avions avec ou sans pilote, ils doivent communiquer avec beaucoup d'autres combattants comme les ailiers, les contrôleurs AWACS ou les forces terrestres.



Ainsi, le pilote doit gérer sa mission en utilisant de nombreux systèmes de haute technologie, en communiquant avec différents spécialistes et en prenant ses décisions sous pression temporelle. Le pilote utilise plusieurs systèmes traitant de la navigation, de la communication, de la détection, des armes ou des contre-mesures. Certains de ces systèmes sont hybrides mais lorsque ce n'est pas le cas, la gestion de la machine est plus complexe. Enfin et surtout, « les pilotes pilotent leurs avions », c'est-à-dire qu'ils gèrent l'attitude, la trajectoire et la configuration de l'avion ; le pilotage peut être une activité très exigeante. De plus, l'ergonomie du cockpit et la fiabilité des automatismes sont des facteurs de sécurité critiques.



Figure 3: Airbus A400M

Par exemple, un Mirage 2000-D s'est écrasé en raison d'une mauvaise interprétation d'un affichage de contrôle de tir par le pilote et un avion de ligne a heurté une montagne après une erreur en entrant les coordonnées d'un waypoint plusieurs heures avant de le survoler. Dans le domaine des facteurs humains, les chercheurs appellent cela « les ironies de l'automatisation » (Bainbridge, 1983). Ces situations d'erreur latente ajoutent du stress au pilote qui doit surveiller les systèmes et anticiper les problèmes.

## **Le stress**

Cette contribution vise à montrer que certaines ressources personnelles sont impliquées dans la gestion du stress et l'adaptation. Dans la mesure où certaines ressources personnelles sont développables, une sélection appropriée du personnel et des interventions ciblées parmi les pilotes pourrait optimiser les performances et la santé mentale de ces combattants de l'air.

La théorie transactionnelle du stress (Lazarus & Folkman, 1984) soutient que les conditions environnementales (facteurs de stress) ne sont pas la cause directe précipitante d'une réaction de stress, mais plutôt que c'est l'évaluation par la personne du défi ou de l'obstacle (c.-à-d. la menace) qui détermine la réponse (Giancola et coll., 2009, Storch et coll., 2007). Cette théorie place l'évaluation primaire au centre du processus de stress, et c'est l'un des principaux moyens par lesquels une personne évalue le sens et la signification d'une situation. Les situations perçues comme ayant le potentiel de récompenses (e.g. reconnaissance et éloges), la maîtrise et la croissance, sont appelées évaluations de défi, tandis que celles qui sont perçues comme ayant seulement le potentiel de menacer le bien-être en contrecarrant l'atteinte des objectifs et le développement sont appelées évaluations de l'obstacle (Lazarus & Folkman, 1984 ; Skinner & Brewer, 2002). Après l'évaluation primaire, Lazarus & Folkman (1984) placent une évaluation secondaire qui traite des stratégies d'adaptation individuelles. L'adaptation fait référence aux activités entreprises pour maîtriser, tolérer, réduire ou minimiser les exigences environnementales ou intrapsychiques perçues comme représentant des menaces potentielles, des dommages ou des pertes (Folkman & Lazarus, 1985 ; Lazarus & Folkman, 1984). Ces auteurs ont identifié deux catégories d'adaptation. Tout d'abord, les stratégies d'adaptation axées sur le problème visent à éliminer les sources de stress ou à travailler avec les facteurs de stress eux-mêmes. Deuxièmement, les techniques d'adaptation axées sur les émotions visent à gérer et à réduire les émotions face aux facteurs de stress. Nous pouvons citer deux autres stratégies d'adaptation. L'adaptation anticipée implique la préparation aux conséquences stressantes d'un événement à venir dont l'occurrence est probable ou certaine (Breznitz, 1983 ; Folkman & Lazarus, 1985) et l'adaptation proactive consiste en des efforts entrepris avant un événement potentiellement stressant pour le prévenir ou modifier sa forme avant qu'il ne se produise. Différents types d'adaptation interviennent à différents moments du processus de stress. De plus, les qualités

personnelles sous-tendent les stratégies d'évaluation et d'adaptation. Lazarus (1999) a identifié trois catégories critiques : (1) les objectifs et leur priorisation ; (2) les croyances sur soi-même et le monde ; et (3) les ressources personnelles utilisées par la personne dans sa relation avec l'environnement (Lazarus 1999). De plus, Doron, Stephan & Le Scanff (2013) ont identifié deux types de ressources personnelles impliquées dans l'adaptation : les variables de tempérament et de motivation. Les caractéristiques de tempérament sont la rusticité (Kobasa et al., 1982), la résilience, l'optimisme et l'estime de soi, tandis que les variables motivationnelles sont des croyances (par exemple, sur soi-même, le monde, ses ressources, sa capacité à résoudre un problème), des motivations générales (par exemple, des valeurs, des objectifs, des intérêts) et un lieu de contrôle. Enfin, Aspinwall & Taylor (1996) ajoutent des compétences d'autorégulation en tant que compétence essentielle pour faire preuve d'adaptation proactive.

Le modèle de stress psychosocial (PSM ; Taylor & Aspinwall, 1996) rejoint la théorie transactionnelle du stress et des ressources personnelles dans un modèle intégratif. Le PSM est un cadre conceptuel dérivé de la recherche sur la cognition sociale, l'adaptation et le stress qui détaille les chemins et les processus par lesquels la personnalité (e.g. optimisme, maîtrise, perceptions du soutien social) et sociale (e.g. temps, argent, sexe, statut) influence les niveaux de stress et les résultats psychologiques et de santé. Au cœur du modèle se trouve l'identification de la personnalité et des ressources sociales en tant que modérateurs ou médiateurs clés de l'évaluation, de l'adaptation et de la résistance/vulnérabilité au stress. Le modèle (Taylor & Aspinwall, 1996 ; voir Fig. 4) explique le stress et ses effets sur la santé et le bien-être psychologique selon plusieurs niveaux avec des processus proximaux d'évaluation du stress, des styles et des stratégies d'adaptation et une vulnérabilité au stress imbriqués dans des effets sociaux et de ressources de personnalité plus distaux.

Dans les forces armées, l'armée américaine et l'armée de l'air américaine progressent dans le développement des ressources personnelles afin d'améliorer la gestion du stress et la résilience des soldats. Le *Comprehensive Soldier Fitness* est un programme militaire complet comprenant l'évaluation des capacités de résilience et le développement des ressources personnelles avec une formation spécifique appelée *Master Resilience Training* (MRT). La MRT est conçue pour développer l'optimisme, la résilience et l'établissement d'objectifs (c.-à-d. l'espoir). La plupart de ces

ressources personnelles sont regroupées dans une construction à composantes multiples, à savoir le capital psychologique (PsyCap). Le PsyCap est défini comme « l'état de développement psychologique positif d'un individu » (Fred Luthans, et al., 2007) qui se caractérise par des niveaux élevés d'espoir, d'égo-efficacité, de résilience et d'optimisme. Plusieurs études ont montré ses effets positifs sur le stress (Rabenu et al., 2016) et les performances (Madrid et al., 2018).

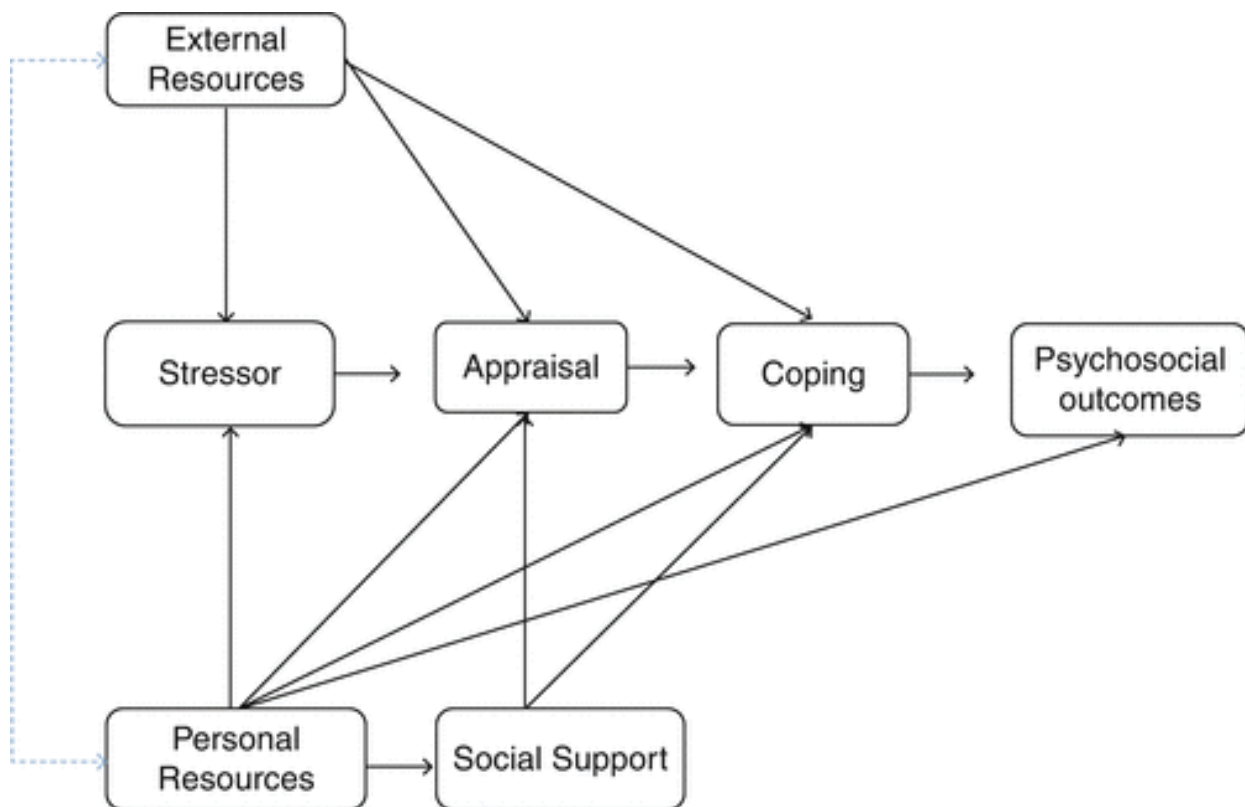


Figure 4 : Psychosocial Stress Model (PSM)

De plus, une recherche à l'AAE a montré que PsyCap a des liens positifs avec la flexibilité d'adaptation, le besoin de récupération et la qualité du sommeil ; ces différents résultats ont beaucoup d'intérêt pour le personnel militaire, et les pilotes en particulier. Différentes études ont démontré que le PsyCap peut être développé (Youssef & Sundermann, 2014). Dans les interventions de développement du PsyCap, qui durent généralement de 2 à 3 heures, les approches de développement largement reconnues pour chacune des quatre ressources sont intégrées de manière synergique et adaptées au contexte de travail spécifique. Cette approche « *shotgun* » est reconnue comme plus efficace que les stratégies ou activités individuelles de stimulation de la positivité (Seligman et al. 2005, Sin & Lyubomirsky

2009). De plus, en raison des points communs partagés entre les ressources constitutives du PsyCap, le développement d'une ressource tend également à stimuler les autres ressources. Une intervention de développement PsyCap typique comprend l'établissement d'objectifs, la génération de voies, des répétitions mentales de la poursuite d'objectifs à travers diverses voies générées et une planification d'urgence pour surmonter les obstacles. Les objectifs axés sur l'approche (p. ex., « Je vais faire ceci ») sont mis en avant par rapport aux objectifs axés sur l'évitement (p. ex., « Je vais arrêter de faire cela »). Des objectifs précis et mesurables, ainsi que des jalons fréquents, sont encouragés. Les petits groupes sont utilisés pour des perspectives supplémentaires, un soutien social et des encouragements, ainsi que des expériences partagées. Grâce à ces activités, les participants développent simultanément leur espoir, leur auto-efficacité, leur résilience et leur optimisme. Les activités sont adaptées au contexte organisationnel, d'emploi et/ou personnel spécifique (Luthans & Youssef-Morgan, 2017). Enfin, certains antécédents de disposition sont positivement liés à PsyCap, à savoir certains traits de personnalité comme la rusticité ou l'auto-évaluation de base. Ainsi, les procédures de sélection du personnel pourraient évaluer ces caractéristiques afin de maximiser le développement de PsyCap parmi les recrues, ce qui optimisera la gestion du stress, la résilience et l'adaptation.

### **Les pilotes sont concernés par le stress**

Les pilotes de l'AAE doivent gérer des missions complexes dans un environnement exigeant et parfois imprévisible. Le pilote doit préparer sa mission ; en particulier, il doit anticiper les problèmes potentiels. Lors de l'exécution de la mission, il gèrera les problèmes, certains d'entre eux auront été anticipés et d'autres non. Par conséquent, les pilotes AAE sont soumis à un stress professionnel élevé. De plus, les pilotes sont exposés à une charge de travail élevée et à des pressions de temps. Enfin, ils doivent communiquer et décider avec d'autres membres d'équipage ou forces terrestres, ce qui peut ajouter un peu de stress lorsqu'ils ne parviennent pas à s'entendre. Par conséquent, la gestion du stress est essentielle pour au moins deux raisons. Premièrement, le stress entraverait les ressources attentionnelles et ces dernières sont nécessaires pour gérer les paramètres de vol et de mission. Par exemple, lors d'un bombardement, le pilote doit garder le contrôle de l'avion avec une altitude et une vitesse appropriées, il doit vérifier les paramètres du moteur et des systèmes, il guide l'armement

après avoir décidé de tirer, il contrôle les menaces potentielles externes (par exemple, météorologique, tir ennemi). Deuxièmement, en même temps, il est en communication avec le quartier général, les forces terrestres, les ailiers ou d'autres membres d'équipage. Certains désaccords peuvent apparaître concernant les décisions et les actions. Par exemple, un officier général peut demander à un pilote de drone de livrer une bombe alors qu'il n'est pas sûr d'être verrouillé sur la bonne cible, ce qui peut le conduire à des émotions négatives comme la colère. Ainsi, ces situations nécessitent une bonne régulation émotionnelle.

Les pilotes sont des membres du personnel hautement qualifiés avec de nombreuses compétences techniques développées au cours d'une formation longue et difficile. Néanmoins, d'autres compétences sont requises comme nous l'avons vu auparavant, à savoir la communication, la prise de décision ou la conscience de la situation. Le stress entravera les ressources du pilote nécessaires pour exécuter ces compétences non techniques. Ainsi, l'effet positif des ressources personnelles comme PsyCap justifie de sélectionner et de former des pilotes en tenant compte de ces résultats. Pour ces raisons, l'AAE et d'autres professions stressantes devraient prendre soin des ressources personnelles de leur personnel. Tout d'abord, ils doivent prêter attention à la personnalité du candidat en l'évaluant à l'aide de tests appropriés (p. ex., inventaires, test de jugement situationnel, évaluation individuelle ou de groupe). Cela correspond à une approche de centre d'évaluation, qui représente un processus long et expansif. Néanmoins, il permet de sélectionner des personnes dans un processus à plusieurs obstacles où chaque test peut être éliminatoire. Deuxièmement, la formation devrait mettre en œuvre des modules spécifiques tels que le *Master Resilience Training* des forces armées américaines. Au cours de leur carrière, les pilotes ont pu participer à des cours adaptés afin de développer des ressources personnelles comme PsyCap. Cela pourrait se faire en présentiel ou en e-learning afin de rester flexible avec une population très itinérante.

### **Remarques conclusives**

Cette contribution vise à montrer que certaines ressources personnelles sont impliquées dans la gestion du stress et l'adaptation. Le PSM est un modèle approprié pour étudier le processus de stress de manière inclusive, en tenant compte de l'interaction entre l'environnement (ressources sociales, ressources externes, facteurs de stress) et la personne (ressources

personnelles). Les ressources personnelles ont le grand avantage d'être améliorées de plusieurs façons. Premièrement, un processus de sélection approprié permettra d'embaucher des titulaires ayant des traits de personnalité adaptés. Deuxièmement, les ressources personnelles pourraient être améliorées avec une formation spécifique (e.g. MRT). En particulier, PsyCap est une construction à composants multiples avec beaucoup de résultats positifs.

## **References**

Aspinwall, L. G., & Taylor, S. E. (1997). A stitch in time: self-regulation and proactive coping. *Psychological bulletin*, 121(3), 417-436.

Breznitz, S. (Ed.). (1983). *The denial of stress*. International Universities Press Inc.

Doron, J., Stephan, Y., & Le Scanff, C. (2013). Les stratégies de coping: une revue de la littérature dans les domaines du sport et de l'éducation. *European review of applied psychology*, 63(5), 303-313.

Folkman, S. (1984). Personal control and stress and coping processes: a theoretical analysis. *Journal of personality and social psychology*, 46(4), 839-852.

Folkman, S., & Lazarus, R. S. (1985). If it changes it must be a process: study of emotion and coping during three stages of a college examination. *Journal of personality and social psychology*, 48(1), 150-170.

Giancola, J., Grawitch, M. J., & Borchert, D. (2009). Dealing with the stress of college: A model for adult students. *Adult Education Quarterly*, 59(3), 246-263.

Kobasa, S. C. (1982). The hardy personality: Toward a social psychology of stress and health. *Social psychology of health and illness*, 4, 3-32.

Lazarus, R. S. (1999). Hope: An emotion and a vital coping resource against despair. *Social research*, 653-678.

Lazarus, R. S., & Folkman, S. (1984). *Stress, appraisal, and coping*. Springer publishing company.

Luthans, F., & Youssef-Morgan, C. M. (2017). Psychological capital: An evidence-based positive approach. *Annual review of organizational psychology and organizational behavior*, 4, 339-366.

Luthans, F., Avolio, B. J., Avey, J. B., & Norman, S. M. (2007). Positive psychological capital: Measurement and relationship with performance and satisfaction. *Personnel psychology*, 60(3), 541-572.

Madrid, H. P., Diaz, M. T., Leka, S., Leiva, P. I., & Barros, E. (2018). A finer grained approach to psychological capital and work performance. *Journal of Business and Psychology*, 33(4), 461-477.

Rabenu, E., Yaniv, E., & Elizur, D. (2016). The relationship between psychological capital, coping with stress, well-being, and performance. *Current Psychology*, 36(4), 875-887.

Seligman, M. E., Steen, T. A., Park, N., & Peterson, C. (2005). Positive psychology progress: empirical validation of interventions. *American psychologist*, 60(5), 410-421.

Sin, N. L., & Lyubomirsky, S. (2009). Enhancing well-being and alleviating depressive symptoms with positive psychology interventions: A practice-friendly meta-analysis. *Journal of clinical psychology*, 65(5), 467-487.

Skinner, N., & Brewer, N. (2002). The dynamics of threat and challenge appraisals prior to stressful achievement events. *Journal of personality and social psychology*, 83(3), 678-692.

Storch, E. A., Geffken, G. R., Merlo, L. J., Mann, G., Duke, D., Munson, M., ... & Goodman, W. K. (2007). Family-based cognitive-behavioral therapy for pediatric obsessive-compulsive disorder: Comparison of intensive and weekly approaches. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 46(4), 469-478.



Taylor, S. E., & Aspinwall, L. G. (1996). Mediating and moderating processes in psychosocial stress: Appraisal, coping, resistance, and vulnerability. In H. B. Kaplan (Ed.), *Psychosocial stress: Perspectives on structure, theory, life-course, and methods* (pp. 71–110). Academic Press.

Youssef-Morgan, C. M., & Sundermann, D. A. (2014). 19. Positive interventions: From prevention to amplification. In Peeters, de Jonge & Taris (Eds), *An introduction to contemporary work psychology* (pp. 458-480). John Willey & Sons.

# Formation des pilotes à la résilience au stress

Erskine, J.

St-George University of London, UK

Email: [jerskine@sgul.ac.uk](mailto:jerskine@sgul.ac.uk)

## Abstract

Le stress dans le monde du travail devient une préoccupation de plus en plus importante. Le coût induit n'est plus à démontrer et est largement étudié. Nous proposons ici une méthode qui intervient pour la gestion du stress avant, pendant, et après l'exposition à l'épisode de stress. Il s'agit d'une méthode par cours à distance peu coûteuse dont les effets bénéfiques ont été prouvés par des mesures validées.

## Introduction

La Medical School of Saint-George's, University of London travaille à la formation de futurs médecins dans toutes les spécialités et à la recherche sur tous les aspects des sciences biologiques et médicales. Récemment, l'école a contribué au développement de nouveaux vaccins et d'essais ciblant le Covid-19 (<https://www.sgul.ac.uk/news/new-study-covid-19-vaccine-pregnant-women-launches>). L'hôpital universitaire s'engage à entreprendre la recherche et le développement de systèmes, d'infrastructures et de solutions conçus pour s'attaquer aux problèmes de santé auxquels nous serons confrontés au 21e siècle. Notre groupe (Adapt) est actuellement soutenu par l'université pour développer un programme de résilience automatisé (en ligne, via des applications et des sessions en direct distancielles) afin de favoriser une forme mentale optimale pour soutenir les professions très stressantes et les personnes travaillant dans des industries où les situations de stress élevé sont reconnues comme faisant partie intégrante du travail. Un exemple serait un professionnel de la santé (par exemple, un médecin). Les données indiquent qu'à l'heure actuelle, il existe des niveaux très élevés d'épuisement professionnel chez les médecins du monde entier, ce qui les oblige souvent à quitter leur poste ou à être beaucoup moins productifs et à faire des erreurs (Bhatnagar, 2020 ; Koh, Lim, et al., 2005 ; Sla, 2016 ; Zhou, Panagioti, Esmail et al. 2020). Notre groupe a maintenant développé une intervention de résilience de 6 semaines et l'a livrée à distance à plus de 200 personnes avec des augmentations très significatives démontrées du bien-être.

## **Les professionnels et les technologies télécommandées**

A l'heure actuelle, les technologies télécommandées utilisées dans le groupe ou à l'école de médecine n'incluent pas systématiquement des machines de type véhicule en raison de la nature des activités. Cependant, de nombreux professionnels de santé qui sont entraînés utilisent régulièrement la robotique et les technologies assistées, en particulier pendant la chirurgie. Plus précisément, le groupe utilise la technologie informatique pour soutenir le développement de la résilience à distance. En ce qui concerne le développement et la commercialisation de technologies en ligne et leur application, le groupe forme des personnes exerçant des professions très stressantes afin qu'elles soient mieux dotées pour faire face à des niveaux importants de stress lié au travail.

Le groupe se concentre sur la formation des personnes qui doivent régulièrement répondre aux urgences dans le cadre de leurs professions. Les personnes entraînées utilisent divers moyens pour intervenir, mais l'accent est mis sur l'acquisition des techniques et des connaissances psychologiques nécessaires pour pouvoir exercer ces professions sans subir de dommages importants sur leur santé et sur leur bien-être au quotidien.

## **Objet de l'article**

Le groupe s'intéresse à intervenir psychologiquement auprès d'individus et d'entreprises travaillant dans des professions à haut stress. La composante humaine des systèmes d'intervention est souvent la moins bien prise en compte. La pandémie actuelle de Covid-19 fournit un exemple concret basé sur la santé où les systèmes médicaux ont été mis à rude épreuve dans de nombreux pays et devaient absorber et répondre à la demande accrue de services avec peu de possibilités de repos ou de récupération. Il a été attendu que la contribution des personnels médicales (infirmières, médecins et professionnels de la santé) fonctionne comme auparavant dans ce nouveau contexte, sans que les effets potentiels soient reconnus. Le travail du groupe est spécialisé dans la formation des professionnels avant qu'ils ne rencontrent des situations de stress élevé afin de les rendre plus résilients aux facteurs de stress continus sur le lieu de travail. En tant que tel, il se concentre sur l'intervention au niveau individuel sur les opérateurs humains pour les rendre plus résistants au stress et qu'ils soient davantage en mesure de faire face à des environnements difficiles. À l'heure actuelle,

un programme de formation à distance de 6 semaines été développé et dispensé à plus de 200 futurs médecins et professionnels de la santé. Le programme consiste en une session d'une heure en personne (à distance via Microsoft Teams) comprenant des conférences, des exercices et des ateliers chaque semaine, pour une période de 6 semaines (soit 6 sessions). Entre les semaines, les participants reçoivent des devoirs à faire qui prennent environ 30 minutes chaque semaine, composées d'activités pratiques entreprises dans la vie quotidienne et d'autres matériels pédagogiques (via des vidéos et des applications). À l'heure actuelle, le groupe est dans les dernières étapes du développement d'une méthode automatisée de livraison pour cette intervention (en ligne et via des applications de téléphonie mobile) qui permettra son déploiement beaucoup plus large aux professions et aux personnes effectuant régulièrement des travaux très stressants tels que les professionnels de la santé, la police, l'armée et le personnel d'intervention d'urgence. Cet article décrit les composantes de l'intervention et en donne des exemples en fonctionnement.

Il y a plusieurs domaines clés à prendre en compte lors de l'examen des effets des professions stressantes sur le fonctionnement. D'une manière générale, il y a trois points principaux et des idées d'intervention : 1.) avant le stress ou pré-stress, 2.) pendant le stress, 3.) après le stress ou post-stress.

### **Pré stress**

Le groupe propose des interventions qui visent à renforcer la capacité d'adaptation de l'individu qui se trouvera par la suite stressé. Celles-ci sont conçues pour renforcer la résilience avant les épisodes stressants. Le groupe soutient que c'est le moment le plus important pour les interventions. Une autre façon de penser cela pourrait être en termes de force physique, c'est-à-dire qu'il faudrait s'entraîner pendant plusieurs mois avant d'essayer de supporter un poids très lourd. Ces interventions réalisées avant les épisodes stressants viennent de plusieurs disciplines différentes. Par exemple, notre programme actuel combine des interventions de thérapie cognitivo-comportementale, de psychologie comportementale, de psychothérapie existentielle, de philosophie, de psychologie commerciale/professionnelle, de médecine/biologie, d'informatique et de la littérature sur la réduction du stress.

Voici quelques exemples d'interventions utilisées avant des épisodes stressants :

1. Penser enregistrement et ajustement – enregistrer la façon dont on se parle et ajuster une évolution en fonction des dernières données probantes sur des modes de pensée plus productifs.
2. Gagner sur ses croyances et ses valeurs habituelles et sur la façon dont celles-ci peuvent limiter les actions et les réactions – par exemple, un système de croyances fataliste où l'on croit que ce qui se passe est en grande partie hors de son contrôle est souvent inutile et peut être modifié.
3. Prise de perspective – apprendre à élargir naturellement sa perspective pour voir une gamme d'options plutôt qu'un ensemble anormalement limité.
4. Faire face aux émotions et aux pensées indésirables – souvent, les personnes réagissent mal à certaines pensées et émotions parce qu'ils ne veulent pas ou n'aiment pas les avoir. Les cours enseignent aux personnes des façons d'accepter et de ne pas se soucier d'avoir ces pensées, offrant la capacité de faire face à ces situations et de réduire le stress et l'anxiété.
5. Faire un examen fondé sur des données probantes des moyens de maximiser l'efficacité en entreprenant certaines activités de la vie quotidienne, telles que les effets de l'exercice, du sommeil et de la gestion des émotions.

### **Pendant le stress**

Une fois préparés aux techniques et changements individuels « avant stress » (ou pré-stress) lors des premiers cours, les personnes peuvent passer à des cours axés sur la façon de se comporter lors d'épisodes stressants. Ceux-ci sont conçus pour renforcer la capacité de fonctionner sous stress.

Quelques exemples :

1. Surveiller en continu la pensée et les défis pendant le stress – en s'appuyant sur les bases apprises pendant les cours de pré-stress,
2. Se concentrer sur le maintien de la respiration pendant le stress et les techniques de respiration spécifiques qui fonctionnent sous stress, car de nombreux changements biochimiques pendant le stress peuvent entraîner une interruption de la respiration entraînant des conséquences négatives – cela peut être appris mais nécessite de la pratique.

3. Intervenir sur la base de la pleine conscience (« mindfulness ») axée sur la sensation corporelle et les consciences,
  4. Apprendre à réévaluer les situations en temps réel pour adopter une perspective plus large,
  5. Utiliser le corps dans des situations stressantes pour réduire le stress.
- Voir par exemple les Techniques de l'optimisation du Potentiel dans Fauquet-Alekhine & Erskine (2021).

### **Post-stress**

La plupart des interventions post-stress dépendent du fonctionnement de l'individu dans les semaines et les mois qui suivent un stress extrême. Il existe des preuves qu'intervenir chez tous les individus après le stress est inutile et potentiellement nocif pour ceux qui s'en sortiraient bien de toute façon (Paterson, Whittle et Kemp, 2015 ; Rabstejnek, 2014 ; Tuckey et Scott, 2014). Par conséquent, une surveillance est nécessaire et les interventions ne sont recommandées que pour ceux qui présentent des signes de perturbation continue du fonctionnement. Chez ceux qui présentent ces signes, les interventions se concentrent sur certains des éléments suivants :

1. Apprendre et encourager les personnes à ne pas éviter les pensées, les émotions et les comportements et à les accepter et à les explorer de manière à susciter des idées et à changer,
2. Rechercher et utiliser le soutien social plutôt que de s'isoler,
3. Modifier les croyances et les valeurs et apprendre à accepter la perte et les expériences que certains pourraient appeler échec.

À l'heure actuelle, le groupe a dispensé un cours de résilience pré-stress à plus de 200 personnes avec les résultats suivants. Nous mesurons le fonctionnement avant que les participants ne commencent le cours sur l'échelle de bien-être mental Warwick-Edimbourg (Tennant, Hiller, Fishwick et al., 2007). Cette échelle mesure le bien-être mental dans la population générale et est largement utilisée. Le score moyen au départ est de 41,24 (SD=6,57). Le score moyen à la fin du cours est de 48,71 (SD=7,56). Le test t indique que l'augmentation est significative  $t = 4,22$   $p < ,05$ . À l'heure actuelle, les résultats sont préliminaires en raison de l'absence d'un groupe témoin apparié qui ne subit pas d'intervention, mais indiquent que les participants augmentent leur bien-être mental de plus d'un écart-type au cours du cursus.

## **Prolongation des travaux**

Le cadre décrit dans la section précédente peut être considéré comme s'appliquant à toute industrie où toute réponse à des événements stressants fait partie intégrante du travail. Dans ce cadre, il peut s'agir d'un pilote vivant ou réagissant à un événement autant que d'un professionnel de la santé. Etayé par des données, le groupe soutient que les individus peuvent être entraînés avant la rencontre avec des situations stressantes pour devenir davantage capables de réagir efficacement aux événements difficiles. En outre, un recueil de données est en cours, visant à démontrer que les interventions de résilience à distance peuvent réduire les perturbations post-événement du fonctionnement des individus.

## **Conclusion**

La capacité des opérateurs humains à réagir efficacement à des situations difficiles et très stressantes est une composante souvent négligée dans les organisations d'intervention d'urgence. Bien que nous soyons devenus meilleurs dans la sélection des personnes destinées à intégrer des professions très stressantes, des erreurs sont souvent commises. Il est extrêmement coûteux de former des professionnels de la santé ; pourtant, au Royaume-Uni, un an après l'obtention de leur diplôme, beaucoup sont à un point où leur fonctionnement en poste est déjà compromis au point que, soit ils quittent la profession, soit ils font des erreurs conduisant à des interventions coûteuses. En effet, de nombreux systèmes d'intervention d'urgence (y compris les systèmes de santé) concentrent traditionnellement la plupart de leurs ressources sur l'intervention une fois que les problèmes se sont développés (c'est-à-dire ils attendent que la maladie se manifeste avant de commencer le traitement). L'objectif du groupe est d'intervenir (via une formation factuelle dispensée à distance en peu de temps et à faibles coûts financiers) avant que l'individu ne démontre des conséquences négatives sur la santé (psychologiques ou physiques). En bref, le design de l'intervention améliore la capacité d'un individu à faire face à des environnements très stressants tout en étant accessible, rentable et prophylactique critique.

Pour plus d'informations, contacter Dr. James Erskine au [ierskine@sgul.ac.uk](mailto:ierskine@sgul.ac.uk) ou Dr. Linda Perkins-Porras [lperkins@sgul.ac.uk](mailto:lperkins@sgul.ac.uk) .

## **References**

Bhatnagar, G. (2020). Physician burnout. *The Lancet*, 395(10221), 333.

Fauquet-Alekhine, Ph. & Erskine, J. (2021) *Occupational Stress: Understanding, Managing, Treating*. London: Palgrave Macmillan.

Koh, D., Lim, M. K., Chia, S. E., Ko, S. M., Qian, F., Ng, V., ... & Fones, C. (2005). Risk perception and impact of severe acute respiratory syndrome (SARS) on work and personal lives of healthcare Workers in Singapore What can we Learn?. *Medical care*, 676-682.

Paterson, H. M., Whittle, K., & Kemp, R. I. (2015). Detrimental effects of post-incident debriefing on memory and psychological responses. *Journal of Police and Criminal Psychology*, 30(1), 27-37.

Rabstejnek, C. V. (2014). Evaluating the efficacy of critical incident stress debriefing: A look at the evidence.

Sla, B. (2016). Physician burnout: a global crisis. *Lancet*, 388(10193), 2272-2281.

Tennant, R., Hiller, L., Fishwick, R., Platt, S., Joseph, S., Weich, S., ... & Stewart-Brown, S. (2007). The Warwick-Edinburgh mental well-being scale (WEMWBS): development and UK validation. *Health and Quality of life Outcomes*, 5(1), 1-13.

Tuckey, M. R., & Scott, J. E. (2014). Group critical incident stress debriefing with emergency services personnel: a randomized controlled trial. *Anxiety, Stress & Coping*, 27(1), 38-54.

Zhou, A. Y., Panagioti, M., Esmail, A., Agius, R., Van Tongeren, M., & Bower, P. (2020). Factors associated with burnout and stress in trainee physicians: a systematic review and meta-analysis. *JAMA network open*, 3(8), e2013761-e2013761.



[BLANK PAGE]

ISBN 978-2-9541430-7-1 (PDF)