

How has the design, development and regulation of the 737 MAX changed pilots' perception of stakeholders involved in aviation safety? An exploratory study.

**Bachelor Project submitted for the degree of
Bachelor of Science HES in International Business Management**

by

Alexandra MEYLAN

Bachelor Project Mentor:

Christophe COURBAGE, Professor at the Haute Ecole de Gestion in Geneva

Geneva, June 2, 2021

Haute Ecole de Gestion de Genève (HEG-GE)

International Business Management

Disclaimer

This report is submitted as part of the final examination requirements of the Haute Ecole de Gestion de Genève, for the Bachelor of Science HES-SO in International Business Management. The use of any conclusions or recommendations made in or based upon this report, with no prejudice to their value, engages the responsibility neither of the author, nor the author's mentor, nor the jury members, nor the HEG or any of its employees.

Acknowledgements

This bachelor thesis could only be completed in the desired manner thanks to the help and support of many people. I would like to sincerely thank them for their availability and kindness.

I would first like to thank my mentor, Mr. Christophe Courbage for his valuable guidance throughout this entire project. He provided me with the tools that I needed to adequately structure and comprehensively define my thesis. His availability and kind advice made the process very enjoyable.

I would also like to acknowledge Mr. John Herniman who first introduced me to the 737 MAX. I deeply appreciated our discussions and his help in formulating my research question.

Last but certainly not least, my deepest gratitude goes to all eight pilots who took the time to answer my questions. This thesis would not have been possible without their help. Their kindness and candor will not be forgotten.

Executive Summary

The Boeing 737 MAX is the subject of multiple investigations and lawsuits around the world. It will be forever associated with the tragic and preventable deaths of 346 people killed in two separate crashes within five months in 2018-2019, an extraordinary fact given the significant advances in aviation safety over the last two decades and the plane brand new certification. The 737 MAX showcase the multiple failures in how Boeing is manufacturing planes as well as how the Federal Aviation Authority (FAA) is regulating them. In both crashes, the Manoeuvring Characteristics Augmentation System (MCAS) was activated on erroneous data readings. This new system pushed the nose of the airplane down until it forced the airplane into a nose-down attitude from which the pilots were unable to recover. Even though the consequences of the activation of the MCAS lead to catastrophic consequences, pilots were unaware of its existence.

This thesis explores how the design, development and regulation of the 737 MAX changed pilots' perception of the stakeholders involved in aviation safety. This exploratory study analyses three stakeholders. First, Boeing for its role in the design and production of the 737 MAX. Second, the FAA for its regulatory role. Third and mainly, pilots' perception of their role in public safety.

In-depth interviews were conducted with eight pilots. First, pilots expressed a 100% trust in Boeing believing that they manufacture safe aircrafts. However, over 60% of respondents indicated that their perception of Boeing was negatively impacted by the 737 MAX. Second, 75% of pilots interviewed explained that their perception of the FAA changed, largely crediting its loss of credibility. Finally, pilots' perception of their role in public safety remained unchanged for 75% of respondents. This surprising result is explained by the fact that pilots' perception changed for other stakeholders involved in aviation safety.

The double failure – Boeing lack of technicity and the FAA lack of oversight - shocked the industry. Boeing needed to design the 737 MAX to compete with Airbus A320 NEO. Asking pilots for their professional opinion on the 737 MAX offers a better understanding of the consequences of the 737 MAX crashes as well as a singular view on some stakeholders involved in the safety of today's aviation industry.

Contents

Disclaimer.....	i
Acknowledgements	ii
Executive Summary	iii
Contents	iv
List of Figures.....	vi
1. Introduction.....	1
2. Literature review	3
2.1 Boeing 737 MAX	3
2.1.1 Redesigning the 737	3
2.1.1.1 Strategic imperative: duopoly with Airbus	4
2.1.1.2 Boeing decision to remodel the 737 NG	6
2.1.2 Product development	7
2.1.2.1 From 737 NG to 737 MAX.....	7
2.1.2.2 Maneuvering Characteristics Augmentation System (MCAS).....	8
2.1.2.2.1 MCAS Basis.....	8
2.1.2.2.2 Historical developments of MCAS.....	9
2.1.2.2.2.1 MCAS first version	9
2.1.2.2.2.2 MCAS second and final version.....	11
2.1.3 Production pressures	13
2.1.3.1 737 MAX production.....	13
2.1.3.2 Boeing culture.....	16
2.1.4 Pilot training requirements.....	17
2.1.5 Consequences	20
2.1.5.1 1 st crash: Lion Air flight 610	20
2.1.5.2 2 nd crash: Ethiopian Airlines flight 302.....	21
2.1.5.3 FAA & Boeing post-crash response.....	21
2.1.5.4 Financial impact	22
2.1.5.5 Boeing's modifications.....	24
2.2 Regulators	25
2.2.1 FAA.....	25
2.2.1.1 Certification process	25
2.2.1.2 FAA delegation.....	25
2.2.2 EASA.....	28
3. Analysis	30
3.1 Methodology	30
3.2 Results.....	32
3.2.1 Boeing 737 MAX	32
3.2.2 The FAA and EASA.....	34
3.2.3 The role of pilots in public safety.....	35
4. Discussion.....	36
4.1 Boeing 737 MAX	36
4.2 The FAA and EASA.....	42
4.3 The role of pilots in public safety	46

5. Conclusion	49
Bibliography	51
Appendix 1: Interview questions in English	54
Appendix 2: Interview questions in French.....	57
Appendix 3: Interview transcript with interviewee A	60
Appendix 4: Interview transcript with interviewee B	65
Appendix 5: Interview transcript with interviewee C.....	74
Appendix 6: Interview transcript with interviewee D	80
Appendix 7: Interview transcript with interviewee E.....	88
Appendix 8: Interview transcript with interviewee F.....	94
Appendix 9: Interview transcript with interviewee G	104
Appendix 10: Interview transcript with interviewee H	113

List of Figures

Figure 1 - 737 1st generation.....	4
Figure 2 - A320 NEO (left) vs 737 MAX (right)	5
Figure 3 - 737 NG (left) vs 737 MAX (right)	7

1. Introduction

The aviation industry is very specific and has a few economic particularities. First, the barrier to entry is extremely high. Second, it faces long product cycles. Third, the industry is characterized by the global duopoly opposing Airbus Commercial Aircraft (Airbus) in Europe to The Boeing Company (Boeing) in the United States of America (USA). Fourth, the industry employs hundreds of thousands of people in the European Union (EU) as well as in the USA with additional suppliers all over the world. Consequently, this industry has significant economic impact in our societies as can be witnessed by Government intervention such as Presidents promoting new aircraft models.

This work focuses on the 737 MAX crashes which showcased the multiple failures in how Boeing is manufacturing planes as well as how the American regulator, the Federal Aviation Administration (FAA) is regulating them (The House Committee on Transport and Infrastructure 2020). The 737 MAX is the subject of multiple investigations and lawsuits around the world and will be forever associated with the tragic and preventable deaths of 346 people killed in two separate crashes within five months, an extraordinary fact given the significant advances in aviation safety over the last two decades and the plane brand new certification. In both crashes, the new Manoeuvring Characteristics Augmentation System (MCAS) was automatically activated based on erroneous data readings. This new system pushed the nose of the airplane down multiple times until it forced the airplane into a nose-down attitude from which the pilots were unable to recover. Even though the consequences of MCAS activation led to catastrophic consequences, the pilots were unaware of its existence.

This thesis explores how the design, development and regulation of the 737 MAX changed pilots' perception of the stakeholders involved in aviation safety. This exploratory study analyses three stakeholders. First, Boeing for its role in the design and production of the 737 MAX. Second, the FAA for its regulatory role. Third and mainly, pilots' perception of their role in public safety. Asking pilots for their professional opinion on the 737 MAX offers a better understanding of the consequences of the 737 MAX crashes. The particularities of the aviation industry combined with the 737 MAX incidents offer a singular view on some stakeholders involved in the safety of today's aviation industry.

This thesis starts with an in-depth literature review focused on the different events that lead to the design, development, production and training requirements for Boeing 737

MAX. In addition, an explanation of the FAA certification process and current structure as it applied to the 737 MAX is presented. Followed by the European Union Aviation Safety Agency (EASA) modifications required to return the 737 MAX to service. This part is followed by a description of the qualitative method used to answer the research question as well as the process undertaken for the in-depth interviews of eight pilots. Subsequently, the interviews answers were thoroughly examined with the key findings presented in the results and a detailed analysis carried out in the discussion. Finally, the conclusion offers a summary of the key events leading to the 737 MAX and provide a view of the consequences of the 737 MAX crashes on some stakeholders involved in aviation safety while suggesting future research on the topic.

2. Literature review

The literature review is divided into two main parts. First, a detailed explanation on Boeing 737 MAX goes through the decision to redesign the 737, the development process, the production pressures, the pilot training requirements and finally the consequences of the crashes. Second, the FAA regulatory function is presented for its most important role in the 737 MAX, followed by the EASA.

2.1 Boeing 737 MAX

William Edward Boeing opened his first airplane factory in 1910. Today, Boeing has more than 150'000 employees and is the largest exporter in the USA. Boeing products and services include commercial and military aircrafts, satellites, weapons, electronic and defense systems, launch systems, information and communication systems, as well as performance-based logistics and training. (Boeing [no date])

The first part of the literature review offers a detailed explanation of Boeing decisions leading to the 737 MAX. First, arguments for the redesign the 737 NG are demonstrated and emphasised with Boeing's duopoly against Airbus. Second, the development of the 737 MAX is clarified with an emphasis on MCAS. Third, the production pressures on the 737 MAX are highlighted and put into perspective with Boeing's corporate culture. Fourth, the importance of training requirements for the 737 MAX are explained. Finally, a timeline of the consequences of the 737 MAX crashes is presented.

2.1.1 Redesigning the 737

The literature review on Boeing 737 MAX starts with Boeing decision to remodel the 737 NG and explains the primordial role that Boeing duopoly with Airbus played in the decision.

Boeing's 737 program consist of single-aisle passenger airplanes. It was first designed in 1964 and entered into commercial service in 1968. The MAX is the fourth generation of Boeing 737 model airplane and its twelfth derivative model. Consequently, the 737 are one of the oldest aircraft models still in use today. Nevertheless, they had a strong reputation for being dependable and safe. In the sixties, the goal was to design aircrafts

that were low to the ground to facilitate boarding¹. Additionally, engines were much smaller in diameter than the ones used today (see Figure 1 below). As a result, the 737 original low to the ground design presents a challenge in integrating today's new engines under the wings. Indeed, while engines are becoming more efficient, they gain in size.

Figure 1 - 737 1st generation



Source: WIKIPEDIA Boeing 737 [no date]

In July 2008, the company CFM International² announced the launch of the LEAP (Leading Edge Aviation Propulsion) engines. These new engines were a breakthrough compared to previous generations as they offer a 15% greater fuel efficiency, a 75% reduction in noise footprint and a 50% reduction in nitrogen oxide emissions. (SAFRAN Media 2014) With the new engines unmatched performances, the two main global aerospace manufacturers - Airbus and Boeing - had to integrate the new engine to their aircrafts or fear losing customers as well as market share.

2.1.1.1 Strategic imperative: duopoly with Airbus

In December 2010, Airbus launched the A320 NEO (New Engine Option) family of aircraft equipped with the new CFM International LEAP engines³. Airbus could easily add the new engine to their existing A320 which was designed in 1984. The A320 was intentionally designed higher from the ground, allowing more space below the wings, to integrate new engines. The figure below (Figure 2) shows the difference between the Airbus A320 NEO and Boeing's 737 MAX.

¹ At that time, boarding was exclusively done from the ground via steps to get on the plane. Modern airports as we know today where we can access the plane directly from the gate were not the norm.

² A 50-50 joint venture between American GE Aviation and French Safran Aircraft Engines.

³ The LEAP engines are part of three major aircrafts programs. It is one of the engine options on the Airbus A320 NEO, the sole powerplant for the Boeing 737 MAX, and the only western engine for the COMAC C919. (SAFRAN Media 2014)

Figure 2 - A320 NEO (left) vs 737 MAX (right)



Source: L. Felix 2019

Airbus got a competitive advantage over Boeing due to the new engines which promised significant cost savings for airlines and therefore passengers. Nonetheless, at the beginning, Boeing downplayed this competitive treat. On January 14, 2011, James Albaugh, Boeing Commercial Airplanes Chief Executive Officer (CEO) said:

"I think Airbus will find re-engining the A320 more challenging than they think it will be. At the same time, while we haven't made a firm decision, I don't think we will re-engine the 737. It's really hard to come up with a compelling business case to do that. We think the right answer [is] to probably do a new small airplane that might come out toward the end of this decade. Every customer I talk to has a real hard time understanding why a re-engined airplane makes sense."

(Leham News 2019)

However, the situation changed quickly when American Airlines who had exclusively purchased from Boeing for decades announced that they were going to purchase hundreds of the new A320 NEO. According to the New York Times, in the spring of 2011, The Boeing Company CEO, Jim McNerney, received a call from American Airlines CEO in which American Airlines told Boeing that if they wanted to maintain their business with them, they would need to offer a similar aircraft soon. (Gelles, Kitroeff, Nicas, Ruiz 2019)

2.1.1.2 Boeing decision to remodel the 737 NG

In August 2011, Boeing announced that they would remodel the 737 NG (Next Generation), the 737 latest model. Even though the 737 line presents challenges for integrating a new engine due to its old design, Boeing also had many arguments for the remodel. On one hand, the estimated cost of building a brand-new airplane in 2011 was around USD 10 billion while the cost of re-engining the existing 737 NG to develop the new 737 MAX airplane was only about USD 3 billion. (Wilhelm 2011) On the other hand, building a brand-new airplane take approximatively ten years which Boeing could not afford with Airbus A320 NEO hitting the market.

The 737 family is a strong brand of commercial airplanes. Boeing delivered more than 9'000 aircrafts of the 737 family before starting to design the 737 MAX. (BOEING MediaRoom 2021) Consequently, many pilots are already trained on the 737 offering to Boeing the same advantage between the 737 NG and the 737 MAX as Airbus between the A320 and the A320 NEO (see section 2.1.4, Pilot training requirements). Finally, re-designing an existing model allowed Boeing to go through an easier certification process (see section 2.2.1, FAA).

Boeing strategy initially paid off. On March 9, 2017, when the FAA certified the 737 MAX, Boeing had already received more than 3'600 orders for the 737 MAX from 83 customers worldwide. The 737 MAX became Boeing's fastest-selling airplane ever produced. (BOEING MediaRoom 2017)

2.1.2 Product development

The development of the 737 MAX is explained below. First, the differences between the 737 NG and the 737 MAX are presented, followed by a detailed explanation on the development of MCAS.

2.1.2.1 From 737 NG to 737 MAX

The main difference between the 737 NG and the 737 MAX is the integration of the new CFM LEAP-1B engines. Since the 737 already sits relatively low on the ground, there wasn't enough space under the wings to accommodate the new larger engines⁴. To remedy the situation, the engines had to be mounted further forward and higher up on the wings, as can be seen in the comparison figure below (Figure 3) between the 737 NG on the left and the 737 MAX on the right.

Figure 3 - 737 NG (left) vs 737 MAX (right)



Source: Leeham News 2020

Additional structural changes between the 737 NG and the 737 MAX include a weight increase of more than 6'500 pounds⁵ and the extension of the tail cone by 43 inches⁶. To prevent the 737 MAX larger engines from dragging on the ground, the nose gear was also extended by about 8 inches⁷. All of these changes altered the aerodynamic of the plane making it more likely to pitch upward during some flight conditions, putting it at risk

⁴ The figure 3 of the 737 NG already illustrates the past problems Boeing had in integrating new engines on the 737 family. The engines are a little bit more stretched than round to maintain sufficient ground clearance.

⁵ 6'500 pounds correspond to 2'948 kilograms.

⁶ 43 inches correspond to 1.09 meters.

⁷ 8 inches correspond to 20.3 centimeters.

of entering a potentially dangerous stall⁸. To counteract the aerodynamic changes, a new software, the Maneuvering Characteristics Augmentation System (MCAS) was added to the flight control.

2.1.2.2 Maneuvering Characteristics Augmentation System (MCAS)

This part offers an in-depth analysis of MCAS starting with MCAS basic philosophy and followed by a timeline of its modifications.

2.1.2.2.1 MCAS Basis

The MCAS system was described by Boeing's former CEO Dennis Muilenburg as "a system that is designed to provide handling qualities for the pilot that meet pilot preferences" adding that Boeing "want[s] the airplane to behave in the air similar to the previous generation of 737s". (Zhang 2019) Indeed, Boeing has a flight philosophy similar to small airplanes, in the sense that they always want to pass on feeling to the control column. If a plane flies slowly, the control column feels heavy. Intuitively, pilots will want to push on the control column to regain speed since aircrafts at low speed do not want to fly. Inversely, when the plane gains speed the control column becomes light as the plane wants to fly. Boeing was no longer able to give the feeling in the control column on the 737 MAX. Therefore, without MCAS, the aircraft was no longer intuitive to fly as all the previous 737 models were.

For an airplane to be certified, the manufacturer must demonstrate the plane's ability to safely fly during extreme conditions. Alternatively, this requirement relates to the importance of having a stable aircraft, meaning an aircraft that does not by its design worsen a given situation. This requirement is possibly one of the hardest to aerodynamically design an aircraft for. Consequently, at the present planes are mostly designed with some unstable behavior that is then stabilized by computer systems which allow for more optimal maneuverability characteristics. (Bechai 2019)

⁸ Stall occurs when airflow over the wings of the plane is disrupted which results in a loss of lift (the force that directly opposes the weight of an airplane and holds the airplane in the air). A stall is caused when the critical angle of attack (AoA) is exceeded.

2.1.2.2.2 Historical developments of MCAS

MCAS was first designed for an initial purpose and presented to the FAA for certification. However, later in the design of the 737 MAX, the system was expanded to cover additional areas. The timeline of the changes brought to MCAS is presented below.

The second version of MCAS was never submitted to the FAA for review which was surprisingly in accordance with FAA's regulation. The agency remained unaware of MCAS second design until after the first 737 MAX crash. Both Boeing and the FAA agreed not to inform pilots about the new system. Regrettably, the final version of MCAS was a contributing factor in both 737 MAX crashes.

2.1.2.2.2.1 MCAS first version

In 2012, Boeing tested the 737 MAX aerodynamics with air flows approaching the speed of sound and observed a tendency of the plane's nose to pitch up. Although the problem was narrow in scope (occurring only in extreme conditions⁹), it could become difficult to deal with. Therefore, engineers tried many different approaches to try and fix the situation¹⁰ and finally settled on the addition of the new software MCAS. (Gates, Baker 2019)

This original version of MCAS would activate only if the particular condition mentioned above was met. It relied on data from two sensors. The goal being to limit the system's effect, giving it as little authority as possible. The first sensor was the angle of attack (AoA) indicating by how much the plane was pitching up which data had to indicate as high to engage MCAS. The second sensor was measuring the G-force¹¹ which indicates the plane's speed and again had to be high for MCAS to activate. MCAS was a simple concept but powerful in its effect since it controlled a surface at the tail of the plane which pushed the airplane's nose down. In the original design, MCAS would decide how much it needed to move the tail as a function of the two sensors. Notwithstanding, Boeing described MCAS as "a nose down command to oppose the pitch up [...] a command [that] is limited to 0.6 degrees from trimmed position". (Gates, Baker 2019)

⁹ The extreme maneuver referenced here is normally never experienced on a normal commercial flight. It would only occur if pilots needed to execute a steep banking turn.

¹⁰ Some of the approaches tested included changing various parts of the plane to affect its aerodynamic shape.

¹¹ The G-force is a vector of acceleration.

Since the 737 are not fly-by-wire airplanes¹², the system had to act on the trim¹³ which is quite a drastic solution, giving the system a lot of control. The trim is used to cancel the aerodynamic forces so that the plane can fly horizontally with no more force in the control column. Unquestionably, it would be very unpleasant for pilots to have to pull on the control column to fly horizontally during the whole flight. The trim is used in all phases of flight. As soon as speed or altitude is modified, the aircraft must be trimmed back.¹⁴

It is important to emphasize that, on the previous models of the 737's family, the pilots controlled by default the trim¹⁵. The notion of who controls the plane is extremely important in aviation. Only one person (either the pilot or the autopilot) can control the airplane at any given time. This situation gave rise to a first problem with MCAS which was instrumental in both crashes, the confusion pilots experienced. Since neither Boeing nor the FAA informed pilots about MCAS, and pilots were told that the 737 MAX was similar to the 737 NG, pilots did not expect MCAS to work on the trim. Additionally, it was impossible for pilots to know when MCAS was activated¹⁶. The situation could arise where the pilot as well as MCAS were handling the trim at the same time.

The second main problem in not mentioning MCAS to pilots are the faulty assumptions Boeing as well as the FAA based their certification on. Boeing performed safety-analysis on MCAS and based their assumptions on the fact that if the systems activated unexpectedly, it would take pilots 4 seconds to rectify the problem. The FAA approved that assumption even though pilots would remain unaware of MCAS.

Boeing also included an analysis that calculated the effect of possible MCAS failures with each scenario characterized as either a minor, major or hazardous failure¹⁷. Boeing categorized MCAS as a major failure¹⁸ requirement which is not expected to produce any serious injuries and is defined as something that would increase the cockpit crew's

¹² Fly-by-wire is a system that replaced the conventional manual flight controls of an aircraft with an electronic interface. Airbus A320 for example are fly-by-wire airplanes.

¹³ Trim systems are considered to be a secondary flight control system.

¹⁴ If a plane flies fast, then the trim is facing down because the plane tends to climb. On the other hand, if a plane fly slowly, then the trim will have to be adjusted up, because the plane will have to fly more upwards to create its own lift.

¹⁵ Contrary to Airbus A320 where the trim is controlled by the airplane's computer.

¹⁶ By comparison very easily identifiable on Airbus (indicator light). Additionally, on Airbus's plane as soon as the pilot touches a command, the autopilot automatically disengages.

¹⁷ The categories increase in severity and determine how much redundancy must be built in to prevent an event from occurring.

¹⁸ A major failure requirement is defined by a probability of failure less than 1 in 100'000.

workload. (Gates, Baker 2019) Those assumptions were never reevaluated even after MCAS redesign.

2.1.2.2.2 MCAS second and final version

In 2016, Boeing's flight-test pilots again experienced the airplane's tendency to pitch up. However, this time it happened in some low-speed flight conditions. Boeing decided to expend MCAS scope and power to resolve this second issue. First, the power of the system was increased from 0.6 degrees to 2.5 degrees each time MCAS was activated. At a low speed the trim must be deflected more to have the same effect. Second, the G-force indicator was removed since there are no excessive G-forces at low speed. Boeing could have MCAS rely on a single indicator because the system was categorized as a major failure and major failure systems are allowed to rely on a single input sensor. Finally, MCAS could activate indefinitely. Ultimately leading to situations where since the MCAS trimmed the plane, the plane was put in descent to the maximum extent possible, until the stop of the control.

This latest version of MCAS which was the one integrated into the 737 MAX activated on a single Angle of Attack (AoA) sensor. Although the 737 MAX has two AoA sensors on both sides at the top of the plane, Boeing decided not to include a second AoA indicator, explaining their decision with two main arguments. First, they wanted to keep their principle of not adding complexity to the system, keeping it as simple as possible. Second, they argued that it was a safety rationale. Boeing thought that if the system was down, a pilot might fly into a situation where it might be needed, and the systems would not be operational. Additionally, this same situation might force airlines to take planes out of service, if MCAS was inoperable, which would negatively impact the airlines business. (Gates, Baker 2019)

To illustrate by comparison, on the A320 there are three AoA sensors¹⁹. The system operates by vote, meaning that if two of the sensors agree, then the protection²⁰ is activated. On the contrary if for whatever reason the sensors disagree then the protection is removed. It is the way the system is designed, in case of conflicting information, the computer (auto-pilot) disengages, lacking enough accurate information to take control of the plane. Additionally, on the A320 when the autopilot is activated, the trim function is

¹⁹ Two AoA sensors are located on the right of the airplane and one sensor is on the left.

²⁰ By protection is meant the system that act to stabilize/facilitate the handling of the aircraft.

frozen making sure that the pilot cannot activate it and potentially worsen the situation. (Antoine 2019)

Boeing was not required to submit documentation for the revised system to the FAA because "it did not affect the most critical phase of flight, considered to be higher cruise speeds". (Gates, Baker 2019) However, the operating parameters of the MCAS version on the 737 MAX violated Boeing's own internal design requirements which demanded that MCAS "not have any objectionable interaction with the piloting of the airplane" and "not interfere with dive recovery" which occurred in both 737 MAX crashes. (The House Committee on Transport and Infrastructure 2020, p.22) Understanding that MCAS is based on a single AoA sensor makes it all the more important to have functioning AoA Disagree alerts²¹. However, Boeing did not disclose that the AoA Disagree alert were inoperable on more than 80% of the 737 MAX fleet. Moreover, Boeing continued to deliver approximately 200 737 MAX with the inoperable AoA Disagree alert.

²¹ The AoA Disagree message is displayed when there is a difference of more than 10 degrees for at least 10 seconds between the angle of attack (AoA) values measured by the left and right sensors.

2.1.3 Production pressures

The 737 MAX was under huge production pressures to fulfill the biggest orders in Boeing history. These production pressures are highlighted with Boeing corporate culture.

2.1.3.1 737 MAX production

The 737 family is produced at Boeing's Renton plant next to Seattle in the State of Washington. Boeing estimates that 30% of today's worldwide fleet was built at its Renton's plant. In 2018, the Renton plant produced the 10'000th 737, a 737 MAX and won the Guinness World Record title for the most produced commercial jet aircraft model in history. (Boeing [no date])

Boeing kept increasing production on the 737 MAX. In March 2014, Boeing was producing 42 airplanes per month which was already a 33% increase from its 2010 production levels. In 2017, the Renton plant was producing 47 aircrafts per month and in 2018, it increased to 52 aircrafts per month. Boeing's ultimate goal was to have the Renton plant produce 57 aircrafts per month. (The House Committee on Transport and Infrastructure 2020, p.173) To produce a 737 MAX, Boeing uses components from some 600 separate suppliers and hundreds of additional subcontractors. (Slotnick 2019) This increase in production affected Boeing's supply chain who had problems in keeping up with Boeing's demand. Boeing started to park partially completed 737 MAX outside of the Renton plant waiting for the delivery of parts. This out of sequence work can lead to quality and safety issues.

Mr. Pierson was the Senior Manager for Production System Support for both the Boeing 737 final assembly program and Boeing's P-8 Poseidon anti-submarine warfare aircraft program. Mr. Pierson served for 30 years in the US Navy and worked for a decade at Boeing. In June 2018, he wrote an email to Scott Campbell, the General Manager of the 737 program:

"Today we have 38 unfinished airplanes located outside the factory. The following concerns are based on my own observations and 30 years of aviation safety experience. My first concern is that our workforce is exhausted. [...] My second concern is schedule pressure (combined with fatigue) is creating a culture where employees are either deliberately or unconsciously circumventing established processes. Frankly right now all my internal warning bells are going off. And for the first time in my life, I'm sorry to say that I'm hesitant about putting my family on a Boeing airplane. [...] I fear serious process breakdowns will continue to occur if we continue pushing our employees to the limit."

(The House Committee on Transport and Infrastructure 2020, p.175-176)

Mr. Pierson ended his email by recommending temporarily shutting down the production line stating that he was not making this recommendation lightly and was aware of the amount of planning such a decision would require. Surprisingly, it took five weeks before Mr. Pierson and Mr. Campbell could arrange a meeting on the subject. The meeting was reported as very tense. Mr. Pierson raised many issues including:

- *“Employee Fatigue & Schedule Pressure*
- *Leadership Actions & Inactions*
- *Quality Issues*
- *Supply Chain Disruptions*
- *Staffing Constraints*
- *Process Deviations*
- *Communication Breakdowns*
- *Safety Incidents*
- *Functional Test Delays & Failures*
- *Facility Limitations*
- *Equipment Shortcomings*
- *Recovery Planning Efforts*
- *Deteriorating Factory Health Metrics”*

(The House Committee on Transport and Infrastructure 2020, p.180)

In August 2018, some weeks later, Mr. Pierson voluntarily retired. He believed that Boeing's management was not taking these issues seriously enough or confronting them thoroughly enough to adequately address his safety concerns. Indeed, Boeing did not halt production, but instead increased the number of airplanes produced per month once again. The first 737 MAX to crash was the 172nd to be produced and the second was the 239th. Due to timing both planes were manufactured shortly after Mr. Pierson raised his concerns. (The House Committee on Transport and Infrastructure 2020, p.178)

Mr. Pierson was not the only one to suggest stopping the production line at Renton's plant. In an article from the Seattle Times published in September of that same year, a work group at the Renton plant reportedly asked their managers to stop the production lines in order to catch up. At that time 53 unfinished airplanes were parked all around the plant. The article also states that employees were working constant overtime. Adding that many volunteered to work all through the Labor Day holiday weekend, and a few have worked as many as nine weekends in a row without a break. (Gates 2018)

Boeing announced that to get a grip on the backlog of work they were adding some 600 employees to the already 10'000 workforce at Renton with a combination of new hires

and workers transferred from other facilities. This posed a new problem as a high-grade mechanic explained. Airplanes from the 737 MAX assembly lines were rolling out without power turned on which is a milestone in the build process that requires multiple checks. Those checks were now often being performed by workers sent from the Air Force tanker or 777 programs who were unfamiliar with the 737 systems. (Gates 2018)

Boeing could not afford to shut down the plant. They learned from past experience when in 1997 Boeing was forced to do so after a production meltdown. It costed them billions of dollars in write-offs and high-level executive were fired. Managers have repeated that a pause could not happen because of the severe impact it would have on suppliers, on airline customers and on the company's stock price. (Gates 2018)

The production at the Renton plant slowed down for the first time in April 2019, weeks after the second 737 MAX crash. The production went down from 52 airplanes per month back down to 42 airplanes per month. However, in January 2020 Boeing did suspend the production line. In a statement Boeing explained that:

"Throughout the grounding of the 737 MAX, Boeing has continued to build new airplanes and there are now approximately 400 airplanes in storage. We have decided to prioritize the delivery of stored aircraft and temporarily suspend production on the 737 program beginning next month. We believe this decision is least disruptive to maintaining long-term production system and supply chain health."
(BOEING MediaRoom 2019)

2.1.3.2 Boeing culture

In 1997, Boeing acquired MacDonald Douglas, the second largest airplane manufacturer at that time. After the acquisition, many MacDonald Douglas top management employees took top managerial position within Boeing. At that time, people at Boeing used to say that "MacDonald Douglas manage[d] to buy Boeing with Boeing's own money" (Useem 2019). Regrettably, this proved to be the case. MacDonald Douglas business model of cost cutting and profit maximizing took over Boeing's culture known for its devotion to solving difficult engineering problems.

Harry Stonecipher who was the CEO of McDonnell Douglas became the President and Chief Operating Officer (COO) of Boeing. In 2004, in an interview with the Chicago Tribune he famously said: "When people say I changed the culture of Boeing, that was the intent, so it's run like a business rather than a great engineering firm". (Callahan 2004) Boeing's financial drive can clearly be seen between 2013 and 2019²² when Boeing spend USD 17.4 billion on stock dividends which represented 42% of its profits during that same period, and an additional USD 43.1 billion on stock buybacks. (Lazonick 2019) Finally, nothing can make it clearer than when Dennis Muilenburg, Boeing's former CEO, testified in front of the American Congress saying that Boeing "does not sell safety. That it is not part of [the] business plan." (CNBC 2019)

Boeing's culture had an impact on the chain of events that lead to the 737 MAX crashes. The U.S. House Committee on Transportation and Infrastructure (Committee) also called out Boeing's culture of concealment. Multiple information was not relayed to the appropriate party when they should have been. The most obvious is the concealment of MCAS for airline companies and as a result pilots. Second, not disclosing that the AoA Disagree alert was inoperable on more than 80% of the 737 MAX fleet. Thirdly, Boeing concealed their own internal test data showing an incorrect activation of MCAS as catastrophic²³. (The House Committee on Transport and Infrastructure 2020) Finally, production schedules and monetary costs as opposed to technical specifications and safety considerations drove the 737 MAX program.

²² The 737 MAX was designed, developed and certified between 2013 and 2017.

²³ The FAA defines catastrophic as: "Failure conditions that are expected to result in multiple fatalities of the occupants, or incapacitation or fatal injury to a flight crewmember normally with the loss of the airplane." (The House Committee on Transport and Infrastructure 2020, p.113)

2.1.4 Pilot training requirements

Boeing's strategy for the 737 MAX made the imperative from the beginning that this new airplane model could directly compete with Airbus A320 NEO. Since the A320 NEO is extremely similar to the A320, trained pilots on the A320 required minimal training to transition to the A320 NEO. Boeing made absolutely sure that the same would apply to the 737 MAX. To illustrate, in an email Mr. Forkner, the 737 Chief Technical Pilot sent after obtaining level B, non-simulator training, he wrote:

"This culminates more than 3 years of tireless and collaborative efforts across many business units. Flight Technical, Flight Technical Data, Training Development, Flight Deck Crew Ops, All MAX engineering teams, Flight Test Engineering and of course [redacted] Engineering Test Pilot team all should be commended for their efforts in getting us to the finish line."

(The House Committee on Transport and Infrastructure 2020, p.154)

It was a design objective for the 737 MAX program that the FAA grant a level B pilot training requirement for pilots transitioning from the 737 NG to the 737 MAX. Already in 2014, Boeing made marketing campaign claims stating that "pilots already certified on the 737 NG will not require a simulator course to transition to the 737 MAX". (BOEING MediaRoom 2014) More than a design objective, level B training became an imperative to the financial success of the MAX program.

In the files submitted by Boeing to the Committee, internal emails revealed that MAX simulator training requirements would be unrecoverable for some of Boeing's customers due to the lack of simulators. Undeniably, simulator training poses its own problems, it is a huge additional cost to airlines who have to purchase or rent simulators as well as pay their pilots to train as opposed to fly. As of January 2020, only 34 737 MAX simulators existed worldwide (Hemmerdinger 2020). Training thousands of pilots through 737 MAX simulators can take years creating a training bottleneck that negatively affect any airline with a mixed fleet operation and dangerously slows the ability of getting the 737 MAX into service.

Unfortunately, Boeing's 737 MAX simulators have problems as well. Boeing employees raised concerns about Boeing's poor management of the simulator program, lack of adequate engineering support, and schedule pressure that they felt was driving a rushed process resulting in mistakes and apprehension about the quality of the simulators. (The House Committee on Transport and Infrastructure 2020, p.159)

As customary in the industry, under the purchase agreement between Boeing and Southwest Airlines²⁴, Boeing is financially obligated to discount the price of each 737 MAX it delivered to Southwest by at least USD 1 million if the FAA required simulator training for pilots transitioning from the 737 NG to the 737 MAX. Additionally, Boeing would reimburse Southwest for any training expenses that exceeded 10 hours if the FAA required more than 10 hours of pilot training and/or required flight simulator training. (The House Committee on Transport and Infrastructure 2020, p.148)

The Committee report concluded that:

"More than any other program objective, ensuring that the FAA's pilot training requirements for the MAX did not include simulator training had an incredibly significant cascading effect on the 737 MAX program that undermined the safety of the flying public."

(The House Committee on Transport and Infrastructure 2020, p.141)

The Committee is referring to the design stage of the 737 MAX where every decision and potential technical improvement was weighted against the probability of it requiring training. If it was deemed that if a change could potentially impact training requirements then that change was in almost every instance not be included into the 737 MAX design. Ultimately inhibited technical design improvements diminished safety and minimizing the value of pilot training.

In addition, Boeing strongly discouraged airlines from setting their own simulator training requirements. In March 2017, Mr. Forkner wrote:

"I want to stress the importance of holding firm that there will not be any type of simulator training required to transition from the NG to the MAX. Boeing will not allow that to happen. We'll go face to face with any regulator who tries to make that a requirement."

(The House Committee on Transport and Infrastructure 2020, p.156)

The biggest problem of Boeing fighting for level B training is the fact that they had internal test data that contradicted their strategy. In 2012, one of Boeing's own test pilots took more than 10 seconds during a simulator test to respond to an erroneous MCAS activation. This reaction time was categorized as catastrophic. (The House Committee

²⁴ Southwest Airlines has nearly 10'000 pilots and plans on increasing its 737 MAX fleet to nearly 400 aircrafts by 2026. In March 2021, Southwest ordered an additional 100 737 MAX,

on Transport and Infrastructure 2020, p.113) However, Boeing and the FAA based MCAS certification on a 4 second reaction time. Boeing did not transmit this information to the FAA which was in accordance with FAA's regulations. Boeing did not inform airlines and consequently pilots about MCAS leading to no training requirements even though their own tests showcased the need for training on MCAS.

Surprisingly, in the beginning, the FAA recognized that the 737 MAX was a complex modification to 737 NG. In May 2015, an internal FAA's email about pilot training requirements for the 737 MAX said "[w]e have reason to believe that Boeing's assessment of B Level training differences (Computer Based Training) between the MAX and NG will be insufficient." (The House Committee on Transport and Infrastructure 2020, p.151) In particular, the FAA thought that three systems were likely to require simulator training. However, MCAS was not one of them, the FAA being still at that time unaware of the changes Boeing implemented to MCAS. Despite their original concerns, the FAA finally agreed with Boeing and did not require any simulator training. Furthermore, the FAA estimated that its approved computer-based training for the 737 MAX could be completed in approximately 2 hours, a drastic reduction from the 16 hours that Boeing was anticipating.

2.1.5 Consequences

The consequences of the 737 MAX design, development and production are presented below starting with information on both crashes, followed by Boeing and the FAA response and ending with Boeing financial impact. Finally, Boeing implementation of changes are detailed.

On October 29, 2018, Lion Air flight 610 crashed into the Java Sea 13 minutes after take-off, killing all 189 passengers and crew. Less than five months later, in similar circumstances, Ethiopian Airlines flight 302 crashed six minutes after take-off killing all 157 passengers and crew. Given the significant advances in aviation safety over the last two decades, the fact that two brand-new airplanes, crashed within five months of each other is extraordinary. Especially since the 737 MAX was freshly certified. On March 13, 2019, the FAA grounded the 737 MAX three days after the second crash, following similar actions already taken by China, the EU, Australia and Singapore.

2.1.5.1 1st crash: Lion Air flight 610

In November 2011, Lion Air signed a USD 22 billion order with Boeing for 230 units of the 737 family including 201 737 MAX aircrafts. Lion Air was the first Asian airline to commit to the 737 MAX. The agreement also included purchase rights for an additional 150 airplanes. It became the largest single order in Boeing's history by both dollar volume and total number of airplanes. (BOEING MediaRoom 2011)

On October 29, 2018, Lion Air flight 610 flying from Soekarno–Hatta International Airport in Jakarta, Indonesia, to Depati Amir Airport in Pangkal Pinang, Indonesia, crashed into the Java Sea 13 minutes after takeoff, killing all 189 passengers and crew. One rescue diver also died attempting to recover bodies in the Java Sea. Unfortunately, Lion Air has a bad safety record. Besides, between 2007 and 2016, the EU blacklisted Lion Air, prohibiting it from operating into EU member states. (Aviation Safety Network 2012) Consequently, when the first 737 MAX crashed, few people questioned Boeing's new airplane of being part of the cause.

2.1.5.2 2nd crash: Ethiopian Airlines flight 302

Ethiopian Airlines is fully owned by the government of Ethiopia. It is an airline company of very good reputation. In fact, for the Committee Daniel Carey, a captain for American Airlines and the president of the Allied Pilots Association stated in his prepared statement:

"I am very familiar with Ethiopian Air's pilot training program and facilities, and I can tell you that they are world-class. In fact, while not one U.S. airline has a MAX simulator, one non-U.S. airline does – Ethiopian Air." (Carney 2019)

On March 10, 2019, Ethiopian Airlines flight 302 crashed six minutes after takeoff on a flight from Addis Ababa, Ethiopia, to Nairobi, Kenya, killing all 157 passengers and crew. First information available from the crash investigation suggests that the pilots have done everything in the power and followed Boeing's documentation. However, the plane became unrecoverable as the pilots fought the MCAS system which activated more than 20 times.

2.1.5.3 FAA & Boeing post-crash response

After Lion Air flight 610 crash into the Java Sea. Both Boeing and the FAA were quick to blame the pilots. Approximately a week after the crash, Boeing issued an Operations Manual Bulletin, which was followed a day later by an FAA Airworthiness Directive. Neither mentioned MCAS. However, on November 10, 2018, Boeing issued a Multi Operator Message after intense pressure for additional information from its 737 MAX customers and gave information for the first time on MCAS.

"The [MCAS] function is commanded by the Flight Control computer using input data from sensors and other airplane systems. The MCAS function becomes active when the airplane Angle of Attack exceeds a threshold based on airspeed and altitude."

(The House Committee on Transport and Infrastructure 2020, p.201)

In January 2019, Boeing proposed that MAX pilots only receive level A training on MCAS, the lowest level available requiring the simple review of written material.

Ethiopian Airlines flight 302 crashed on March 10, 2019. Two days later civil aviation authorities in China, Europe, Australia, Singapore, Brazil, India and many other countries grounded the 737 MAX fleet. Even though, the FAA issued a Continued Airworthiness Certification to the international community the day before allowing the 737 MAX to keep flying. The FAA argued that "the investigation has just begun and to date [they had] not

been provided data to draw any conclusion or take any actions.” At that time the 737 MAX fleet consisted of 387 airplanes operating with 59 air carriers worldwide. The FAA finally grounded the 737 MAX on March 13, 2019. (The House Committee on Transport and Infrastructure 2020, p.219-220) Twenty months later, on November 18, 2020, the FAA cleared the MAX to return to service.

2.1.5.4 Financial impact

The 737 family of aircrafts is extremely profitable for Boeing due to its high number of airplanes, the resulting production efficiencies and the amortization of the capital investment over the program decades. Even though Boeing do not disclose specific information, the credit rating agency Moody estimates that Boeing's operating profit margin is between USD 12 to 15 million for each 737 MAX. Boeing lists the 737 MAX 8 at USD 121.6 million. However, airlines can receive up to 55% discount depending on the size of the order they place. (Zhang 2019)

On January 1, 2016, a settlement agreement between Boeing and the FAA went into effect. The FAA had 13 separate enforcement investigations against Boeing related to multiple Boeing Commercial Airplanes programs, including the 737. Most cases involved failures by Boeing to take corrective actions to known problems and failures to take appropriate actions to prevent known problems from reoccurring. In the settlement, Boeing had to pay USD 12 million with the potential for an additional USD 24 million in penalties during the five-year settlement agreement²⁵. The FAA qualified the fines as stiff penalties and during that same period, Boeing made more than USD 80 billion in gross profits. Additionally, the FAA never enforced the additional USD 24 million in penalties even though Boeing had failed to meet some of its obligations under the settlement agreement. (The House Committee on Transport and Infrastructure 2020, p.54)

On January 7, 2021, Boeing entered into a new agreement but with the Department of Justice to resolve a criminal charge relating to a conspiracy to defraud the FAA in regard to the 737 MAX certification process. This resolution was based on a number of factors including Boeing prior history as explained by the settlement agreement detailed above. Additionally, the department of Justice weighed the nature and seriousness of the offense as well as Boeing failure to timely and voluntarily self-disclose the offense. Boeing was charged with one count of conspiracy to defraud the United States. Boeing

²⁵ The settlement agreement ended in December 2020.

agreed to pay a total criminal monetary amount of over USD 2.5 billion. This amount corresponds to a criminal monetary penalty of USD 243.6 million, compensation payments to Boeing's 737 MAX airline customers of USD 1.77 billion, and the establishment of a USD 500 million crash-victim beneficiaries' fund. Assistant Attorney General David P. Burns of the Justice Department's Criminal Division said:

"The misleading statements, half-truths, and omissions communicated by Boeing employees to the FAA impeded the government's ability to ensure the safety of the flying public. [...] Boeing's employees chose the path of profit over candor by concealing material from the FAA concerning the operation of its 737 MAX airplane and engaging in an effort to cover up their deception. This resolution holds Boeing accountable for its employees' criminal misconduct, addresses the financial impact to Boeing's airline customers, and hopefully provides some measure of compensation to the crash-victims' families and beneficiaries."

(DEPARTMENT OF JUSTICE Office of Public Affairs 2021)

Finally, CNN Business wrote an article in November 2020 detailing the costs associated with the 737 MAX "debacle". They argue that Boeing total costs for the 737 MAX could perhaps surpass the USD 68 billion of BP corporate mistake which lead to the Deepwater Horizon explosion and oil spill in 2010, the most expensive mistake to date. (Isidore 2020)

Indeed, Boeing detailed USD 20.5 billion in direct costs associated with the grounding of the 737 MAX. This includes USD 8.6 billion in compensation to Boeing costumers for the grounding, USD 5 billion associated with unusual costs of production plus USD 6.3 billion of increased costs to the 737 MAX program and finally USD 600 million for jet storage, pilot training and software updates. (Isidore 2020)

Additionally, Boeing interest costs (around 5%) are estimated to amount to USD 3 or 4 billion. Indeed, much like any company Boeing borrows money to build its airplanes. However, they only get money from their customers once the planes are delivered. Boeing build over 450 737 MAX during its grounding, and some will only be delivered in 2023. (Isidore 2020)

Nonetheless, the biggest loss Boeing incurred is the loss of sales exasperated by the COVID-19 pandemic. Because the 737 MAX was grounded, cancellation fees written into sales contracts have been voided. Many clients took advantage and cancelled their orders as the situation exceptionally allowed them to do without penalty. Boeing disclosed 448 cancelled orders of the 737 MAX in 2020 (compared to 9 cancellations

for other models) with an additional 782 orders that they took out of their backlog believing that they were no longer certain enough. Since a 737 MAX typically sells for USD 55 million, in the worst-case scenario Boeing could lose USD 67 billion in revenue from the drop of sales. Some experts expect Boeing to still sell those planes but with a cost deduction as high as USD 20 million per plane. (Isidore 2020)

2.1.5.5 Boeing's modifications

Boeing has made a number of modifications to the 737 MAX since all the incidents have taken place. Concerning the AoA sensor, Boeing now have two sensors feed into the MCAS system. Boeing also guaranteed that MCAS will no longer be able to activate repeatedly. Finally, in January 2020, Boeing drastically changed its strategy by recommending that all pilots undergo simulator training on the 737 MAX. The training is expected to take around 5 hours in total of ground and flight time. (Aerotime Team 2021)

Boeing also implemented internal remedial measures. First, they created a permanent aerospace safety committee within their Board of Directors. Second, they created a new product and services safety organization that centralize all safety related functions. Third, they reorganized their engineering function to have all Boeing engineers, as well as Boeing's flight technical team, report through Boeing's chief engineer rather than through business units. Fourth, they made many structural changes to their flight technical team. Fifth, they strengthen their compliance program by enhancing the reporting requirements which now requires Boeing to meet with the Fraud Section at least quarterly and to submit yearly reports. Finally, Boeing implemented changes in its top leadership. Mr. Muilenburg resigned from his positions as Board director and CEO of The Boeing Company and was replaced by Mr. Calhoun who was the Chairman of the Board. (DEPARTMENT OF JUSTICE Office of Public Affairs 2021)

2.2 Regulators

This second part of the literature review explains some of the most important aspects of the FAA with regards to Boeing 737 MAX, followed by its European counterpart, the EASA.

2.2.1 FAA

Two of the most important aspects regarding the FAA and its role in certifying the 737 MAX are examined. First, the certification process applied to the 737 MAX is explained followed by a short clarification of the FAA delegation program which came under fire after the 737 MAX crashes.

The FAA mission is to “is to provide the safest, most efficient aerospace system in the world”. (FAA [no date]) Regarding certification, the FAA is responsible for finding compliance while the applicant is required to show compliance.

2.2.1.1 Certification process

The certification process Boeing faced from the FAA was much shorter due to the fact that the 737 MAX was a new version of an existing aircraft rather than a brand new one. As the MAX was certified under an “Amended Type Certification”, it was not required to meet many of the safety regulations that had emerged since the plane’s original certification back in 1967.

As an example, Boeing received an FAA exception to allow them not to install an Engine Indicating and Crew Alerting System (EICAS). The system helps pilots prioritize responding to multiple or simultaneous indications and alerts. EICAS is a system common in newly type certificated aircraft since 1982 meaning that the current 737 flight crew alerting methods do not comply with latest regulations (if they had to be certified as a new aircraft). Boeing worked hard on convincing the FAA to allow that exception as implementing the system would result in considerable program costs, schedule risks as well as a significant impact on pilot training. (The House Committee on Transport and Infrastructure 2020, p.46)

2.2.1.2 FAA delegation

An extremely important aspect that came under scrutiny after the 737 MAX crashes was the FAA Organization Designation Authorization (OAD) program. The FAA is authorized by statute to delegate some of its certification functions to qualified individuals. This is a common practice in civil aviation authorities worldwide and has been in place at the FAA

for more than 50 years. The goal of these programs is to leverage the product-specific knowledge of manufacturers' qualified employees to determine if a product is compliant with government regulations.

Under the OAD program, an OAD unit composed of employees working for the applicant called Authorized Representatives (AR) perform FAA-authorized functions. AR are supposed to work on behalf of the FAA. However, they are still employees of the organization for which they work (in this case Boeing), leading to inherent conflict of interest as they receive their salary, benefits and supervision from the entity that the FAA is responsible for overseeing. The FAA's largest OAD oversight office is dedicated to overseeing Boeing, it is the Seattle-based Boeing Aviation Safety Oversight Office (BASOO). During the 737 MAX certification process it was composed of 45 FAA employees who oversaw 1'500 Boeing AR. The FAA OAD program failed on many levels during the certification of the 737 MAX.

First, AR are supposed to certify "well-understood, non-critical, or low risk designs" so that the FAA can focus on higher risk items. However, in the case of the 737 MAX the Committee has concluded that the FAA delegated certification activities to AR that should have been retained. In the case of the 737 MAX, in 2013 the FAA delegated 28 out of 87 tasks to Boeing. However, in 2016 that number rose to 79 out of 91 certification activities. (The House Committee on Transport and Infrastructure 2020, p.59-60)

Second, there was no centralized FAA authority overseeing the entire 737 MAX certification process. The consequences were lapses in communication that played a significant role in the 737 MAX crashes. (The House Committee on Transport and Infrastructure 2020, p.74)

Third, the Committee also reported that the US "successful past aviation record eventually led to compliance by both Boeing and the FAA". The Committee rapport indicated that "this was one of the factors that contributed to an overconfidence in the certification system that promulgated a culture that equated compliance to safety." (The House Committee on Transport and Infrastructure 2020, p.61)

In February 2017 a report²⁶ on aircraft certification found that:

“The assumption [that] a “for profit” company that is faced with significant financial initiative will always make appropriate compliance findings contradicts human nature, and is not supported by experience in other industries and the performance of Boeing OAD.”

(The House Committee on Transport and Infrastructure 2020, p.64)

²⁶ The full report title is Aircraft Certification “Transformation” Pre-Decisional Involvement Report: Union Recommendations and Dissenting Opinion.

2.2.2 EASA

The European Union Aviation Safety Agency (EASA) was legally established in 2002 and started work in 2003. It is composed of 31 member states including the 27 members²⁷ of the EU plus Switzerland, Norway, Iceland and Liechtenstein. The mission of the agency is aviation safety which it achieves through improving the common regulations applied among EEA countries and airlines. The EASA also monitors how the rules are applied at national scale, through inspections, advice and training. All stakeholders involved in aeronautics need to report any safety concerns they may uncover and the EASA analyses the data to improve safety continuously. The EASA most prominent task is the approval and certification of aeronautical products such aircraft, engines and equipment. (EASA [no date])

On March 12, 2019, one day before the FAA's decision, the EASA grounded all 737 MAX aircrafts. This decision suspended all 737 MAX flight operations in Europe as well as all commercial flights performed by third-country operators into, within or out of Europe. (EASA 2019)

On January 27, 2021, the EASA approved the 737 MAX return to service in Europe. Patrick Ky, EASA Executive Director declared that:

"This assessment was carried out in full independence of Boeing or the Federal Aviation Administration and without any economic or political pressure. [...] We carried out our own flight tests and simulator sessions and did not rely on others to do this for us."
(EASA 2021)

The Airworthiness Directive (AD) issued by the EASA details the aircraft and operational changes that must be carried out on the 737 MAX before each individual plane can return to service. It includes:

1. Software updates for the flight control computer, including the MCAS
2. Software updates to display an alert in case of disagreement between the two AoA sensors
3. Physical separation of wires routed from the cockpit to the stabiliser trim motor
4. Updates to flight manuals: operational limitations and improved procedures to equip pilots to understand and manage all relevant failure scenarios
5. Mandatory training for all 737 MAX pilots before they fly the plane again, and updates of the initial and recurrent training of pilots on the MAX

²⁷ From January 1, 2021, EU aviation safety legislation, including the regulation establishing EASA, no longer applies to the United Kingdom (UK). The UK is considered as a third country and no longer has the status of an EASA Member State. (EASA Brexit [no date])

6. Tests of systems including the AoA sensor system
7. An operational readiness flight, without passengers, before commercial usage of each aircraft to ensure that all design changes have been correctly implemented and the aircraft successfully and safely brought out of its long period of storage. (EASA 2021)

3. Analysis

3.1 Methodology

This research investigates how the design, development and regulation of the 737 MAX impacted pilots' perception of the stakeholders involved in aviation safety. Perception is defined in this work as a thought, belief, or opinion often held by many people and based on appearances. Awareness used to design the interview questions is defined as the understanding of a situation or subject at the present time based on information or experience. Finally, public safety is understood as the protection of the general public.

Three main stakeholders were identified and studied: Boeing for its role as the manufacturer, the FAA for its regulatory role and finally and pilots for their role in public safety.

Incontestably, Boeing has a long history in the aeronautic industry filled with many achievements. The study aims to determine whether the 737 MAX crashes change pilots' perception of Boeing as a manufacturer. Do pilots trust that Boeing manufactures safe aircrafts? Has their perception of Boeing as a manufacturer changed after the 737 MAX incidents? Do they think that Boeing communicates all relevant information? Do they feel that the training pilots receive to fly on the 737 MAX is adequate?

Inarguably, the FAA played a major role in the certification of the 737 MAX. How do they perceive the FAA and the EASA? How do they compare? Do pilots trust in airline regulators changed?

Finally, how do pilots define their role in public safety? Has the 737 MAX changed that perspective?

This work relies on qualitative data. First, secondary data was collected and synthesised to produce a comprehensive literature review on the 737 MAX as well as the current structure and operations of the FAA. Second, primary data was gathered with the in-depth interviews of eight pilots in the broader Lemanic region. In order to gain a better insight into the consequences of the 737 MAX, the interviews were conducted with minimal intervention, allowing pilots to express themselves freely, keeping their opinions as truthful as possible (precise interview questions are accessible in the Appendixes).

Each interview consisted of seven questions targeting the three main stakeholders. For each stakeholder, a first general question was asked to gauge pilots' awareness on the

particular stakeholder. The questions that followed were more precise and designed to gauge pilots' perception of that stakeholder.

Of the eight pilots interviewed, three pilots (interviewees C, D and G) are currently working for airline companies and flying mainly on Airbus A320. One of them (interviewee D) is also an instructor for his company. One pilot interviewed (interviewee F) is currently retired notwithstanding 33 years of professional experience as an airline pilot. He flew on Boeing's 737 classic as well as the 747, 777 and 787. Four pilots interviewed (interviewees A, B, E and H) have private pilot licenses. One of them (interviewee H) is currently employed by a company manufacturing electrical propulsion systems for the aeronautic industry. Once the first pilots were contacted, they each provided information on fellow pilots whom they taught might add value to the project.

Interviews were conducted by phone in French and lasted approximately 30 minutes each. They were recorded and are fully transcribed in their original language in the different appendixes. Every transcription has been validated by the respective pilot. Their remarks mentioned in the results and discussion were translated to English striving to convey the original tone of the answer.

A content and thematic analysis was conducted on the interviews. The content analysis categorized words, phrases and sentences to provide a comprehensive answer to the seven questions asked during the interviews. The thematic analysis closely examined the data to identify broad themes and patterns. A number of recurring themes were identified throughout the eight interviews. They were regrouped and categorised. During the interviews, question 5 looked at training requirements from the point of view of two stakeholders, Boeing and the FAA. The answers were separated with the first part being analysed in the section concerning Boeing and the second part was kept under the FAA.

Both analyses combined gave an understanding of the participants' perceptions and the cause-and-effect relationship between the 737 MAX and the different stakeholders involved in aviation safety. Although the interviews conducted may produce results that cannot be generalized beyond the sample group, they provide a more in-depth understanding of participants' perceptions, emotions and causal relationships. Ultimately providing a view of pilots' perception following the 737 MAX incidents on some of the stakeholders involved in safety in today's aerospace industry.

3.2 Results

The open-ended questions in the in-depth interviews covered three main topics: Boeing and the 737 MAX, the FAA and EASA for their regulatory role and pilots' perception of their role in public safety. The results are briefly presented below for each specific question. Additional information and discussion will be provided in part 4 of this work (see section 4, Discussion). Throughout the interviews, many topics emerged multiple times. They were regrouped in their appropriate category which are also presented below.

3.2.1 Boeing 737 MAX

Question 1: When did you first hear about the 737 MAX safety problems? What were your first thoughts?

This first question aim was to gage pilots' awareness on the 737 MAX. Only one out of the eight pilots interviewed knew about safety problems associated to the 737 MAX before the first crash. All others heard about the 737 MAX safety issues after Lion's Air crash. Out of those seven, two respondents mentioned past problems with Indonesian's Lion Air as an explanation for the fact that it did not raise more concerns. Another two expressed that the first crash was unfortunately not surprising for a reengined airplane, especially since it occurred just after take-off where the workload for pilots is significant. Finally, three pilots talked about the second crash and how it undeniably revealed issues with the 737 MAX.

Question 2: Today, do you trust that Boeing manufactures safe aircrafts? Would you say that the events surrounding the 737 MAX have changed your perception of Boeing as a manufacturer? (Positively or negatively.)

This second question regarding the trust pilots have for Boeing as a manufacturer was answered by a resounding yes. All pilots interviewed expressed a 100% trust in Boeing and their aircrafts. The reasoning behind their thoughts however diverged and three main themes were discussed: the fact that all aircraft manufacturers have their own issues, Boeing's long history and Boeing's current situation.

For the second part of the question, five interviewees answered that their perception of Boeing was changed while three pilots answered that their perception remained unchanged.

Question 3: In your opinion, is Boeing communicating all relevant information to the pilots? What do you think of Boeing's rationale for not explaining MCAS: Boeing says it did not want to confuse the pilots with unnecessary information?

The first part of this third question divided interviewees in two. Half talked about Boeing's negligence in not transmitting vital information. The second half thinks that Boeing communicates all information. However, all pilots agreed that pilots should have been informed of MCAS.

The second part of the question looks at Boeing's rationale for not communicating MCAS. Boeing's rationale was rejected by all respondents. Three main themes were raised over MCAS: Boeing's design, the importance of information sharing and finally the fact that three pilots' opinion that Boeing deliberately hid information on MCAS.

Question 5: Do you think that the training the pilots receive to fly on the 737 MAX is adequate? In particular, what do you think of Boeing's emphasis on the similarities between the NG and MAX as opposed to the differences between the two airplanes?

This question regarding training divided pilots interviewed evenly. Half think that the training was sufficient, and half did not. However, all agreed that MCAS should have been explained to pilots either way. Many different aspects on training were mentioned and are explained in the discussion.

3.2.2 The FAA and EASA

Question 4: With your professional experience, do you notice any differences or similarities between the two regulators [FAA and EASA]? If there are differences, can you explain them and give your opinion on these differences?

This first question on regulators goal was to gage the interviewees awareness on the FAA and EASA. Every pilot talked about differences they experienced. Half clearly expressed that the EASA is stricter than the FAA on many aspects. Additionally, the FAA is more practice based while the EASA relies on a theory-based approach. Two respondents expressed that the FAA and EASA are opposing models. Two others expressed that we are moving towards a convergence of the systems. The detailed differences are expressed in the discussion.

Three main themes were raised throughout the interviews on the FAA. First, the fact that the FAA was not made aware of the new design of MCAS. Second, the fact that the 737 MAX was only grounded after the second crash. Third, the certification process Boeing went through for the 737 MAX.

Question 5: What do you think of the FAA, which in its first decision required 2 hours of computer training for pilots transitioning from the NG to the MAX, a decrease from the 16 hours Boeing was planning?

The question on the FAA 2 hours requirement for pilot training divided respondents. Five pilots taught that a 2-hour course seemed quite low while two pilots taught that 16 hours might be too much. A convergence mentioned by two airline pilots was expressed between 4 and 5 hours. Additionally, two pilots were shocked by the fact that the FAA reduced the requirement. Many pilots expressed their views on the current state of training in the industry.

3.2.3 The role of pilots in public safety

Question 6: How would you describe your role as a pilot in public safety?

This question asked pilots to describe their role in public safety. The goal of this open-ended question was to give each pilot the possibility to answer that same question trying to eliminate as much as possible any outside influence. As was expected, answers varied. However, five pilots clearly expressed the fundamental and primordial part safety plays for them. Additionally, three pilots talked about the importance of passing on any and all information to continuously improve security in real time.

Question 7: Would you say that the incidents surrounding the 737 MAX changed how you see your role in regard to public safety?

Surprisingly, only one pilot answered that the 737 MAX incidents changed his perception on the role of pilots in public safety and one pilot answered that he was unsure. However, other answers gave great insight into safety in today's aerospace industry. 75% answered that it did not change their perception of their role but change their perception of different stakeholders in today's aerospace industry. Four of them explained that it did not change their perception because the 737 MAX incidents were not caused by pilot's error stating that their perception of their role in public safety is more challenged when crashes are caused by human error.

4. Discussion

4.1 Boeing 737 MAX

Question 1: When did you first hear about the 737 MAX safety problems? What were your first thoughts?

The first question of the interview was intentionally very broad. The goal was to gauge pilots' awareness on the 737 MAX. Seven out of the eight pilots interviewed (only interviewee C did not) first heard about safety problems after the first crash. Pilots explained why the first crash did not raise more concern and why the second one did.

The single pilot interviewed (interviewee C) who heard about safety problems relating to the 737 MAX before the first crash explained that while talking to fellow pilots about the new aircraft some systems came up as having minor issues. However, nothing relating to the MCAS. Only one pilot (interviewee B) was openly and strongly critical of Boeing in his opening statement in regard to Boeing not grounding the 737 MAX after the first crash (more information in question 4).

Five pilots interviewed (interviewees A, B, D, E and G) expressed that the first crash did not raise much concern for two main reasons. First, two pilots (interviewees D and E) talked about the bad reputation of the Indonesian airline Lion Air. Pilot D explained that everyone thought that since the Indonesians have incidents very regularly, they unfortunately did so again. Second, two pilots (interviewees B and G) explained that crashes unfortunately happen, and that the investigations into the causes of crashes take a lot of time. Therefore, before information is out, a crash on its own does not necessarily raise alarm. Additionally, the first crash occurred just after take-off where the workload for pilots is significant. Pilot G added: "difficulties on the aircraft are actually not surprising on a project like a new aircraft or a re-engined one. On the 787, it was the batteries. Here it was another element, but it is something that can happen".

Nevertheless, three pilots talked about the second crash in this question (interviewees A, B and E) and indicated that the second crash, less than five months after the first one, clearly revealed that there was a problem with the 737 MAX. Five months is a very short time for the aerospace industry to experience two crashes of the same aircraft especially a newly certified one.

Question 2: Today, do you trust that Boeing manufactures safe aircrafts?

This question's goal was to start analysing pilots' perception of Boeing by asking if they trust that Boeing manufactures safe aircrafts. All pilots interviewed answered yes. However, their thought process was not the same, three main themes were evoked: the fact that all aircraft manufacturers have their own issues, Boeing's long history and Boeing's current situation.

First, three pilots (interviewees A, B and F) justified their answer by the fact that all aircraft manufacturers experience problems. This taught process follows some of the same logic as was expressed in the first question of the interview where pilots explained that unfortunately crashes happen. In pilot F own words: "there are always problems regardless of the type of aircraft or the type of manufacturer. Pilots are used to this."

Second, three pilots (interviewees A, B and H) explained that one of the raisons why they trust Boeing as a manufacturer is due to its long history in building safe aircrafts. As Pilot H expressed: "of the number of Boeing aircrafts flying today, accidents are minimal".

Third, three pilots (interviewees B, D and E) clearly stated Boeing extremely critical situation in regard to the 737 MAX adding that it became one of the safest airplanes today because of the scrutiny it is currently under. They think that the issues have been fixed since then. As pilot B stated: "I nevertheless have confidence in Boeing. They have failed once, but that doesn't mean they will always fail on such serious problems." (More information in question 3)

Would you say that the events surrounding the 737 MAX have changed your perception of Boeing as a manufacturer? (Positively or negatively.)

The second part of the question aimed at determining if and how pilots' perception of Boeing was impacted by the 737 MAX incidents. Five of the pilots interviewed (interviewees B, C, D, F and H) answered that their perception of Boeing changed due to the events surrounding the 737 MAX. This showed that even though pilots trust that Boeing manufactures safe aircrafts, this does not mean that the 737 MAX incidents did not impact their perception of the company. Three pilots interviewed (interviewees A, E and G) explained that their perception of Boeing did not change. Due to the deliberate open-ended design of the question, answers revealed for three pilots (interviewees G, F and H) the true stakeholder for which their perception was most impacted. Those answers are discussed in question 7.

Pilot B who was the strongest in his opening statement against Boeing declared that he felt “disgust” once he realised that the problem was known to them and that they let planes fly anyway. “Boeing let planes fly with a relatively serious problem on hundreds of flights for quite some time”. He added that “coming from such a company it [was] disappointing” but concluded however that he doesn’t think that he will stay fixed on that either.

Pilot D expressed the biggest change in perception. Especially, considering that he shared that he had never had even the slightest doubt on Boeing’s products, even throughout the 787 saga and its phenomenal number of problems. He declared that his perception of Boeing changed fundamentally saying that Boeing had an excellent image which it has clearly lost. He specified that the fact that not a single one of Boeing’s programs runs correctly is even worse than the current media attention on the 737 MAX.

Pilot C was shocked that there were “so many loopholes for an aircraft manufacturer, especially one like Boeing”. He was mostly “disappointed” in Boeing and talked about all the bad press they were getting. However, he concluded saying that he has no doubt that his opinion of Boeing would improve in the years to come.

The three pilots (interviewees A, E and G) who’s perception of Boeing remained unchanged evoked three main reasons. First, two pilots (interviewees A and B) heavily weighted their perception on Boeing’s past achievements. Second, pilot B accounted for regulators saying that Boeing has been reprimanded enough by the FAA, the EASA and all security agencies. Finally, pilot C explained that it was not his perception of Boeing that changed, but rather his perception of the current state of the aviation’s industry. (More information in question 7)

Question 3: In your opinion, is Boeing communicating all relevant information to the pilots?

The aim of this question was to gage the perception of Boeing by the pilots in regard to information sharing. It divided them in two equal groups. The first half (interviewees A, B, C and F) establishing Boeing’s negligence in not transmitting vital information and the second half (interviewees D, E, G and H) trusting that Boeing communicates all relevant information because they understand Boeing rationale (interviewees D and H). Alternatively, many pilots (interviewees B, D, E and G) think that Boeing does not have any other choice due to the scrutiny the 737 MAX is under. However, consensus was reached over the fact that pilots should have been informed of MCAS.

Pilot A and B were the most vocal in their criticism of Boeing. Both said that it was a “mistake” for Boeing not to inform pilots about MCAS, pilot B added that it was “shameful”. Indeed, the relevance of MCAS cannot be overstated. MCAS activates to avoid a potential stall which is arguably one of the most important aspect in flying. Pilot B expressed clearly the manufacturer’s responsibility in informing pilots. “[The plane] just went down because it had a system that malfunctioned and because no one was aware that the system had been installed. For an aircraft manufacturer it is a shame to not communicate [such information] to pilots.”

As pilot F expressed “all the pilots, at least all the pilots that [he] know[s], like to know how [the airplane] works”. He acknowledged that today, new generations of aircrafts are extremely complex since all the systems are interconnected. Nonetheless, he underlined that systems that intervene on the flight controls and may impact how an aircraft is flown, need to be communicated to pilots. Pilots need to know two information. First, that a system exists. Second, in which phase of flights that system may intervene. They do not need to understand the full internal functioning as long as they can recognise when the system activates. Neither information was transmitted to the pilots prior to the first 737 MAX crash. Pilot G illustrated the situation comparing it to cars: “it’s like if you are told that if you turn left, [the car will go] left, but in fact it might go straight in some cases, however you are not informed. The day the car goes straight, you don’t know what to do”.

Pilot D gave another view on Boeing’s reasoning. He explained that there is a balance from the point of view of the manufacturers which is not at all unique to Boeing. Pilot H defined it as pilot not having to necessarily understand all the elements of an aircraft. Pilot D explained that this was “normal and desirable because [there] already [are] about 5’000 pages of documentation.” He was not surprised and specified that such reasoning will continue in the long term, as it only can. He explained that aircraft are so complex today that there is a lot of information that pilots wouldn’t know what to do with. He quoted a pilot’s expression which is at least conceptually true: “documents are written by lawyers”. This raises the ultimate question of responsibility. What kind of knowledge is required at different levels (manufacturer, regulator, airline companies, pilots, etc.)? With information becoming denser every day as aircraft become much more complex, how can we make sure that the information flow is neither disturbed, nor overwhelming? What systems are in place to guarantee that the necessary information is provided to the appropriate stakeholders?

However, Pilot D made is extremely clear that he taught that it was inadmissible on Boeing's part not to fully inform the FAA of MCAS. He said: "Boeing was perfectly aware of this; it is impossible to argue the contrary". Pilot H also revealed that in his opinion the core problem in aviation is the certification process of an element. He went on to explain that the easiest way to do so is through redundancy which Boeing did not even attempt on MCAS. Pilot D concluded stating that "Boeing is on such a thin string that if there is another problem it will truly be catastrophic". Indeed, the 737 MAX is under such scrutiny right now that any information no matter how minor finds its way to the world press.

What do you think of Boeing's rationale for not explaining MCAS: Boeing says it did not want to confuse the pilots with unnecessary information?

Interviewing pilots on Boeing's rationale for not informing pilots of MCAS, none agreed with Boeing. Pilots qualified Boeing's rationale for not communicating MCAS from a "weak excuse" (interviewee C) to "very dishonest" (interviewee E) and "irrational, almost a crime" (interviewee G). Three main themes were raised over MCAS: Boeing's design, the importance of information sharing and finally three pilots' opinion (interviewees B, C and G) that Boeing deliberately hid information regarding MCAS.

Two pilots (interviewees D and F) insisted on MCAS bad design. Pilot F expressed his surprise at a system based on a single sensor: "in aviation, there is no such thing as a single sensor system. There is always a backup sensor. There are always two sensors that are compared". He added that he had courses on the second 737 MAX crash and knows that the sensor gave values which were unattainable in an airliner. Pilot D ended his explanation declaring that "the MCAS design was inexcusably unreliable".

Two pilots (interviewees A and C) insisted on the importance of communication information to continuously keep the aviation industry safe (more information in question 6). Pilot C explained that every plane, in the same principle as any car, has its own options. For this reason, any change or question regarding a system should be transmitted to any and all airline companies that own that plane. It is then the role of airline companies to make their own procedures and inform their pilots via the training programs that are regularly put in place.

Three pilots (interviewees B, C and G) think that Boeing deliberately hid information regarding MCAS. Pilot B said: "In my opinion, it was just clearly to avoid talking about MCAS since they knew that the system was defective. They tried to hide it for as long as possible".

Question 5: Do you think that the training the pilots receive to fly on the 737 MAX is adequate? In particular, what do you think of Boeing's emphasis on the similarities between the NG and MAX as opposed to the differences between the two airplanes?

This question on pilot training requirement for the 737 MAX asked pilots to evaluate Boeing's training requirement. Half of pilots interviewed (interviewees C, D, F and H) stated that the training requirements did not shock them. In pilot D own words: "For sure Boeing did not invent anything by saying that there is no need for training between the NG and the MAX. It is something that is quite normal." Pilot F added that even though the manufacturer says that no training is required, it is ultimately the airline's companies' decision as to what kind of training pilots receive. However, he acknowledged that if the manufacturer says that there is no need for training, it is difficult to justify training cost to shareholders and therefore to finance departments. Even though the well-known saying goes that those who think that safety is costly, should try accidents! Boeing experienced it firsthand with the 737 MAX which might end up becoming the most expensive mistake in corporate history to date, especially considering all the orders Boeing lost.

On the other hand, half of pilots interviewed (interviewees A, B, E and G) stated that simulator training for MCAS should have been required. As pilot A stated for example: "Boeing's statement before the two crashes that there should be no simulator training was a mistake. [...] That Boeing changed its mind? It's a little late, but a good thing [...]". Pilot H who works for an aerospace manufacturer pointed out that Boeing admitting their mistakes and changing the training requirement is good but costly as it changes the whole business model for the 737 MAX mentioning airlines companies claims for damages due to pilot training. Indeed, as mentioned in the literature review cost deduction as high as USD 20 million per plane are now considered by Boeing.

4.2 The FAA and EASA

Question 4: With your professional experience, do you notice any differences or similarities between the two regulators [FAA and EASA]? If there are differences, can you explain them and give your opinion on these differences?

This first question on the regulators involved in aviation safety asked pilots to express the differences they experienced between the FAA and the EASA. The intention being of identifying the perception pilots have on the FAA compared to the regulator they are more used to in Europe, the EASA. All eight pilots interviewed spoke of differences between the two agencies and three main themes emerged from their answers. First, two pilots (interviewees A and C) spoke of the fact that the EASA is stricter than the FAA. Second, two pilots (interviewees B and C) talked about the fact that the FAA focuses more on experience while the EASA has a more theory-based approach. Finally, two pilots (interviewees D and H) explained that we are moving towards a convergence of the two systems.

Most pilots interviewed expressed that the EASA is stricter than the FAA. A possible explanation may come from their opposing philosophies. Pilots agreed that the FAA is based on practice and experience while the EASA is based on rules and theory. On the other hand, the EASA is a community-based authority which may require a stricter or rule-based approach and as pilot C explained “the American way is; if it works, it works”. Pilot B illustrated this difference through training. He explained that in Europe the focus is on theory as opposed to America where the focus is on practice. He thinks that the American approach is better as some of the crashes experienced in Europe were due to the lack of experience of the pilots. He clarified by describing the training in Europe as being focus on many different aspects of aeronautics that are not related to aviation at all. Explaining that “we miss out on people who are extremely talented, but who cannot do this work because we ask them to pass theory on physics, on medicine and on law.”

Pilot D explained that the FAA and the EASA are two opposing models that are quite complementary. He stated that the number of differences is being reduced as the different regulators in the world are slowly converging towards a kind of middle ground. Pilot H explained that the historical difference between the FAA and the EASA caused many issues for the certification process of airplanes. As he works for a manufacturer in the aerospace industry, he explained that simplifying the certification processes by limiting the differences between regulators was a real request from aerospace manufacturers.

However, Pilot G opinion diverge. He thinks that this convergence might not be a good thing. He explained how each authority certifies their national-manufacturer planes. In the 737 MAX case, the FAA certified the 737 MAX followed by the EASA who certified the MAX based on the FAA's data. Generally speaking, the process is more limiting from one authority to another. Arguing that the differences between regulators are a good thing as they end up bringing more security to the industry.

Many pilots expressed their thoughts on the FAA and the role the agency played in the 737 MAX incidents. The main topics raised were the fact that Boeing did not inform the FAA of the new redesign of MCAS (interviewee D), the fact that the 737 MAX was not grounded after the first crash (interviewee B) and, Boeing's certification process.

First, pilot D who understood Boeing's rationale for not sharing information on MCAS however made is extremely clear that he taught that it was "inadmissible" on Boeing's part to not fully inform the FAA of MCAS. Pilot B expressed his disbelief that the 737 MAX was not grounded after the first crash when information on MCAS became available. "It was a huge mistake to let them fly."

Pilot A stated "I don't want to say that it's surprising, but I think that if the 737 MAX would have been certified first in Europe, by the EASA, it would have been completely different. From what I have heard, Boeing was certifying their own aircraft. To me that is where the problem comes from." As it has been explained in detail in the Literature Review (see section 2.2.1, FAA), the FAA currently delegates some of its certification tasks directly to Boeing. This raised multiple concerns in the 737 MAX investigation as well as across the world.

Pilot H added that the process Boeing goes through to certify their planes changed his perception the most. He said that it highlights a major problem in aviation, the digitalization of the aeronautical world. For him, this makes it difficult for certification bodies to understand today's interconnected aircrafts. According to him that is the reason why software certification is finally verified by Boeing and not by the FAA. However, he explained that it is a systemic problem in relations to regulatory authorities and not particular to the FAA. However, he also explained that the easiest way to certify an element is through redundancy which Boeing did not even attempt on MCAS (which was activated on data from a single sensor).

Question 5: What do you think of the FAA, which in its first decision required 2 hours of computer training for pilots transitioning from the NG to the MAX, a decrease from the 16 hours Boeing was planning?

The FAA's initial requirement for training for pilots transitioning from the NG to the MAX was a 2-hour iPad course. Five of the eight pilots interviewed (interviewees A, C, E, F and G) expressed that 2 hours seems quite light while two pilots (interviewees A and D) thought that 16 hours might be quite a lot. The convergence expressed by two airline pilots (interviewees F and G) was between 4 and 5 hours. On this question many pilots expressed their views on the current state of training in the industry.

Today, training according to pilot G is always done online followed by tests. If a module needs to be studied more in-depth, classroom-training is provided. Every year pilots go through classroom-training which they call refresh. Courses are always required by the appropriate regulatory agency (in Switzerland, the Office Fédéral de l'Aviation Civile (OFAC)) and companies based their training programs on those.

Three pilots (interviewees B, D and G) spoke about the problematic of a course on iPad. It was described as the lowest quality form of training and raised questions about the true understanding and retention of the content. Very classical in today's business world, online training followed by an online test is the new and cheap way of training staff on new requirements. For that reason, a 2-hour course is better than a longer one where the attention and application of the person taking the course gradually decline. Maybe it is best explained by pilot D who is an airline instructor: "Would I do it this way in an ideal world? Of course not." However, compared to what is happening in the industry today, it does not shock him. He illustrated with the training between the A320 and the A320 NEO where a single A4 sheet of paper reminds pilots of some valuable differences.

However, in the case of simulator training, different checks are run through, and pilots must complete every check to pass the training requirements. For example, in a simulator MCAS could be activated on erroneous data and pilots would be certified only once they completed the deactivation process correctly.

Pilot B also explained that training on a new model aircraft usually last six weeks. The first part consists of theoretical classes on the electrical and hydraulic systems of the aircraft completed via a theoretical test. The second part is practical where most emergency situations are broken down. The certification examination is done in simulator where emergency situations have to be managed by the crew.

Two pilots (interviewees F and G) expressed their shock at the fact that the FAA reduced the training requirement as opposed to increasing it. Pilot H said that he understood the economic benefits and suspects that the FAA copied the training requirements of the EASA for the A320 NEO. This again raises many concerns over the integrity of the FAA. The role of the agency should be regulatory towards Boeing. However, due to the heavy economic and political pressures for the success of Boeing, their integrity is put into question. Is the FAA Boeing's main regulator or main ally?

4.3 The role of pilots in public safety

Question 6: How would you describe your role as a pilot in public safety?

For the last part of the interview, pilots were asked to express their views on their role in public safety. Following the same process, this question's aim was to gauge pilots' awareness of their role in public safety to better understand if and how it changed due to the incidents with the 737 MAX (answer to question 7 below). Five of the pilots interviewed (interviewees C, D, E, F and G) clearly express the key role they play in public safety with two of them (interviewees C and G) defining their work as conservative decision making and anticipation. Three pilots (interviewees A, F and G) explained the importance and necessity of sharing information in the aviation industry.

Pilot F illustrated the importance of pilots in public safety with the captain's authority. In his own words: "[the captain] first job is flight safety: how to get safely from point A to point B. The captain has quite a lot of power for that. [...] For example, the captain can refuse a flight if he considers that the aircraft is not in condition". Nevertheless, he also expressed that there are many different aspects of public safety. Pilots are the end users "[they] will be provided with an aircraft and [have to] trust the certification authorities. [They have to] trust [their] airline to buy an aircraft that fits the use the airline wants to make of it. [They have to] trust [their] company's maintenance". In pilot C opinion, engineers do most of the safety work by manufacturing aircrafts. Pilot E on the other hand believes that the basis of safety starts with the instruction given to pilots.

Sharing information is a primordial part of pilot's day to day professional requirements. Pilot H explained it in a clear and brief way. His whole answer consisted of: "Any small incident must be reported or expressed at all times in order to improve safety in real time. In aviation, there is an essential rule: making a mistake is not a problem, but what is a problem is not talking about it". This clearly demonstrates the quality management processes put in place in the aviation industry. Continuous improvement by a closed information loop which goes from the pilots to the company which agglomerate all the information and either pass it further (to the manufacturer for example) or plan specific training for their pilots on most frequent issues.

Pilot D who is an instructor for his airline company explained that for pilot's "our job is risk management". He added that it is something that is taught to pilots indirectly and is quite complex. He concluded by stating that "that's why this whole story of a single-pilot or pilotless aircraft is not even a dream but a concept because all this risk management is absolutely not programmable".

Question 7: Would you say that the incidents surrounding the 737 MAX changed how you see your role in regard to public safety?

The last question of the interview gaged the change in pilots' perception of their role in public safety after the 737 MAX crashes. Surprisingly, only one pilot (interviewee C) expressed that his vision of his role in public safety was impacted. One pilot (interviewee A) was unsure stating that he couldn't say yes, or else pilots would stop flying. 75% of pilots interviewed (interviewees B, D, E, F, G and H) stated that their perception of their role was not impacted by the events surrounding the 737 MAX however named other stakeholders involved in industry safety for which their perception changed.

Pilot B expressed that "for the 737 MAX pilots, it is clear that [these events have] broken the trust they had with the machine. Getting back into a plane that crashed due to a hidden design flaw is not easy." The pilots whose perception was changed (interviewee C) explained his vision: "we may be in charge, we may think we know what we are doing, but potentially behind a computer [...] can seriously put us in danger." The incidents made him more aware of the place pilots occupy in an airplane and how information taking could be reorganized. He concluded by stating that these incidents pushed him to improve himself and take a deeper interest into the very complicated systems integrated in today's aircrafts.

Three main reasons emerged as to why pilots' perception of their own role was not impacted from the 737 MAX incidents. First, three pilots (interviewees A, E and G) explained that the 737 MAX crashes were not due to pilot error. Their perception of pilot's role in public safety is impacted when human error is at fault. In the case of the 737 MAX this was not the case. Pilot E expressed the sentiment: "there may be a reconsideration over the safety of aircrafts and their design, but not over the role of safety at the pilots' level."

Second, two pilots (interviewees C and D) explained that not all aspects of safety are in pilots' control. Pilot D explained: "It is a reality of this profession that we fly an aircraft, a complex system, in a complex environment and that we do not control everything." He added that pilots are only one actor among many others. "We are part of a chain, and we are only as strong as our weakest link."

Third, 75% of the pilots interviewed (interviewees A, C, D, F, G and H) talked about where they taught that the safety problems with the 737 MAX emerged from as well as some of the consequences on the industry. Half of the pilots interviewed (interviewees A, D, F and G) attributed the problem with Boeing's 737 MAX to the commercial race between Boeing and Airbus. Pilot G talked about his change in the perception "of the

business model of these [Boeing and Airbus] large companies that have a race towards profit, a race to compete which could harm the aviation industry". Pilot A even added that he will pay more attention in the future to understand under which conditions a new airplane was designed.

Three pilots (interviewees D, E and F) gave additional explanation on the 737 MAX talking about a double failure – a failure inside Boeing and a failure in its regulation by the FAA. Pilot E talked about systemic abuses that must be corrected. "These abuses are related to supervision and the lure of quick financial gain." Pilot F compared the failure in the 737 MAX to what happened to the banking sector in 2008. The first failure is linked to the regulatory authority, here the FAA, which does not correctly oversee the field it should oversee. The second failure which happened at the same time is in Boeing itself with a loss of technicality – meaning that the financial aspect is privileged over the technical or technological aspect. Pilot F explained "we don't really listen to the people who have the technological knowledge". Pilot D added that the FAA has lost its credibility which is going to be extremely costly for all of American aviation. "I never imagined that the credibility of the FAA would be put into question". However, he thinks that the trust in the FAA will come back. Stating that Boeing will have no choice than to be perfectly irreproachable for the next five to ten years. "Then probably they'll fall back into the same pattern. Because in the industry they are not really used to take into account the very long term, especially politically anyway." This sentiment was shared by pilot B who concluded that aircraft companies will be extremely careful to not incorporate any hidden design flaws: "if it happens again, I don't think it will be like what happened, I think the manufacturer will go bankrupt." Hopefully, something changed in a good way at the manufacturer level.

5. Conclusion

This thesis explored how the design, development and regulation of the 737 MAX impacted pilots' perception of three main stakeholders involved in aviation safety. Starting with Boeing, pilots expressed a 100% trust in Boeing believing that they manufacture safe aircrafts. However, over 60% of respondents indicated that their perception of Boeing was negatively impacted by the 737 MAX. Second, 75% of pilots interviewed explained that their perception of the FAA changed, largely crediting its loss of credibility. Finally, pilots' perception of their role in public safety remained unchanged for 75% of respondents. This surprising result is explained by the fact that pilots' perception changed for other stakeholders involved in aviation safety.

As pilot D stated, "we are part of a chain, and we are only as strong as our weakest link". The 737 MAX showcased the multiple failures in how Boeing is manufacturing planes as well as how the FAA is regulating them. Indeed, this double failure shocked the industry. Boeing designed an inexcusably poor system with MCAS, ignoring today's industry standards in terms of redundancy. Additionally, the multiple production pressures combined with Boeing's corporate culture established an environment where financial gain was inarguably valued above technicality. It is not the first time that Boeing's culture has been questioned. Will Boeing culture finally change, especially after the huge financial impact of the 737 MAX?

On the other hand, the FAA lack of oversight over Boeing might be the impact of the 737 MAX crashes that will last the longest. Many people never dreamed that the FAA's credibility could one day be challenged. Trust in the regulator has been questioned all over the world and may jeopardize the convergence in regulation that manufactures request. How will the certification processes evolve? Will the trend towards standardisation be impacted? With aircrafts becoming only more complex, what type of systems will be put in place to guarantee comprehensive understanding?

Boeing needed to design the 737 MAX to compete with Airbus A320 NEO. The impact that the industry global duopoly played on the chain of events that lead to the 737 MAX can clearly be seen with the decision to remodel a sixty-year-old plane and limiting at all costs any training requirement. Additionally, the political and economic influence of both companies is such that these aspects cannot be ignored, raising the ultimate question about the FAA regulatory role. Is the FAA Boeing's regulator or Boeing's biggest ally? Indeed, at many stages the FAA ruled in favour of Boeing and helped them achieve their

ultimate goal: quickly certifying a new aircraft that could in all aspect compete with Airbus A320 NEO.

Finally, the 737 MAX could become one of the most expensive corporate mistakes to date. Inarguably it put the 737 MAX under global scrutiny. Some think that this might make the 737 MAX actually today's safest plane, as no other aircraft has been as studied, questioned or tested. Others hope that it might be a lesson to all aerospace manufacturers. A hidden design flaw can bring planes down. In an industry where information sharing plays such a paramount role, hopefully the lessons learned from the 737 MAX will improve manufactures and regulators processes while enhancing their vigilance.

Bibliography

- AEROTIME TEAM, 2021. Boeing 737 MAX recertified: Pilot Training Requirements. [online]. 18 February 2021. [Accessed 1 June 2021]. Retrieved from: <https://www.aerotime.aero/27264-Boeing-737-MAX-pilot-training-requirements>
- ANTOINE, no date. Episode 48 : Boeing 737 MAX et MCAS avec Benoît. [online]. [Accessed 2 May 2021]. Parlons aviation. Retrieved from: <https://www.parlonsaviation.com/2019/10/01/episode-48/>
- AVIATION SAFETY NETWORK, 2012. Aviation Safety Network > ASN Aviation Safety Database > Operator index > Indonesia > Lion Air. [online]. 4 March 2012. [Accessed 2 May 2021]. Retrieved from: <https://aviation-safety.net/database/operator/airline.php?var=5758>
- BECHAI, Dhierin, 2019. The Boeing 737 MAX Misconceptions: An Engineer's View (NYSE:BA). *SeekingAlpha* [online]. 21 August 2019. [Accessed 5 May 2021]. Retrieved from: <https://seekingalpha.com/article/4286602-boeing-737-max-misconceptions-engineers-view>
- BOEING: Our Company, no date. [online]. [Accessed 1 May 2021]. Retrieved from: <https://www.boeing.com/company/>
- BOEING, no date. Boeing: Boeing in Renton, Wash. [online]. [Accessed 9 May 2021]. Retrieved from: <https://www.boeing.com/company/about-bca/renton-production-facility.page>
- BOEING MEDIAROOM, 2011a. Boeing Launches 737 New Engine Family with Commitments for 496 Airplanes from Five Airlines. *MediaRoom* [online]. 30 August 2011. [Accessed 1 May 2021]. Retrieved from: <https://boeing.mediaroom.com/2011-08-30-Boeing-Launches-737-New-Engine-Family-with-Commitments-for-496-Airplanes-from-Five-Airlines>
- BOEING MEDIAROOM, 2011b. Boeing, Lion Air Announce Historic Commitment for up to 380 737s. *MediaRoom* [online]. 17 November 2011. [Accessed 2 May 2021]. Retrieved from: <https://boeing.mediaroom.com/2011-11-17-Boeing-Lion-Air-Announce-Historic-Commitment-for-up-to-380-737s>
- BOEING MEDIAROOM, 2014. Boeing Selects Supplier for 737 MAX Full-Flight Simulator. *MediaRoom* [online]. 11 July 2014. [Accessed 8 May 2021]. Retrieved from: <https://boeing.mediaroom.com/2014-07-11-Boeing-Selects-Supplier-for-737-MAX-Full-Flight-Simulator>
- BOEING MEDIAROOM, 2017. Boeing 737 MAX 8 Earns FAA Certification. *MediaRoom* [online]. 3 September 2017. [Accessed 1 May 2021]. Retrieved from: <https://boeing.mediaroom.com/2017-03-09-Boeing-737-MAX-8-Earns-FAA-Certification>
- BOEING MEDIAROOM, 2019. Boeing Statement Regarding 737 MAX Production. *MediaRoom* [online]. 16 December 2019. [Accessed 9 May 2021]. Retrieved from: <https://boeing.mediaroom.com/2019-12-16-Boeing-Statement-Regarding-737-MAX-Production>
- BUSINESS, Chris Isidore, CNN, 2020. The cost of the Boeing 737 Max crisis: \$18.7 billion and counting. *CNN* [online]. 10 March 2020. [Accessed 1 June 2021]. Retrieved from: <https://www.cnn.com/2020/03/10/business/boeing-737-max-cost/index.html>
- CALLAHAN, Patricia, 2004. So why does Harry Stonecipher think he can turn around Boeing? *Chicago Tribune* [online]. 29 February 2004. [Accessed 1 May 2021]. Retrieved from: <https://www.chicagotribune.com/chi-0402290256feb29-story.html>

CAREY, Daniel, 2019. *Hearing of the House Subcommittee on Aviation - Prepared statement of Captain Daniel F. Carey* [online]. 19 June 2019. [Accessed 2 May 2021]. Retrieved from: <https://transportation.house.gov/imo/media/doc/CA%20Carey%20Hearing%20testimony%20.pdf>

CNBC, 2019. *Boeing CEO Dennis Muilenburg faces heat in Congress over 737 Max crashes – 10/30/2019* [online]. 30 October 2019. [Accessed 1 May 2021]. Retrieved from: <https://www.youtube.com/watch?v=loK0D3FDnE>

DEPARTMENT OF JUSTICE, Office of Public Affairs, 2021. Boeing Charged with 737 Max Fraud Conspiracy and Agrees to Pay over \$2.5 Billion. [online]. 7 January 2021. [Accessed 1 June 2021]. Retrieved from: <https://www.justice.gov/opa/pr/boeing-charged-737-max-fraud-conspiracy-and-agrees-pay-over-25-billion>

EASA, no date. EASA [online]. [Accessed 29 May 2021]. Retrieved from: <https://www.easa.europa.eu/light/easa>

EASA [online]. Brexit, no date. [Accessed 1 June 2021]. Retrieved from: <https://www.easa.europa.eu/brexit>

EASA declares Boeing 737 MAX safe to return to service in Europe, 2021. EASA [online]. [Accessed 29 May 2021]. Retrieved from: <https://www.easa.europa.eu/newsroom-and-events/press-releases/easa-declares-boeing-737-max-safe-return-service-europe>

EASA suspends all Boeing 737 Max operations in Europe, 2019. EASA [online]. [Accessed 29 May 2021]. Retrieved from: <https://www.easa.europa.eu/newsroom-and-events/press-releases/easa-suspends-all-boeing-737-max-operations-europe>

FAA, About no date. [online]. [Accessed 1 June 2021]. Retrieved from: <https://www.faa.gov/about/>

GATES, Dominic, 2018. 737 problems have grown in Renton despite Boeing's reassurances. *The Seattle Times* [online]. 6 September 2018. [Accessed 9 May 2021]. Retrieved from: <https://www.seattletimes.com/business/boeing-aerospace/737-problems-have-grown-in-renton-despite-boeings-reassurances/>

GATES, Dominic and BAKER, Mike, 2019. The inside story of MCAS: How Boeing's 737 MAX system gained power and lost safeguards. *The Seattle Times* [online]. 22 June 2019. [Accessed 5 May 2021]. Retrieved from: <https://www.seattletimes.com/seattle-news/times-watchdog/the-inside-story-of-mcas-how-boeings-737-max-system-gained-power-and-lost-safeguards/>

GELLES, David, KITROEFF, Natalie, NICAS, Jack and RUIZ, Rebecca R., 2019. Boeing Was 'Go, Go, Go' to Beat Airbus With the 737 Max. *The New York Times* [online]. 23 March 2019. [Accessed 1 May 2021]. Retrieved from: <https://www.nytimes.com/2019/03/23/business/boeing-737-max-crash.html>

HEMMERDINGER, Jon, 2020. Boeing changes mind, recommends simulator training for all 737 Max pilots. *Flight Global* [online]. 7 January 2020. [Accessed 8 May 2021]. Retrieved from: <https://www.flightglobal.com/air-transport/boeing-changes-mind-recommends-simulator-training-for-all-737-max-pilots/136028.article>

L., Felix, 2019. aircraft design - Is there less vertical space for an engine under the wing of a 737 Max than for an A320neo? *Aviation Stack Exchange* [online]. 15 March 2019. [Accessed 1 June 2021]. Retrieved from: <https://aviation.stackexchange.com/questions/61161/is-there-less-vertical-space-for-an-engine-under-the-wing-of-a-737-max-than-for>

LAZONICK, William, 2019. Make Passengers Safer? Boeing Just Made Shareholders Richer. - The American Prospect. [online]. 31 May 2019. [Accessed 1 May 2021]. Retrieved from: <https://prospect.org/environment/make-passengers-safer-boeing-just-made-shareholders-richer/>

LEEHAM NEWS, 2019. Boeing didn't want to re-engine the 737-but had design standing by. *Leeham News and Analysis* [online]. 20 March 2019. [Accessed 1 May 2021]. Retrieved from: <https://leehamnews.com/2019/03/20/boeing-didnt-want-to-re-engine-the-737-but-had-design-standing-by/>

LEEHAM NEWS, 2020. Bjorn's Corner: 737 MAX ungrounding, the technical background. *Leeham News and Analysis* [online]. 20 November 2020. [Accessed 2 May 2021]. Retrieved from: <https://leehamnews.com/2020/11/20/bjorns-corner-737-max-ungrounding-the-technical-background/>

SAFRAN, MEDIA, 2014. LEAP: an innovative engine. *Safran* [online]. 14 November 2014. [Accessed 1 June 2021]. Retrieved from: https://www.safran-group.com/media/20120327_leap-innovative-engine

SLOTNICK, David, 2019. Boeing's move to halt 737 Max production could hurt the 600 suppliers that make parts for the plane despite its promise not to cut its own workforce. *Business Insider France* [online]. 17 December 2019. [Accessed 9 May 2021]. Retrieved from: <https://www.businessinsider.fr/us/boeing-737-max-production-halt-suppliers-components-2019-12>

THE COMMITTEE ON TRANSPORTATION AND INFRASTRUCTURE, 2020. *Final Committee Report on The Design, Development & Certification of the Boeing 737 MAX* [online]. Investigation. The House Committee on Transportation & Infrastructure. Retrieved from: <https://transportation.house.gov/imo/media/doc/2020.09.15%20FINAL%20737%20MAX%20Report%20for%20Public%20Release.pdf>

USEEM, Jerry, 2019. The Long-Forgotten Flight That Sent Boeing Off Course. *The Atlantic* [online]. 20 November 2019. [Accessed 1 May 2021]. Retrieved from: <https://www.theatlantic.com/ideas/archive/2019/11/how-boeing-lost-its-bearings/602188/>

WIKIPEDIA [online]. Boeing 737, 2021. [Accessed 1 May 2021]. Retrieved from: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Boeing_737&oldid=1020300796

WILHELM, Steve, 2011. What's the ROI for Boeing 737 replacement? *Puget Sound Business Journal* [online]. 5 July 2011. [Accessed 1 May 2021]. Retrieved from: <https://www.bizjournals.com/seattle/blog/2011/07/whats-the-roi-for-boeing-737.html>

ZHANG, Benjamin, 2019a. Here's how much Boeing is estimated to make on each 737 MAX 8 plane. *Business Insider* [online]. 13 March 2019. [Accessed 8 May 2021]. Retrieved from: <https://www.businessinsider.in/heres-how-much-boeing-is-estimated-to-make-on-each-737-max-8-plane/articleshow/68399220.cms>

ZHANG, Benjamin, 2019b. Boeing's CEO explains why the company didn't tell 737 Max pilots about the software system that contributed to 2 fatal crashes. *Business Insider France* [online]. 30 April 2019. [Accessed 6 May 2021]. Retrieved from: <https://www.businessinsider.fr/us/boeings-ceo-on-why-737-max-pilots-not-told-of-mcas-2019-4>

Appendix 1: Interview questions in English

Part I: General questions

1. How long have you been a pilot?
2. Have you ever flown a 737 MAX? Do you fly any other type of Boeing aircraft? (If so, which one(s)?)

Part II: Boeing 737 MAX

Gaging awareness

1. When did you first hear about the 737 MAX safety problems? What were your first thoughts?

Analyzing perception

2. The U.S. House Committee on Transportation and Infrastructure conducted an investigation into the design, development, and certification of the 737 MAX. They concluded among others that Boeing failed in its design and development of the MAX. Additionally, the report indicates that many of the problems identified are not exclusively part of the 737 MAX but common along other Boeing's program (such as the 787 Dreamliner).

Today, do you trust that Boeing manufactures safe aircrafts? Would you say that the events surrounding the 737 MAX have changed your perception of Boeing as a manufacturer? (Positively or negatively.)

3. It was revealed that Boeing had internal test data from their own pilots describing an erroneous MCAS activation as catastrophic. Yet the pilots were not made aware of the MCAS and therefore no training was required.

In your opinion, is Boeing communicating all relevant information to the pilots? What do you think of Boeing's rationale for not explaining MCAS: Boeing says it did not want to confuse the pilots with unnecessary information?

Part III: FAA et EASA as regulators

Gaging awareness

4. The FAA is the American aviation regulator and the EASA its European counterpart.

With your professional experience, do you notice any differences or similarities between the two regulators? If there are differences, can you explain them and give your opinion on these differences?

Analyzing perception

5. During the design phase for the 737 MAX, Level B training (non-simulator training) was a requirement for Boeing. Boeing "stressed that it was important to remain firm that no type of simulator training would be required to transition from the NG to the MAX. [That] Boeing [would] not allow that to happen [and] [would] stand up to any regulatory body that tried to make that a requirement." However, after the second 737 MAX crash and while it was grounded, Boeing changed its statement and made simulator training mandatory for all 737 MAX pilots.

Do you think that the training the pilots receive to fly on the 737 MAX is adequate? In particular, what do you think of Boeing's emphasis on the similarities between the NG and MAX as opposed to the differences between the two airplanes?

What do you think of the FAA, which in its first decision required 2 hours of computer training for pilots transitioning from the NG to the MAX, a decrease from the 16 hours Boeing was planning?

Part IV: The role of pilots in public safety

Gaging awareness

6. How would you describe your role as a pilot in public safety?

Analyzing perception

7. Would you say that the incidents surrounding the 737 MAX changed how you see your role in regard to public safety?

Appendix 2: Interview questions in French

Partie I : Questions générales

1. Depuis quand êtes-vous pilote ?
2. Est-ce que vous avez déjà piloté un 737 MAX ? Est-ce que vous pilotez un autre type d'avion du constructeur Boeing ? (Si oui, lesquels ?)

Partie II : Boeing 737 MAX

Mesure de la sensibilisation

1. Quand avez-vous entendu parler pour la première fois des problèmes de sécurité lié au 737 MAX ? Quelles ont été vos premières réflexions ?

Analyse de la perception

2. Le U.S. House Committee on Transportation and Infrastructure (le comité des transports et de l'infrastructure de la Chambre des États-Unis) a mené une enquête sur la conception, le développement et la certification du 737 MAX. Il a conclu entre autres que Boeing avait échoué dans la conception et le développement du MAX. Par ailleurs, le rapport indique que bon nombre des problèmes identifiés ne font pas exclusivement partie du 737 MAX, mais sont communs à d'autres programmes de Boeing (comme le 787 Dreamliner).

Aujourd'hui, avez-vous confiance que Boeing fabrique des avions sûrs ?

Diriez-vous que les événements entourant le 737 MAX ont changé votre perception de Boeing en tant que constructeur ? (De manière positive ou négative.)

3. Il a été révélé que Boeing disposait de données d'essais internes de ses propres pilotes décrivant une activation erronée du MCAS comme catastrophique. Pourtant, les pilotes n'ont pas été mis au courant du MCAS et, par conséquent, aucune formation n'était requise.

Selon vous, Boeing communique-t-il toutes les informations pertinentes aux pilotes ? Que pensez-vous du rationnel de Boeing pour ne pas expliquer MCAS : Boeing indique qu'il ne voulait pas brouiller les pilotes avec des informations inutiles ?

Partie III : FAA et EASA en tant que régulateurs

Mesure de la sensibilisation

4. La FAA est le régulateur américain de l'aviation et l'EASA son homologue européen.

Avec votre expérience professionnelle, constatez-vous des différences ou des similitudes entre les deux régulateurs ? En cas de différences, pouvez-vous les expliquer et donnez votre opinion sur ces divergences ?

Analyse de la perception

1. Pendant la phase de conception du 737 MAX, une formation de niveau B (une formation sans simulateur) était un impératif pour Boeing. Boeing « a souligné qu'il était important de rester ferme sur le fait qu'aucun type de formation sur simulateur ne serait nécessaire pour passer du NG au MAX. [Que] Boeing [ne permettrait] pas que cela se produise [et] qu'[il] [ferait] face à tout organisme de réglementation qui essaierait d'en faire une exigence ». Cependant, après le deuxième crash du 737 MAX et pendant son clouage au sol, Boeing a modifié ses propos et a rendu la formation sur simulateur obligatoire pour tous les pilotes du 737 MAX.

Pensez-vous que la formation que reçoivent les pilotes pour voler sur le 737 MAX soit adéquate ? Que pensez-vous en particulier de l'accent mis par Boeing sur les similitudes entre le NG et le MAX par opposition aux différences entre les deux avions ?

Que pensez-vous de la FAA, qui lors de sa première décision a exigé une formation informatique de 2 heures pour les pilotes passant du NG au MAX, une diminution par rapport aux 16 heures que prévoyait Boeing ?

Partie IV : Le rôle des pilotes dans la sécurité publique

Mesure de la sensibilisation

5. Comment décririez-vous votre rôle dans la sécurité publique en tant que pilote ?

Analyse de la perception

6. Diriez-vous que les incidents entourant le 737 MAX ont changé votre perception de votre rôle en tant que pilote en matière de sécurité publique ?

Appendix 3: Interview transcript with interviewee A

Interview date	April 26, 2021
Interviewer	Alexandra MEYLAN
Interviewee	6 years of private pilot license Mechanic on F/A 18 (Boeing's fighter jets)
Interview conditions	By phone, recorded for the purpose of transcription

Partie I : Questions générales

1. Depuis quand êtes-vous pilote ?

Cela va faire 6 ans cette année que j'ai obtenu ma licence de pilote.

2. Est-ce que vous avez déjà piloté un 737 MAX ? Est-ce que vous pilotez un autre type d'avion du constructeur Boeing ? (Si oui, lequel ou lesquels ?)

Pas de 737 MAX, ni d'autres avions de Boeing. Par contre, je suis mécanicien sur les F/A 18, les avions de chasses américains de Boeing.

Partie II : Boeing 737 MAX

Mesure de la sensibilisation

1. Quand avez-vous entendu parler pour la première fois des problèmes de sécurité lié au 737 MAX ? Quelles ont été vos premières réflexions ?

Tout d'abord avec le premier incident du 737 MAX il y a quelques années. C'était un peu un mystère, on s'est dit peut-être que c'était un problème qui ne concernait pas l'avion directement. Ensuite, quand c'est arrivé une deuxième fois dans un temps assez proche, niveau aéronautique, on a pu se rendre compte que c'était l'avion qui avait un problème dans son système, dans sa conception visant à la sécurité de l'avion. Et pas qu'à la sécurité de l'avion, mais aussi à la sécurité des passagers.

Analyse de la perception

2. Le U.S. House Committee on Transportation and Infrastructure (le comité des transports et de l'infrastructure de la Chambre des États-Unis) a mené une enquête sur la conception, le développement et la certification du 737 MAX. Il a conclu entre autres que Boeing avait échoué dans la conception et le développement du MAX. Par ailleurs, le rapport indique que bon nombre des problèmes identifiés ne font pas exclusivement partie du 737 MAX, mais sont communs à d'autres programmes de Boeing (comme le 787 Dreamliner).

Aujourd'hui, avez-vous confiance que Boeing fabrique des avions sûrs ?

Pour moi oui. Boeing fait et fera toujours de bons et surs avions. On peut prendre exemple sur le Boeing 777 qui est l'un des plus gros avions de ligne présent et qui est le plus sûr, qui a vraiment très peu de problèmes. Par contre le problème qui est arrivé au 737 MAX était plus dû à la course de Boeing contre son rival Airbus qui a sorti le NEO, nouvelle génération. Je pense qu'ils ont été mis sous pression avec cet Airbus qui sortait et ont peut-être, pour moi, conceptualisé un peu rapidement comparé à d'autres avions. Mais en aucun cas je ne dirais que Boeing fait des avions qui sont très dangereux ; qui ne sont absolument pas sûrs. Après, comme chaque nouvel avion, comme chaque nouvelle conception, il y aura toujours des problèmes qui n'auront pas une énorme influence. Par exemple, des petits problèmes sur des instruments.

Diriez-vous que les événements entourant le 737 MAX ont changé votre perception de Boeing en tant que constructeur ? (De manière positive ou négative.)

Pas réellement. Je me base aussi sur tout ce qu'ils ont fait avant, sur tous les avions qu'ils ont pu construire. Peut-être qu'après, dans le futur, s'il y a de nouvelles machines [avions], il faudrait voir avec quel concept elles ont été développées, qu'il n'y a pas de course avec un autre concurrent.

3. Il a été révélé que Boeing disposait de données d'essais internes de ses propres pilotes décrivant une activation erronée du MCAS comme catastrophique. Pourtant, les pilotes n'ont pas été mis au courant du MCAS et par conséquent aucune formation n'était requise.

Selon vous, Boeing communique-t-il toutes les informations pertinentes aux pilotes ?

Ici, nous avons eu le cas où des informations importantes et pertinentes n'ont pas été transmises ni aux pilotes, ni aux compagnies. Parce qu'il faut le dire, les compagnies instaurent leurs propres procédures qu'elles transmettent aux pilotes. C'est une erreur, une erreur faite par Boeing. De plus, ce nouveau système qui ne concerne peut-être pas directement les pilotes aurait tout au moins dû leur être transmis. Pour que les pilotes comme les compagnies soient conscients de ce système comme de chaque système et qu'ils puissent par conséquent suivre des entraînements en simulateur en cas de problème sur ce système-là.

Que pensez-vous du rationnel de Boeing pour ne pas expliquer MCAS : Boeing indique qu'il ne voulait pas brouiller les pilotes avec des informations inutiles ?

Je n'y crois pas réellement. Le 737 MAX a été basé sur le 737 NG. C'est une version améliorée avec notamment le MCAS qui a été introduit. Tout changement et toute nouveauté doivent être transmise.

Partie III : FAA et EASA en tant que régulateurs

Mesure de la sensibilisation

- 4. La FAA est le régulateur américain de l'aviation et l'EASA son homologue européen.**

Avec votre expérience professionnelle, constatez-vous des différences ou des similitudes entre les deux régulateurs ? En cas de différences, pouvez-vous les expliquer et donnez votre opinion sur ces divergences ?

Oui. Je n'ai pas eu une expérience directe avec la FAA. Pour moi, l'EASA est beaucoup plus stricte que la FAA par rapport à des certifications, aux autorisations, aux droits de vol et droits aériens. Je ne veux pas dire que c'est étonnant, mais je pense que si le 737 MAX devait se faire certifier en Europe, par l'EASA, cela aurait été complètement différent. D'après ce que j'ai pu entendre, Boeing certifiait lui-même ses propres avions. Pour moi c'est de là que vient le problème. Peut-importe qu'il s'agisse de la FAA ou de la EASA, tous les avions doivent passer par un organisme général pour la certification.

Analyse de la perception

- 5. Pendant la phase de conception du 737 MAX, une formation de niveau B (une formation sans simulateur) était un impératif pour Boeing. Boeing « a souligné qu'il était important de rester ferme sur le fait qu'aucun type de formation sur simulateur ne serait nécessaire pour passer du NG au MAX. [Que] Boeing [ne permettrait] pas que cela se produise [et] qu'[il] [ferait] face à tout organisme de réglementation qui essaierait d'en faire une exigence ». Cependant, après le deuxième crash du 737 MAX et pendant son clouage au sol, Boeing a modifié ses propos et a rendu la formation sur simulateur obligatoire pour tous les pilotes du 737 MAX.**

Pensez-vous que la formation que reçoivent les pilotes pour voler sur le 737 MAX soit adéquate ?

Les propos de Boeing avant les deux crashes, qu'il ne devrait y avoir aucun entraînement sur simulateur, ont été une erreur. Boeing s'est beaucoup référencé aux 737 NG. Il y a juste apporté plusieurs d'améliorations par rapport aux moteurs et à 2-3 systèmes. Boeing avant les accidents disait qu'il n'y avait pas besoin de faire de simulateurs. C'est une question économique, ça coûte moins cher à Boeing ainsi qu'aux compagnies aériennes ce qui est un avantage économique pour Boeing : le fait de ne pas être obligé de former les pilotes encore une fois sur des simulateurs, on peut directement les envoyer sur l'avion réel. Que Boeing ait changé d'avis ? C'est un peu tard, mais je pense que c'est bien et je supporte cet entraînement par simulateur avant de passer sur un avion réel, surtout pour les avions de ligne.

Que pensez-vous en particulier de l'accent mis par Boeing sur les similitudes entre le NG et le MAX par opposition aux différences entre les deux avions ?

Pour les pilotes, c'est important de nous dire ce qui ressemble, ce qui est nouveau et ce qui est différent. Faire comprendre aux pilotes et aux compagnies que c'est le même avion c'est bien. Après ce qui a été modifié ou amélioré doit être précisé. Cela fait partie de la base de l'aviation. Toute chose qui connaît modification ou amélioration doit être communiquée.

Que pensez-vous de la FAA, qui lors de sa première décision a exigé une formation informatique de 2 heures pour les pilotes passant du NG au MAX, une diminution par rapport aux 16 heures que prévoyait Boeing ?

Les deux heures sont insuffisantes pour moi. Seize heures c'est peut-être beaucoup. Pour moi huit heures, une bonne journée de formation sur un avion nouvelle génération comme le MAX aurait été mieux.

Partie IV : Le rôle des pilotes dans la sécurité publique

Mesure de la sensibilisation

6. Comment décririez-vous votre rôle dans la sécurité publique en tant que pilote ?

Du point de vue des pilotes, chaque événement qui peut être un petit problème mineur ou majeur quel qu'il soit hors d'un vol qu'on va dire parfait doit être annoncé. Chaque anomalie doit être dite pour toujours maintenir la sécurité, bien sûr autant du point de vue des compagnies qui ont engagé les pilotes que du constructeur qui vend ses avions aux compagnies. Pour la sécurité dans l'aviation, rien ne doit être caché car cela peut ensuite créer des problèmes bien plus graves.

Analyse de la perception

7. Diriez-vous que les incidents entourant le 737 MAX ont changé votre perception de votre rôle en tant que pilote en matière de sécurité publique?

Je ne sais pas trop. Je ne veux pas dire oui parce que sinon je pense qu'on arrêterait de voler. Un peu mitigé, d'un côté il faut faire confiance à la machine, à l'avion, au constructeur et de l'autre c'est aux compagnies, aux pilotes de s'informer sur tous les systèmes de l'avion et de les connaître et de lire régulièrement pour toujours entretenir une connaissance parfaite de l'avion.

Appendix 4: Interview transcript with interviewee B

Interview date	April 28, 2021
Interviewer	Alexandra MEYLAN
Interviewee	6 years of private pilot license Simulator on the 737 NG
Interview conditions	By phone, recorded for the purpose of transcription

Partie I : Questions générales

1. Depuis quand êtes-vous pilote ?

Cela fait un peu près 6 ans.

2. Est-ce que vous avez déjà piloté un 737 MAX ? Est-ce que vous pilotez un autre type d'avion du constructeur Boeing ? (Si oui, lequel ou lesquels ?)

Je n'ai pas piloté d'avion de Boeing, mais j'ai été formé sur simulateur sur le 737 NG qui est très similaire au MAX. Il réagit vraiment de la même manière.

Partie II : Boeing 737 MAX

Mesure de la sensibilisation

1. Quand avez-vous entendu parler pour la première fois des problèmes de sécurité lié au 737 MAX ? Quelles ont été vos premières réflexions ?

En toute honnêteté, c'était avec le crash du Lion Air au décollage de Jakarta. Je n'ai pas entendu parler de quoi que ce soit avant cela. Je n'ai pas forcément eu de pensées négatives envers Boeing dès le début parce qu'on ne sait pas vraiment à quoi s'attendre. On ne sait pas vraiment d'où ça vient. Je veux dire qu'un crash peut de toute façon arriver, même avec un Airbus A320. Il y a toujours des causes multiples, donc au début rien de spécial. Après avoir compris un peu les raisons du crash, j'ai eu là un petit peu de dégoût envers Boeing, parce que le problème était quand même connu, en tout cas de ce que l'on sait. C'est vrai que les choses qui en ont suivi ont prouvé que le problème était connu, que Boeing a laissé des avions voler avec un problème relativement grave sur des centaines de vols pendant tout de même un certain temps. J'avoue que ça dégoûte un petit peu de Boeing qui est l'un des constructeurs principaux. Il y a quand même Boeing et Airbus qui sont les deux leaders et venant d'une entreprise pareille c'est décevant.

Analyse de la perception

- 2. Le U.S. House Committee on Transportation and Infrastructure (le comité des transports et de l'infrastructure de la Chambre des États-Unis) a mené une enquête sur la conception, le développement et la certification du 737 MAX. Il a conclu entre autres que Boeing avait échoué dans la conception et le développement du MAX. Par ailleurs, le rapport indique que bon nombre des problèmes identifiés ne font pas exclusivement partie du 737 MAX, mais sont communs à d'autres programmes de Boeing (comme le 787 Dreamliner).**

Aujourd'hui, avez-vous confiance que Boeing fabrique des avions sûrs ? Diriez-vous que les événements entourant le 737 MAX ont changé votre perception de Boeing en tant que constructeur ? (De manière positive ou négative.)

Je pense que je reprendrais un Boeing sans problème. Ils ont quand même conçu des avions qui étaient relativement sûrs jusqu'à aujourd'hui. Après il ne faut pas se le cacher, je pense que tout aviateur a des côtés cachés. Un petit peu comme chaque entreprise ou chaque chose dans le monde. On ne sait pas forcément tout. La seule chose c'est qu'il y a eu malgré tout deux crashes qui ont laissé apparaître ces gros soucis. Je pense qu'ils ont été réglés depuis. Ils n'ont pas trop intérêt à avoir à nouveau un crash en lien avec quelque chose comme ça. Donc personnellement, je reprendrai sans peur Boeing. J'ai déjà pris une dizaine de fois des Boeing soit des 777, des 737 classique, ou des NG. J'ai tout de même confiance en Boeing. Ils ont échoué une fois, ce n'est pas pour autant qu'ils vont échouer tout le temps sur des soucis aussi graves que ceux-là. Je pense que tous les avions ont des petits défauts. Je veux dire que chaque vol, chaque avion a des petits soucis qui ne sont pas forcément majeurs. Il y a des procédures qui sont faites pour cela. Je pense que c'est pareil un peu pour tout. Sincèrement je n'ai aucun souci pour reprendre un Boeing. Voilà ma vision envers Boeing. Comme je l'ai dit sur le moment ça m'a dégoûté parce qu'il y a quand même eu 300 personnes qui sont mortes des suites des deux crashes par rapport à l'angle d'attaque (AoA : angle of attack). Sur le moment ça m'a dégoûté. Après je pense qu'on ne va pas non plus rester fixé là-dessus. Maintenant ils ont réglé le problème. Ils ont fait des efforts. Il faudra voir dans le futur ce que cela donne. C'est clair que si à nouveau des crashes se reproduisent et qu'on apprend que les problèmes étaient connus, là c'est clair et net que je remonterai plus dans un Boeing. Cependant ça m'étonnerait énormément qu'un leader de l'aviation

comme Boeing recache des choses importantes et relaisse voler des avions qui peuvent mettre les gens en danger.

- 3. Il a été révélé que Boeing disposait de données d'essais internes de ses propres pilotes décrivant une activation erronée du MCAS comme catastrophique. Pourtant, les pilotes n'ont pas été mis au courant du MCAS et, par conséquent, aucune formation n'était requise.**

Selon vous, Boeing communique-t-il toutes les informations pertinentes aux pilotes ? Que pensez-vous du rationnel de Boeing pour ne pas expliquer MCAS : Boeing indique qu'il ne voulait pas brouiller les pilotes avec des informations inutiles ?

Au niveau de Boeing, ne pas communiquer quelque chose d'aussi important c'est clairement une monstrueuse erreur. C'est une honte. C'est quand même le MCAS. C'est un système qui permet à l'avion, on va dire entre guillemets, d'éviter de décrocher. C'est-à-dire qu'il y a une sonde d'angle d'attaque de chaque côté de l'avion et si cette sonde détecte que l'avion va décrocher par un angle d'attaque beaucoup trop important, elle va enclencher ce MCAS. L'avion par lui-même va mettre le nez en bas, le manche va partir en avant, l'avion va reprendre de la vitesse et il va ressortir du décrochage ou il va éviter à l'avion de décrocher. C'est quand même la chose la plus importante pour un pilote. Il s'agit quand même d'un décrochage. C'est clair que si l'on n'explique pas qu'à un moment donné il va se passer tel et tel chose et qu'il faut effectuer telle ou telle action pour désactiver ce mode. Ou tout simplement même pas comme c'est arrivé le mode s'active sans raison. Il faut quand même être au courant ou savoir comment le désactiver. Le souci est qu'aucun pilote n'était au courant qu'il y avait ce système sur l'avion. C'était principalement au constructeur à mon avis de le dire aux pilotes. Deuxièmement, les pilotes ne savaient pas comment le désactiver si par hasard il s'enclenchait. C'est ce qui s'est passé avec les deux avions qui se sont crashés. Parce que s'ils avaient eu l'information les deux avions qui sont crashés et ne se seraient jamais crashés. Les pilotes auraient désactivé ce mode. Ils auraient pu reprendre plus ou moins le contrôle de l'avion et je pense et je dis bien je pense ne pas se crasher. Cela a tout de même coûté un crash à deux avions. Au niveau des pilotes, je pense que personne n'était au courant de cela. Peut-être certains passionnés qui ont un petit peu regardé la construction du nouveau 737 MAX étaient au courant. Cela n'explique cependant pas comment sortir de ce mode. Si personne n'explique la procédure qui est quand même assez complexe. Il n'y a pas cette procédure sur un 737 normal donc impossible de savoir comment faire. Le système pensait que l'avion était en train de

décrocher alors que pas du tout. Il était tout à fait dans une phase de vol normal. Le seul bémol c'est que l'angle d'attaque pensait que l'avion était en train de décrocher. Du moment où cet angle d'attaque détecte cela, il n'est plus possible d'en sortir. C'est quelque chose d'électronique, c'est un système et c'est comme un ordinateur. Si l'ordinateur plante et qu'il est lié à quelque chose comme un anti-décrochage sur un avion, on ne peut plus rien faire. La seule solution est de désactiver le système, mais encore faut-il être au courant qu'il y a un système et personne n'était au courant. Les pilotes ont dû se dire mais qu'est-ce qui se passe. On est en train de descendre. Sans comprendre le pourquoi du comment. Alors que l'avion n'avait rien du tout. Je veux dire l'avion n'était pas en train de décrocher. L'avion n'avait rien. Il est juste tombé parce qu'il avait un système qui a mal fonctionné et parce que personne n'était au courant que ce système avait été installé. Pour un avionneur c'est une honte de ne pas communiquer cela aux pilotes. Chaque pilote a une formation qui dure entre 4 et 6 semaines sur un nouvel avion. Cette formation est justement faite pour voir toutes les particularités de l'avion, tout ce qui pourrait arriver en gros de plus grave et comment s'en sortir. Ce n'est pas une procédure qui va brusquer les pilotes, qui va les déranger ou qui va les embrouiller. C'est une procédure comme une autre. C'est un switch, enfin c'est deux petits boutons où il faut appuyer. A mon avis, c'était juste clairement pour éviter de parler de ce système étant donné qu'ils savaient que le système était défectueux. Ils ont essayé de cacher cela le plus longtemps possible jusqu'à ce que malheureusement l'avion ne se crashe. Après le premier crash, ils ont toujours continué de voler donc en soi ça n'a pas alerté qui que ce soit. L'avion aurait déjà dû être cloué au sol après le premier crash dans la mer de Java, mais ils ont continué de voler jusqu'à ce qu'il y en ait un 2^{ème} qui se crashe. Ils l'ont cloué au sol parce que là ça a fait le tour du monde. Ils se sont dit bon voilà on est vraiment dans la *****. On va clouer au sol tous les avions. Cependant, ils auraient déjà dû être cloués au sol après le premier crash. Ça a été une grosse erreur de les laisser voler.

Partie III : FAA et EASA en tant que régulateurs

Mesure de la sensibilisation

4. La FAA est le régulateur américain de l'aviation et l'EASA son homologue européen.

Avec votre expérience professionnelle, constatez-vous des différences ou des similitudes entre les deux régulateurs ? En cas de différences, pouvez-vous les expliquer et donnez votre opinion sur ces divergences ?

Personnellement je n'ai jamais volé aux Etats-Unis. Par contre, je sais qu'il y a quand même de grosses différences entre l'Europe et les Etats-Unis, entre l'EASA et la FAA. Je ne suis pas un expert dans ce sujet. Par contre, par mon expérience je dirais que la plus grande différence est la formation. En Europe, on est beaucoup plus axé sur la formation théorique que pratique. A l'inverse aux Etats-Unis, ils sont plus focalisés sur la formation pratique que théorique, ce qui est pour moi la meilleure méthode. En Europe, on a quand même pas mal de pilotes qui se retrouvent dans un avion parce qu'ils sont de bons mathématiciens ou de bons physiciens. Ils ont une bonne faculté à apprendre de la théorie en peu de temps. Selon moi, ce n'est pas cela qui fait un bon pilote. On peut avoir quelqu'un qui est mauvais en maths, mauvais en physique, mais qui pilote un avion parfaitement. Aux Etats-Unis, il y a beaucoup plus de pratique qu'ici. C'est-à-dire qu'ils vont plus se baser sur la manière de piloter de la personne, sur une formation pratique. La théorie va consister en deux trois petits modules. Ils vont faire des entretiens, des examens sous forme d'entretiens vocaux. Ils vont ensuite plus se focaliser sur la pratique. Selon moi, c'est une manière beaucoup plus logique de faire les choses que la nôtre. Je pense que c'est pour cette raison que typiquement – je ne veux critiquer personne – si l'on regarde les crashes qu'on a eu en Europe, que ce soit l'Air France Rio-Paris ou même d'autres crash, cela relève d'éléments basiques. Un avion va décrocher. On lui rend la main, on pousse le manche et on sort d'un décrochage. Cela ne prend pas plus de cinq secondes. Cependant ça n'a pas été fait alors que l'avion a décroché pendant quatre minutes, car on a pris des pilotes qui ont fait l'ENAC, l'école d'aviation en France. Des pilotes qui étaient certainement très bons en théorie, pour apprendre pas mal de choses, mais finalement en pratique ils n'avaient pas énormément d'expérience. Cela a quand même coûté la vie à des gens et ce n'est pas le premier ni le dernier des crashes qui arrive comme cela. On aurait clairement pu les éviter si la personne avait plus d'expérience pratique, si la personne était douée au niveau de l'aviation plus qu'en théorie. Il s'agit de ma vision. Au niveau de la théorie pratique, c'est vraiment connu qu'aux Etats-Unis ils sont beaucoup plus axés pratique

que nous ici en Europe. On a énormément de modules théoriques à passer. Il suffit qu'on en échoue un ou deux durant trois ou quatre sessions et on doit recommencer à zéro. De ce fait là, pas mal de monde abandonne, arrête l'aviation. On passe à côté justement de personnes qui sont extrêmement douées, mais qui ne peuvent pas faire ce travail parce que on leur demande de passer une théorie de physiciens, une théorie de de médecins, une théorie de d'avocats. En fait, on a tout à faire. On a de la médecine, on a de la mécanique donc ce n'est pas vraiment basé sur l'avion lui-même. C'est basé sur beaucoup d'autres choses qui ne sont pas du tout liées à l'aviation. Finalement on va se retrouver dans un examen pratique où l'on va utiliser le un pourcent de ce que l'on a appris en théorie. Le souci de ça, c'est que des personnes qui ont une faculté d'apprentissage très haute vont arriver à passer leur théorie. Ils vont se retrouver dans l'avion. La pratique ils vont peut-être la passer de justesse. Ils vont avoir leur licence de pilote de ligne et se retrouver dans un avion. Cependant ce n'est pas pour autant qu'ils sont de bons pilotes. Au contraire, aux Etats-Unis comme je le disais c'est vraiment l'inverse. C'est-à-dire que si la personne n'est pas bonne en vol, si on voit qu'elle a de la difficulté à piloter un avion, on ne la laissera pas avoir sa licence de pilote de ligne. Chez nous c'est complètement l'inverse. C'est vraiment la différence majeure entre les deux.

Analyse de la perception

- 5. Pendant la phase de conception du 737 MAX, une formation de niveau B (une formation sans simulateur) était un impératif pour Boeing. Boeing « a souligné qu'il était important de rester ferme sur le fait qu'aucun type de formation sur simulateur ne serait nécessaire pour passer du NG au MAX. [Que] Boeing [ne permettrait] pas que cela se produise [et] qu'[il] [ferait] face à tout organisme de réglementation qui essaierait d'en faire une exigence ». Cependant, après le deuxième crash du 737 MAX et pendant son clouage au sol, Boeing a modifié ses propos et a rendu la formation sur simulateur obligatoire pour tous les pilotes du 737 MAX.**

Pensez-vous que la formation que reçoivent les pilotes pour voler sur le 737 MAX soit adéquate ? Que pensez-vous en particulier de l'accent mis par Boeing sur les similitudes entre le NG et le MAX par opposition aux différences entre les deux avions ?

Sincèrement, il s'agit du même avion. La seule chose qui change c'est les moteurs qui sont légèrement abaissés. En soi l'avion reste exactement le même c'est un 737 NG avec d'autres moteurs et un système en plus. La formation pour moi est clairement suffisante. D'ailleurs pour un pilote de 737 NG de voler un MAX même sans formation ne va strictement rien changer. Il volera de la même manière. La seule chose où on revient c'est le MCAS. Le système qui s'est rajouté en plus. La seule chose qu'il aurait fallu faire c'est mettre les pilotes dans un simulateur, les former à l'activation du MCAS et comment faire pour désactiver ce système. Personne n'a reçu cette formation. Il suffisait juste de cela. Il ne fallait pas reformer les pilotes parce que c'est la même qualification type. C'est un 737, donc il n'y a pas besoin d'en faire une. Par contre, vu qu'il y a des différences, il faut refaire une séance de simulateur justement pour voir ces différences. Selon moi la formation était suffisante, mais il manquait juste un cours en tout cas sur le MCAS et sur comment le désactiver.

Que pensez-vous de la FAA, qui lors de sa première décision a exigé une formation informatique de 2 heures pour les pilotes passant du NG au MAX, une diminution par rapport aux 16 heures que prévoyait Boeing ?

Pas forcément du mal, du moment pour moi où c'est clair. Si les pilotes savent comment désactiver ce système, je pense que c'est bon. Il n'y a rien de spécial à faire, après ça revient aux éléments de base. On désactive le MCAS, on pousse sur le manche, on récupère de la vitesse et on remet l'avion à plat. Mais au moins que les personnes soient au courant. Le problème avec l'iPad, c'est qu'on ne sait pas si les pilotes ont vraiment appris comment désactiver le système ou comment gérer les différences qu'il y a par rapport au 737 NG. Contrairement sur simulateur on effectue des contrôles. Si les contrôles sont signés, on est sûr que la personne sait comment sortir d'un certain mode. C'est un petit peu à double tranchant. Oui et non, parce que oui les pilotes ont pu se documenter, ont pu faire un cours sur un iPad après est-ce qu'on est vraiment sûr que les pilotes savent comment ça marche, je ne sais pas. Normalement une formation pour un nouveau modèle dure au maximum six semaines. En six semaines on sait clairement voler un avion. Pour commencer, il y a des cours théoriques où l'on apprend les systèmes électriques et hydrauliques de l'avion. A la fin, on passe un test théorique où l'on valide tout ce qu'on a appris. Ensuite on commence la pratique. On va apprendre

tout ce qui est par exemple le feu à bord, l'extinction d'un moteur, la panne moteur, enfin toutes les situations d'urgence possibles. Suivi d'un nouvel examen, mais pratique, dans le simulateur. Il y aura différentes pannes et on devra les gérer en équipage, donc à deux. Une fois ce deuxième examen réussi, on est qualifié sur l'avion. On peut voler l'avion pour une compagnie aérienne.

Partie IV : Le rôle des pilotes dans la sécurité publique

Mesure de la sensibilisation

6. Comment décririez-vous votre rôle dans la sécurité publique en tant que pilote ?

Honnêtement on n'y pense pas vraiment en-dehors de situations critiques. On est concentré sur autre chose, sur le pilotage. On ne pense pas vraiment aux passagers. Les gens qui disent qu'il y a une responsabilité de tant de personnes, c'est vrai, mais on n'y pense pas. Je veux dire c'est comme dans une voiture. Quand tu roules finalement tu as la responsabilité des gens qui sont à bord mais on ne se dit pas qu'on a leur vie entre nos mains. Finalement l'avion c'est pareil. Le seul moment où cela surgit, c'est lors d'un problème. Par exemple si on commence à avoir une panne moteur ou quelque chose de grave, on ressent le stress. On est alors la seule personne qui peut sortir de cette situation. Là oui on y pense, mais je dirais qu'on pense plus à l'avion et aux passagers qu'aux personnes au sol dans un premier temps. Lorsqu'on nous apprend les procédures d'urgence que ce soit sur un petit avion ou sur les avions de ligne, si l'on voit que l'on va se crasher, si l'on voit qu'on va devoir se poser quelque part, tout le monde le dira, les pilotes en premier, qu'ils essayeront absolument tout pour ne pas taper une zone où il y'a des gens où il y a des maisons ou une route. Nous on essayera un champ en priorité parce que on est formé à se poser dans des champs s'il y a un souci. Cela évite le risque de foncer dans quelqu'un ou quoi que ce soit. Deuxièmement, on essayera le lac ou l'eau. On ne va pas se mettre sur une autoroute comme on peut le voir dans des vidéos aux Etats-Unis où on peut voir des pilotes se poser sur une autoroute. C'est vraiment en dernier recours s'il n'y a pas d'autres possibilités. On va éviter vraiment de mettre les gens en danger. Un avion de ligne c'est pareil, il y a énormément de crash qui ont été évité en ville parce que les pilotes justement ont vu qu'ils allaient se crasher et sont restés au-dessus de l'eau pour faire des tests et se crasher malheureusement. Ou essayer d'éviter à la dernière minute une zone peuplée et puis se sont crasher à côté. Dans un premier temps, on va penser à l'avion, aux passagers et faire au mieux pour poser ou il n'y a personne. Malheureusement si on voit que c'est foutu de toute façon, c'est foutu on ne peut rien faire. Je dirais qu'on essaie de

maîtriser au maximum pour faire attention à tout ce qu'il y a autour, mais des fois malheureusement on n'a pas trop le choix. On doit indiquer le nombre de personnes à bord, tout simplement pour les services de secours. S'il y a 143 personnes à bord, il faut qu'une centaine d'ambulances viennent avec le matériel nécessaire. On demande aussi combien de fioul il y a à bord pour que les pompiers puissent savoir à peu près combien de fioul va arriver au sol si cela se passe mal.

Analyse de la perception

7. Diriez-vous que les incidents entourant le 737 MAX ont changé votre perception de votre rôle en tant que pilote en matière de sécurité publique ?

Non, pas trop, parce que je pense que ce qui est arrivé avec le 737 n'est pas du rôle du pilote. Ce n'est pas une erreur qui a causé le crash, c'est plus l'avion et malheureusement personne n'était maître de la situation. Après je pense que ça va plus changer la manière de concevoir l'avion par les constructeurs qu'autre chose. Mon avis est plus qu'au niveau des constructeurs il y a eu des changements, qu'il y a eu des réflexions. Cela a tout de même coûté la vie à beaucoup de personnes. Pour les pilotes de 737 MAX, c'est clair que cela a un petit peu rompu à mon avis la confiance qu'ils avaient avec la machine. Remonter dans un avion qui s'est quand même écrasé dû à un défaut de conceptions caché n'est pas forcément facile. Après il faut partir du principe que Boeing ne va pas non plus prendre le risque de recrasher un avion à cause d'un problème de conception. Si cela arrive, là je pense que Boeing on peut leur dire au revoir. Je pense que de ce fait là, Airbus et même toutes les autres sociétés de construction d'avions vont faire très attention à l'avenir pour ne pas avoir de défaut de conception caché. Si cela arrive à nouveau, je ne pense que ce ne sera pas comme ce qui est arrivé, je pense que le constructeur fera faillite. Je pense que c'est plus au niveau des constructeurs que cela a changé quelque chose, mais dans le bon sens honnêtement.

Appendix 5: Interview transcript with interviewee C

Interview date	April 28, 2021
Interviewer	Alexandra MEYLAN
Interviewee	3 years as an airline pilot
Interview conditions	By phone, recorded for the purpose of transcription

Partie I : Questions générales

1. Depuis quand êtes-vous pilote ?

Je suis pilote de ligne officiellement depuis décembre 2018. Je pilote des plus petits avions depuis 2011, cela fait dix ans.

2. Est-ce que vous avez déjà piloté un 737 MAX ? Est-ce que vous pilotez un autre type d'avion du constructeur Boeing ? (Si oui, lequel ou lesquels ?)

Non, jamais 737, ni un autre avion de Boeing, seulement Airbus.

Partie II : Boeing 737 MAX

Mesure de la sensibilisation

1. Quand avez-vous entendu parler pour la première fois des problèmes de sécurité lié au 737 MAX ? Quelles ont été vos premières réflexions ?

J'en ai entendu parler, si ma mémoire est bonne, avant les deux premiers crashes. Je savais en discutant avec d'autres pilotes qu'il y avait quelques problèmes par rapport à des systèmes. Honnêtement, je n'avais aucune idée de quel système il s'agissait et à quel point c'était plus ou moins grave par rapport à la situation. Mais oui, c'était un poil avant les deux crashes en fait quand ils ont vraiment commencé à soulever ce problème de sécurité. C'était quelques semaines avant mais c'était plus en termes de discussion. C'était des discussions qui ne concernait pas forcément le MCAS. En fait c'était plus par rapport à l'avion de manière générale. Après dès qu'il y a eu les crashes c'était plus spécifique et ça concernait uniquement ce système en particulier.

Analyse de la perception

- 2. Le U.S. House Committee on Transportation and Infrastructure (le comité des transports et de l'infrastructure de la Chambre des États-Unis) a mené une enquête sur la conception, le développement et la certification du 737 MAX. Il a conclu entre autres que Boeing avait échoué dans la conception et le développement du MAX. Par ailleurs, le rapport indique que bon nombre des problèmes identifiés ne font pas exclusivement partie du 737 MAX, mais sont communs à d'autres programmes de Boeing (comme le 787 Dreamliner).**

Aujourd'hui, avez-vous confiance que Boeing fabrique des avions sûrs ?

Pour moi, je dirai que oui malgré ces deux accidents qui n'en restent pas moins dramatiques. Je pense quand même que Boeing est un constructeur sûr. Dans ce cas-là en particulier c'est difficile de juger. En tout cas pour les autres avions que le 737 MAX je pense que ce sont des avions sûrs. Même si des systèmes peuvent avoir un certain point commun entre les avions, je pense que ça reste quand même des avions très sûrs.

Diriez-vous que les événements entourant le 737 MAX ont changé votre perception de Boeing en tant que constructeur ? (De manière positive ou négative.)

Forcément un peu oui parce que c'est vrai qu'en toute honnêteté je ne m'attendais pas à ce qu'il y ait autant de lacunes pour un constructeur aérien, surtout tel que Boeing. C'est vrai que machinalement ça a forcément un peu changé mon opinion par rapport à Boeing. Plus de la déception en fait. Je pense surtout à la mauvaise publicité en fait que ça a fait au constructeur. Forcément moi ça m'a un peu touché parce que c'est quand même deux accidents majeurs. Ça m'a un peu impacté. Je pense qu'en ce moment si réellement ils ont fait les efforts nécessaires et que maintenant l'avion est réellement certifié, je pense que la courbe va s'inverser. Je pense que mon opinion changera dans les mois ou les années qui viennent, ça je n'en doute pas.

- 3. Il a été révélé que Boeing disposait de données d'essais internes de ses propres pilotes décrivant une activation erronée du MCAS comme catastrophique. Pourtant, les pilotes n'ont pas été mis au courant du MCAS et, par conséquent, aucune formation n'était requise.**

Selon vous, Boeing communique-t-il toutes les informations pertinentes aux pilotes ?

Pour faire le parallèle un peu avec Airbus, dès qu'Airbus décèle un changement sur un système ou dès qu'il soulève des questions concernant un système ou un avion en particulier, ils en informent en théorie toutes les compagnies aériennes qui possèdent cet avion. Ensuite les compagnies aériennes sont censées informer leurs pilotes via les programmes de formation qui sont régulièrement mis en place par les compagnies.

Que pensez-vous du rationnel de Boeing pour ne pas expliquer MCAS : Boeing indique qu'il ne voulait pas brouiller les pilotes avec des informations inutiles ?

Je trouve que c'est une excuse qui est peu valable. Dans le sens où pour moi toute information doit être transmise même si l'information peut paraître dérisoire ou peu importante. Par exemple dans ma compagnie, chaque avion a des options, un peu comme dans une voiture, et bien qu'ils se ressemblent, chaque avion est différent et chaque système est différent. C'est pour cette raison que je pense que toutes les informations qui sont différentes d'un avion à un autre doivent être spécifiées et annoncées par Boeing à toutes les compagnies et à tous les pilotes. Je pense que c'est indispensable.

Partie III : FAA et EASA en tant que régulateurs

Mesure de la sensibilisation

4. La FAA est le régulateur américain de l'aviation et l'EASA son homologue européen.

Avec votre expérience professionnelle, constatez-vous des différences ou des similitudes entre les deux régulateurs ? En cas de différences, pouvez-vous les expliquer et donnez votre opinion sur ces divergences ?

J'ai eu peu à faire à la FAA pour être honnête. J'ai principalement travaillé en Europe, donc je n'ai pas forcément affaire aux autorités américaines. Je sais surtout principalement que la FAA sur le papier est moins stricte que l'EASA en termes de régulation de manière générale. Dans leurs programmes de formation et même dans leur manière de fonctionner, ils sont beaucoup plus axés sur la pratique que sur de la théorie ou les lois. A l'américaine entre guillemets c'est vraiment si ça marche, ça marche. Alors qu'à l'européenne ça sera beaucoup plus en suivant du droit aérien, en suivant des réglementations tout simplement. De ce que j'en ai tiré, c'est beaucoup plus théorique en Europe est beaucoup plus pratique aux Etats-Unis.

Analyse de la perception

5. Pendant la phase de conception du 737 MAX, une formation de niveau B (une formation sans simulateur) était un impératif pour Boeing. Boeing « a souligné qu'il était important de rester ferme sur le fait qu'aucun type de formation sur simulateur ne serait nécessaire pour passer du NG au MAX. [Que] Boeing [ne permettrait] pas que cela se produise [et] qu'[il] [ferait] face à tout organisme de réglementation qui essaierait d'en faire une exigence ». Cependant, après le deuxième crash du 737 MAX et pendant son clouage au sol, Boeing a modifié ses propos et a rendu la formation sur simulateur obligatoire pour tous les pilotes du 737 MAX.

Pensez-vous que la formation que reçoivent les pilotes pour voler sur le 737 MAX soit adéquate ? Que pensez-vous en particulier de l'accent mis par Boeing sur les similitudes entre le NG et le MAX par opposition aux différences entre les deux avions ?

Pour moi, je pense que ça reste quand même deux avions très similaires malgré le fait qu'il y ait des systèmes qui sont différents. Ce sont quand même deux avions qui sont encore une fois vraiment similaires. Pour moi une séance sur simulateur ne serait pas forcément obligatoire. A titre de comparaison, un pilote d'Airbus A330 peut aussi voler avec un Airbus A350. Ce sont quand même deux avions différents, mais c'est possible suite à une formation de quelques heures. Honnêtement, je ne me souviens plus des chiffres. Je sais que c'est quelques heures ou quelques jours au sein de la compagnie. Je sais que cela se fait. Honnêtement je pense que c'est suffisant et qu'il n'y a pas forcément besoin non plus de simulateur pour passer du NG au MAX. Après voilà il y a peut-être un accent à mettre sur tel ou tel système. Pour moi un passage au simulateur n'est pas forcément nécessaire. Je pense qu'en fonction des compagnies aériennes une simple formation de quelques heures qu'elle soit sur un iPad ou dans une classe ou par tout autre moyen, je pense que c'était amplement suffisant.

Que pensez-vous de la FAA, qui lors de sa première décision a exigé une formation informatique de 2 heures pour les pilotes passant du NG au MAX, une diminution par rapport aux 16 heures que prévoyait Boeing ?

Deux heures, comme ça je trouve ça un peu limite quand même. C'est vrai que j'ai l'habitude de faire pas mal de cours moi-même dont des refreshs chaque année sur Airbus. Deux heures pour apprendre de nouveaux systèmes comme ça sur le papier là je trouve ça un peu light. Vraiment je trouve ça un peu léger. Après peut-être qu'en pratique ça se fait et que c'est finalement suffisant. Mais j'aurais quand même dit quelques heures, voire quelques jours de classe ou de cours informatisés pour vraiment voir de quoi il s'agit.

Partie IV : Le rôle des pilotes dans la sécurité publique

Mesure de la sensibilisation

6. Comment décririez-vous votre rôle dans la sécurité publique en tant que pilote ?

Le rôle du pilote dans la sécurité de l'avion est quand même très important dans la phase de pilotage. Après forcément en amont du pilotage, si l'on prend l'aspect un peu ingénierie c'est vrai que la sécurité est aussi ultra importante. Je pense que c'est eux qui font la majeure partie du travail en fabriquant nos avions. Après dans le fonctionnement de l'avion je pense qu'on a un rôle quand même très important que ce soit par la prise de décision ou l'anticipation. Les pilotes ont un grand rôle dans la sécurité aérienne.

Analyse de la perception

7. Diriez-vous que les incidents entourant le 737 MAX ont changé votre perception de votre rôle en tant que pilote en matière de sécurité publique?

Oui ces incidents ont quand-même changé ma perception. Je pense qu'on s'est tous forcément un peu remis en question dans l'industrie. On a beau être aux commandes, on a beau croire savoir ce que l'on fait, potentiellement derrière un ordinateur, un système qu'on ne connaît pas sur le bout des doigts, peut nous échapper, peut gravement nous mettre en danger. C'est vrai qu'on a forcément une sorte de prise de conscience par rapport à notre place dans l'avion, comment on pourrait réorganiser la prise d'information par la compagnie aérienne, par les constructeurs afin que ça soit encore plus sûr. Personnellement, oui ça m'a forcément impacté. Ça m'a poussé à m'améliorer, à m'intéresser encore plus en profondeur aux systèmes qui sont quand même très compliqués. En tant que pilote même si on connaît notre avion, c'est vrai qu'il

y a aussi beaucoup de problèmes d'ingénieurs qui parfois nous échappent. C'est vrai que ça nous a vraiment forcé à plonger encore plus dans les détails de nos avions pour qu'ils soient vraiment plus surs.

Question additionnelle : L'industrie de l'aviation a énormément évolué ces dernières années. EasyJet est un très bon exemple de quelque chose qui était encore complètement inimaginable pour nos parents à l'époque. Il y a de plus en plus de pilote automatique pas forcément seulement en Europe, mais aussi dans d'autres parties du monde.

Est-ce que vous pensez que l'industrie va évoluer dans le sens où il y aura de plus en plus de systèmes automatiques dans les avions - comme on en parle aussi dans les voitures, des voitures qui vont se conduire toute seule. Quel sera le rôle du pilote dans cette nouvelle industrie ou est-ce que justement suite par exemple au cas du 737 MAX on va repenser un peu la direction dans laquelle on va ?

On a vu depuis les années septante c'est vrai qu'il y a une informatisation, une automatisation des avions. On est passé de trois pilotes à deux pilotes d'aujourd'hui. Je pense honnêtement que via ce qu'on fait encore tous les jours il y a encore beaucoup trop de problèmes dans l'équation pour retirer les pilotes. Pour moi c'est encore bien trop obligatoire d'avoir des pilotes. Après je pense que les systèmes continueront d'être automatisés, continueront d'être encore plus améliorés qu'ils ne le sont aujourd'hui. Alors forcément ça rendra peut-être l'avion encore plus automatisée, plus économe. En tout cas actuellement c'est impossible selon moi de retirer des pilotes d'un poste de pilotage. C'est quand même un énorme débat dans le milieu. Certains disent que c'est une question de société où les gens à qui on aurait dit il y a 10 ans : ta voiture conduira toute seule sur l'autoroute. Je pense que c'était compliqué. Aujourd'hui ça se fait de plus en plus. Je pense que c'est vraiment petit à petit que les choses se font. Après pour un avion c'est quand même plus compliqué, c'est quand même beaucoup de vies qui sont en jeu. On n'est pas sur terre, donc c'est quand même très hostile. Je pense que ça changera avec le temps et que les avions seront encore plus automatisés qu'ils ne le sont aujourd'hui. Cependant, je ne suis pas sûr de voir dans ma carrière - et pourtant j'ai 26 ans donc je suis encore assez jeune - je ne suis même pas sûr de voir dans ma carrière des avions sans pilote. Peut-être que je me trompe, je ne suis pas devin mais en tout cas je ne le pense pas.

Appendix 6: Interview transcript with interviewee D

Interview date	April 29, 2021
Interviewer	Alexandra MEYLAN
Interviewee	9 years as an airline pilot Instructor in the company
Interview conditions	By phone, recorded for the purpose of transcription

Partie I : Questions générales

1. Depuis quand êtes-vous pilote ?

J'ai commencé la formation de pilote d'avion en 2012 et pilote de planeur depuis 2003.

2. Est-ce que vous avez déjà piloté un 737 MAX ? Est-ce que vous pilotez un autre type d'avion du constructeur Boeing ? (Si oui, lequel ou lesquels ?)

Non, uniquement sur simulateur, sur le 737 NG.

Partie II : Boeing 737 MAX

Mesure de la sensibilisation

1. Quand avez-vous entendu parler pour la première fois des problèmes de sécurité lié au 737 MAX ? Quelles ont été vos premières réflexions ?

Je pense comme tout le monde après le premier crash qui était le crash en Indonésie de Lion Air. Je pense comme tout le monde qu'on s'est dit que les Indonésiens plantent un avion toutes les deux semaines. Du coup les Indonésiens ont fait n'importe quoi comme d'habitude. Je pense que tout le monde a pensé ça. Ça ne m'a même pas traversé l'esprit initialement en tout cas qu'il puisse y avoir un problème avec l'avion. En tout cas je pense qu'il n'y a personne qui a pensé ça au premier abord à mon avis.

Analyse de la perception

2. Le U.S. House Committee on Transportation and Infrastructure (le comité des transports et de l'infrastructure de la Chambre des États-Unis) a mené une enquête sur la conception, le développement et la certification du 737 MAX. Il a conclu entre autres que Boeing avait échoué dans la conception et le développement du MAX. Par ailleurs, le rapport indique que bon nombre des problèmes identifiés ne font pas exclusivement partie du 737 MAX, mais sont communs à d'autres programme de Boeing (comme le 787 Dreamliner).

Aujourd'hui, avez-vous confiance que Boeing fabrique des avions sûrs ?

Oui. J'ai alors effectivement confiance aujourd'hui parce que déjà Boeing est dans une situation qui est extrêmement critique. Ils sont soutenus politiquement et financièrement à l'infini, ça c'est clair. Ils sont vraiment too big to fail et je pense que rien ne me donnera tort à ce sujet-là. Mais ce qui est clair aussi c'est que la FAA a une perte de crédibilité qui sera extrêmement coûteuse pour Boeing et qui sera extrêmement coûteuse pour toute l'aéronautique américaine. C'est-à-dire que maintenant c'est clair on l'a bien vu sur plusieurs sujets, avant si la FAA disait quelque chose c'était comme une parole d'Evangile. Aujourd'hui ce n'est vraiment plus le cas et cela va coûter extrêmement cher à Boeing. Au lieu de faire un processus de certification - beaucoup de choses étaient alignées en fait - si la FAA certifiait quelque chose la EASA disait ok nous, ça nous va. Aujourd'hui ce n'est plus vraiment le cas. La confiance reviendra, mais le niveau d'analyse de la part des autorités à travers le monde augmentera, car l'on sait que les produits Boeing et les produits américains n'auront jamais été autant éplucher, épingle et triturer qu'aujourd'hui. Moi je n'ai pas de problème de confiance par rapport à Boeing parce que là ils jouent sur une corde qui est tellement fine que s'il y a un autre problème ça va vraiment être la catastrophe. Maintenant ils n'ont plus le choix que d'être parfaitement irréprochables pour les cinq à dix prochaines années. Puis après probablement qu'ils retomberont dans le même travers. Car dans l'industrie ils n'ont pas vraiment l'habitude de prendre en compte le très long terme, surtout politiquement en tout cas. Après on verra l'industrie. Oui, moi j'ai entière confiance dans les produits Boeing aujourd'hui surtout que maintenant on le voit dès qu'il y a le moindre problème cela fait toutes les unes des médias. Il y a eu un problème électrique sur les 737 MAX qui est un problème relativement mineur accessoirement et on en entend parler partout. Boeing est à un niveau de surveillance qui est tellement élevé qu'ils ne peuvent vraiment plus se permettre quoi que ce soit. Et la FAA non plus parce qu'eux aussi ils sont beaucoup sous les projecteurs. Moi j'ai entière confiance, je n'aurais aucun problème à voler sur un 737 MAX.

Diriez-vous que les événements entourant le 737 MAX ont changé votre perception de Boeing en tant que constructeur ? (De manière positive ou négative.)

Oui la perception de Boeing a changé assez fondamentalement en tout cas pour moi. C'est clair que ça avait été des produits auxquels il n'y avait jamais eu le moindre doute même à travers la saga du 787 où il y avait quand même une quantité de problème phénoménal. On a un petit peu oublié maintenant mais le 787 ça avait été un petit peu

la catastrophe aussi pour plein de raisons qui sont commune à toutes les industries pratiquement aujourd'hui. L'outsourcing qui a été décrit comme quelque chose de magique et résolvant tous les problèmes mais ce n'est absolument pas le cas. Donc c'est vrai que malgré les problèmes du 787 Boeing avait une excellente image. Cette image, Boeing l'a perdue c'est clair, parce qu'aujourd'hui il y a eu 737 MAX qui a sauté à la figure de tout le monde, puis surtout il n'y a plus un seul de leurs programmes qui tourne correctement. Le 787 a encore des problèmes de structure dans les composites. Le KC-46 est une catastrophe depuis le début, mais c'est un programme militaire alors ça passe un petit peu sous le radar. C'est clair que l'image de Boeing a été extrêmement écornée d'autant plus que non seulement eux ont fait clairement n'importe quoi mais la FAA a approuvé le tout. C'est un peu le duo entre les deux qui est extrêmement problématique. De remettre en cause la crédibilité de la FAA ça c'est quelque chose que je n'aurais jamais imaginé. Après, il y a tout un volet politique derrière qui fait que la crédibilité de la FAA a été perdue alors que c'était quelque chose que j'aurais difficilement pu imaginer un jour.

3. Il a été révélé que Boeing disposait de données d'essais internes de ses propres pilotes décrivant une activation erronée du MCAS comme catastrophique. Pourtant, les pilotes n'ont pas été mis au courant du MCAS et, par conséquent, aucune formation n'était requise.

Selon vous, Boeing communique-t-il toutes les informations pertinentes aux pilotes ? Que pensez-vous du rationnel de Boeing pour ne pas expliquer MCAS : Boeing indique qu'il ne voulait pas brouiller les pilotes avec des informations inutiles ?

Il s'agit d'un équilibre du point de vue des constructeurs qui n'est vraiment pas du tout propre à Boeing. C'est clair que nous on ne nous dit pas tout sur l'avion et c'est normal et c'est souhaitable parce qu'on a déjà environ 5'000 pages de documentation. On n'est pas sensé tout savoir par cœur, mais on connaît quand même bien une partie non négligeable. Donc c'est normal qu'on ne nous dise pas tout sur l'avion. Je ne suis pas étonné de ça et ça perdurera dans la durée et ça ne peut que perdurer. Ce sont des avions qui sont en réalité tellement complexes qu'il y a beaucoup d'information avec lesquelles on ne saurait pas quoi faire. En fait ce qu'il faut avoir en tête c'est notre expression de pilote : on dit toujours que les docs sont écrites par les avocats. Je pense que globalement c'est vrai. Conceptuellement en tout cas c'est clair que c'est vrai. C'est qu'est-ce que les pilotes ont besoin de savoir, quelles sont les choses sur lesquelles ils peuvent agir ? Prenons l'exemple du MCAS. Ok, on aurait dit aux pilotes qu'il y a le

MCAS soit. Le système est mal conçu, clairement il y a un gros problème fondamental. Airbus s'est fait avoir il y a quelques années avec un système beaucoup plus redondant. Le A320 a trois sondes d'incidence et déclenche des comportements autoritaires basés sur un accord, un vote donc deux sondes qui sont d'accord activent la protection. Airbus a déjà eu ses incidents qui auraient pu être extrêmement graves. Par conséquent Airbus était parfaitement au courant. Donc Boeing était parfaitement au courant, impossible d'argumenter le contraire. Le problème est pour moi pas tellement dû au fait que c'était caché des pilotes parce qu'il y a plein de choses qu'on ne sait pas et même la plupart des choses qu'on ne sait pas, mais c'est normal. Ce qui n'est pas correct, ce qui est inadmissible, c'est que le régulateur n'a pas été mis au courant. Et que le régulateur ait accepté un système comme celui-là. Pour moi si le MCAS avait été conçu correctement, c'est-à-dire basé sur un vote, donc deux sondes qui doivent être d'accord, je n'aurais pas eu de problème avec cela et on n'en aurait jamais entendu parler à mon avis. Il y en a plein de systèmes comme ça dans l'avion et c'est normal. Je ne suis pas choqué que ça n'y soit pas, mais je suis choqué que le régulateur n'ait pas dit que ce système est mal conçu. C'est toujours facile de dire que c'était évident après, mais là étant donné les incidents très graves qui ont lieu sur Airbus avant, sur des avions qui sont bien mieux conçus en termes d'architecture électronique parce qu'ils sont beaucoup plus récents. C'est finalement le problème du MAX, c'est ça le problème, c'est que c'est un trop vieil avion. La conception du MCAS était inexcusablement peu fiable.

Partie III : FAA et EASA en tant que régulateurs

Mesure de la sensibilisation

4. La FAA est le régulateur américain de l'aviation et l'EASA son homologue européen.

Avec votre expérience professionnelle, constatez-vous des différences ou des similitudes entre les deux régulateurs ? En cas de différences, pouvez-vous les expliquer et donnez votre opinion sur ces divergences ?

Il y a beaucoup de différence entre la FAA et l'EASA. C'est un peu deux modèles qui s'opposent, mais qui sont finalement assez complémentaires. Moi, j'ai une licence FAA aussi, qui est basée sur ma licence européenne. J'ai déjà volé là-bas. Il y a un certain nombre de différences. Il faut savoir quand même que ce nombre de différences va se réduire de plus en plus. Les autorités se rejoignent dans une sorte de milieu. Après il y a pas mal de pays comme par exemple le Canada qui eux sont un peu entre les deux. Les autorités de manière mondiale sont en train de trouver un terrain d'entente au milieu.

Ce terrain d'entente est en train de se réduire. Ils sont en train de converger de plus en plus vers quelque chose. Avant aux Etats-Unis, il y avait beaucoup de particularités. Par exemple, les plans de vols aux Etats-Unis avaient leur propre format alors que maintenant ils sont standardisés. En termes de radiologie, on avait pas mal de différences et ils sont en train de se standardiser et ainsi de suite. Pareil pour l'Europe par exemple au niveau des certificats médicaux, l'Europe est très restrictive, mais elle est en train de s'ouvrir en voyant ce que la FAA a fait. Lorsque les gens voient que cela fonctionne, il y a une convergence. Oui, il y a beaucoup de différences entre les deux. En termes de maintenance aéronautique par exemple la FAA est beaucoup plus permissive sur tout ce qui est petit avion en aviation non-commercial. L'EASA est beaucoup moins permissive, mais quand même, au fur et à mesure du temps, très doucement, on est en train de converger. On voit que la FAA est plus permissive sur tel ou tel point et que cela ne pose pas de problème. Car c'est la réalité. Par conséquent, l'EASA se dit bon si la FAA fait comme ça et ça marche, pourquoi est-ce que nous on ne convergerait pas doucement. Oui, il y a beaucoup de différences, mais quand même il y a un terrain d'entente. C'est en train de converger au fur et à mesure.

Analyse de la perception

- 5. Pendant la phase de conception du 737 MAX, une formation de niveau B (une formation sans simulateur) était un impératif pour Boeing. Boeing « a souligné qu'il était important de rester ferme sur le fait qu'aucun type de formation sur simulateur ne serait nécessaire pour passer du NG au MAX. [Que] Boeing [ne permettrait] pas que cela se produise [et] qu'[il] [ferait] face à tout organisme de réglementation qui essaierait d'en faire une exigence ». Cependant, après le deuxième crash du 737 MAX et pendant son clouage au sol, Boeing a modifié ses propos et a rendu la formation sur simulateur obligatoire pour tous les pilotes du 737 MAX.**

Pensez-vous que la formation que reçoivent les pilotes pour voler sur le 737 MAX soit adéquate ? Que pensez-vous en particulier de l'accent mis par Boeing sur les similitudes entre le NG et le MAX par opposition aux différences entre les deux avions ?

Alors là je manque d'expérience sur les points de détail de fonctionnement entre les deux avions. Ce qui est sûr c'est que Boeing en disant qu'il n'y a pas besoin de formation entre le NG et le MAX n'a rien inventé. C'est quelque chose de tout à fait normal, qui existait déjà avant entre différents modèles notamment le 57 et

67. Airbus a également sorti le NEO et la quantité de différence entre le 320 classique et le 320 NEO n'est pas énorme. Elle est similaire au nombre de différences entre le NG et le MAX à ma connaissance. Pour être honnête, nous entre le 320 classique et le 320 NEO on a pratiquement eu zéro formation. Il y a une feuille A4 même pas recto-verso de différence entre les deux. Il n'y a rien à faire en fait. Est-ce qu'il y a des choses qui ont changé ? La réponse est oui. Il y a beaucoup de petites différences, des trucs qui sont enfouis dans la documentation. Il y a des trucs qui ne sont pas marqués dans la documentation et qui sont assez différents, mais les gens s'en rendent compte au fur et à mesure. Boeing n'a pas eu tort à mon avis de dire qu'il y avait très peu de différences. La présentation sur l'écran effectivement, une session de trucs à deux balles sur l'ordinateur ça suffit. Cela ne me choque pas. Si l'on supprime le problème du MCAS, je ne suis pas choqué qu'il y ait peu de formation. Ce qu'il faut savoir c'est qu'au jour d'aujourd'hui les compagnies aériennes sont très réticentes à faire de la formation. C'est vraiment tout au strict minimum. Donc cela ne me choque pas par rapport aux autres formations que l'on fait actuellement.

Que pensez-vous de la FAA, qui lors de sa première décision a exigé une formation informatique de 2 heures pour les pilotes passant du NG au MAX, une diminution par rapport aux 16 heures que prévoyait Boeing ?

Est-ce que dans un monde idéal, je ferais comme cela ? Non, évidemment pas. Par rapport aux autres acteurs de l'industrie cela ne me choque pas. Est-ce que c'est idéal ? Non. Est-ce que c'est considéré comme sûr par les autres ? Comme je l'ai dit entre le 320 et le NEO, il n'y a aucune formation obligatoire. Il n'y a même pas de module informatique. Il n'y a pratiquement rien. C'est juste une feuille A4 de rappel de différences de quelques valeurs. Cela ne me choque pas trop. Honnêtement, moi seize heures je trouve ça beaucoup. Après est-ce que deux heures ce n'est pas assez ? Pour être honnête, ces formations sur ordinateur, ce n'est quand même vraiment pas terribles. Donc en deux heures il y a le temps de retenir et pas de passer dans le mode « vas-y, j'en ai marre » next, next, next. On garde mieux l'attention des gens sur deux heures. Il faut à mon avis mettre mois d'information sur deux heures que les gens retiendront. C'est mieux que de faire seize heures au cours desquelles les gens ne retiendront pas grand-chose, c'est trop long. D'un point de vue pédagogique, je suis instructeur en

compagnie, cela ne me choque pas plus. Et quand je compare à ce que l'on a eu pour le NEO, nous on a eu zéro. Il n'y a pas de module de formation. Il n'y a rien.

Partie IV : Le rôle des pilotes dans la sécurité publique

Mesure de la sensibilisation

6. Comment décririez-vous votre rôle dans la sécurité publique en tant que pilote ?

Nous on a un rôle essentiel. On est vraiment en première ligne. Notre métier c'est la gestion des risques. Il s'agit de quelque chose que l'on apprend en tant que pilote de manière je pense un peu indirecte. Si l'on parle de gestion du risque aux pilotes cela ne leur dit pas grand-chose. Mais en fait c'est vraiment notre quotidien. On voit que c'est quelque chose qui est complexe. En cette période de COVID tout est une gestion de risques. On remarque que beaucoup sont vraiment perdu par rapport à cela. On voit que la gestion des risques est quelque chose de complexe. Ça c'est notre métier vraiment la gestion de risques. Après on n'est pas les seuls là-dedans évidemment le personnel au sol est tout autant que nous en première ligne. Mais c'est clair que nous ont fait partie des opérateurs de première ligne de sécurité aérienne, c'est une évidence. C'est pour ça que toute cette histoire d'avion mono-pilote ou sans pilote, ça ne reste même pas un rêve mais un concept - pour faire je ne sais pas trop quoi d'ailleurs - parce que toute cette gestion de risques n'est absolument pas informatisable.

Analyse de la perception

7. Diriez-vous que les incidents entourant le 737 MAX ont changé votre perception de votre rôle en tant que pilote en matière de sécurité publique?

Non, cela ne change rien pour moi. Ça a toujours été clair. C'est vrai qu'en tant que pilote on accepte toujours que toute la sécurité n'est pas entre nos mains. Nous ne sommes qu'un acteur parmi beaucoup d'autres. J'ai parlé du personnel au sol mais c'est clair que le régulateur a un rôle fondamental dans la gestion de la sécurité aérienne. Les constructeurs aussi. C'est une chaîne et on est aussi fort que le maillon le plus faible. Parfois le maillon le plus faible c'est nous. C'est clair de manière juste ou pas c'est souvent ça qui est pointé du doigt. Ce n'est souvent pas très juste, mais bon pas grave. Là c'était le régulateur et le constructeur qui ont été les maillons faibles. C'est une réalité de ce métier que nous pilotons un avion qui est un système complexe dans un

environnement qui est complexe et que l'on ne maîtrise pas tout. On a toujours la possibilité que l'avion ait un problème et qu'on doive se débrouiller.

Appendix 7: Interview transcript with interviewee E

Interview date	Mai 3, 2021
Interviewer	Alexandra MEYLAN
Interviewee	3 years of private pilot license
Interview conditions	By phone, recorded for the purpose of transcription

Partie I : Questions générales

1. Depuis quand êtes-vous pilote ?

J'ai commencé ma formation en 2017 et je suis pilote privé depuis 2018.

2. Est-ce que vous avez déjà piloté un 737 MAX ? Est-ce que vous pilotez un autre type d'avion du constructeur Boeing ? (Si oui, lequel ou lesquels ?)

Non, jamais.

Partie II : Boeing 737 MAX

Mesure de la sensibilisation

1. Quand avez-vous entendu parler pour la première fois des problèmes de sécurité lié au 737 MAX ? Quelles ont été vos premières réflexions ?

La première fois que j'en ai entendu parler c'était lors du premier crash de Lion Air. Ça ne m'avait pas plus surpris que ça parce qu'on sait que ça arrive encore régulièrement dans ces pays malheureusement. Par contre quand l'Ethiopian s'est crashé en 2^{ème} et que c'était de nouveau le même avion, là je me suis demandé, mais qu'est-ce qui se passe avec ces avions. C'est à partir de ce moment-là que je me suis intéressé au sujet. En m'informant sur ce qui se passait, j'ai compris que c'était un problème de construction et non pas des pilotes en fait.

Analyse de la perception

2. Le U.S. House Committee on Transportation and Infrastructure (le comité des transports et de l'infrastructure de la Chambre des États-Unis) a mené une enquête sur la conception, le développement et la certification du 737 MAX. Il a conclu entre autres que Boeing avait échoué dans la conception et le développement du MAX. Par ailleurs, le rapport indique que bon nombre des problèmes identifiés ne font pas exclusivement partie du 737 MAX, mais sont communs à d'autres programme de Boeing (comme le 787 Dreamliner).

Aujourd'hui, avez-vous confiance que Boeing fabrique des avions sûrs ? Diriez-vous que les événements entourant le 737 MAX ont changé votre perception de Boeing en tant que constructeur ? (De manière positive ou négative.)

Au jour d'aujourd'hui je continuerai toujours à prendre Boeing. Ça ce n'est pas un problème pour moi. Maintenant, je pense que pour le 737 MAX et en ce qui concerne sa conception et la fabrication des avions que fait Boeing, pour moi cela n'a pas changé la vision que j'ai d'eux. Je pense que le 737 MAX a clairement un problème de conception de base. Il s'est passé des choses avec les systèmes, comme vous l'avez expliqué juste avant, avec les logiciels de Boeing. Ils ont fait une erreur qui est juste pour moi inadmissible au jour d'aujourd'hui avec du transport de passagers. On parle quand même de vie entre leurs mains entre guillemets. Cependant, je pense qu'ils se sont fait assez taper sur les doigts par la FAA, l'EASA et toutes les agences de sécurité. Ils ont dû remettre tous leurs avions en état de vol avec les corrections qu'ils ont dû faire. Au jour d'aujourd'hui je serais même prêt à dire que je monterais dans un 737 MAX sans trop avoir peur aux vues des répercussions que ces histoires ont eues. Je pense que maintenant ils ont dû un peu calmer le jeu si l'on veut. Au jour d'aujourd'hui, je prendrai sans autres le 737 MAX sans avoir trop peur. Peut-être que pour d'autres ce n'est pas le cas. La vision de Boeing que j'ai n'a pas changé, je n'ai toujours pas de problème avec ça.

- 3. Il a été révélé que Boeing disposait de données d'essais internes de ses propres pilotes décrivant une activation erronée du MCAS comme catastrophique. Pourtant, les pilotes n'ont pas été mis au courant du MCAS et, par conséquent, aucune formation n'était requise.**

Selon vous, Boeing communique-il toutes les informations pertinentes aux pilotes ?

Je ne sais pas. Je ne suis pas vraiment au courant de ce qu'ils communiquent. Je pense en tout cas qu'au niveau du 737 MAX et maintenant du système MCAS qu'ils ont dû changer leur façon de former les pilotes ou les informations qu'ils transmettent. Maintenant de se dire s'ils sont vraiment honnêtes sur toute la ligne, j'aurai encore quelques doutes. Mais cela ne serait pas d'ailleurs qu'au niveau de Boeing, mais au niveau de tous les constructeurs.

Que pensez-vous du rationnel de Boeing pour ne pas expliquer MCAS : Boeing indique qu'il ne voulait pas brouiller les pilotes avec des informations inutiles ?

Sur cette question-là, en étant très honnête, je pense que c'était très malhonnête de leur part. Ils le savaient. Comme vous l'avez dit, les problèmes avaient déjà été découverts par les pilotes tests de Boeing et même certains je ne sais pas si c'étaient des ingénieurs ou qui s'occupait de cela. Ils avaient même fait des échanges de mails où l'on voyait très clairement qui disait qu'il y avait un problème avec ce système. On a appris que les pilotes au simulateur, quand ils étaient formés sur la machine, étaient à peine informés de ce système. On ne leur a pas dit ce que système faisait vraiment. Enfin peut-être qu'ils le savaient, mais on n'en parlait pas vraiment. On disait il y a le MCAS et point barre. Je pense qu'il y a eu à mon avis volontairement des informations qui ont été cachées. Maintenant, je n'ai pas travaillé chez Boeing, donc j'ai aucune idée si mes informations sont vraies ou pas. Selon moi, il y a eu quand même des informations qui ont été cachées aux pilotes et ils ont voulu faire les choses trop vite. Il y a eu quand même une grosse défaillance au niveau de Boeing.

Partie III : FAA et EASA en tant que régulateurs

Mesure de la sensibilisation

4. La FAA est le régulateur américain de l'aviation et l'EASA son homologue européen.

Avec votre expérience professionnelle, constatez-vous des différences ou des similitudes entre les deux régulateurs ? En cas de différences, pouvez-vous les expliquer et donnez votre opinion sur ces divergences ?

Au cours de ma carrière de pilote, j'ai vu très clairement qu'il y a une grosse différence entre la FAA et l'EASA. On le voit pour nos avions, donc les petits avions monomoteurs, déjà au niveau des contrôles entre les maintenances par exemple. On voit qu'aux Etats-Unis, ils sont beaucoup plus espacés que chez nous.

Analyse de la perception

5. Pendant la phase de conception du 737 MAX, une formation de niveau B (une formation sans simulateur) était un impératif pour Boeing. Boeing « a souligné qu'il était important de rester ferme sur le fait qu'aucun type de formation sur simulateur ne serait nécessaire pour passer du NG au MAX. [Que] Boeing [ne permettrait] pas que cela se produise [et] qu'[il] [ferait] face à tout organisme de réglementation qui essaierait d'en faire une exigence ». Cependant, après le deuxième crash du 737 MAX et pendant son clouage au sol, Boeing a modifié ses propos et a rendu la formation sur simulateur obligatoire pour tous les pilotes du 737 MAX.

Pensez-vous que la formation que reçoivent les pilotes pour voler sur le 737 MAX soit adéquate ? Que pensez-vous en particulier de l'accent mis par Boeing sur les similitudes entre le NG et le MAX par opposition aux différences entre les deux avions ?

A la base, quand ils ont sorti le 737 MAX il n'y avait pas de formation en simulateur. Je comprenais que le but derrière était d'éviter de devoir reformer tout un nombre de pilotes, de repasser de nouveau sur simulateur et d'engendrer des coûts supplémentaires. Quand on regarde les différences, elles ne sont pas énormes pour les pilotes il s'agit surtout la manière dont l'avion réagit. Maintenant, je pense que quand on passe du NG au MAX, il y a quand même des changements au niveau des moteurs, au niveau du cockpit. Et on a ajouté ce nouveau système MCAS qui est quand même un système à ne pas négliger. Je pense qu'il aurait fallu au moins faire des sessions de simulateur pour leur apprendre à réagir avec le MCAS le jour où il était défaillant. Je pense peut-être que ça aurait changé le cas des deux crashes qui sont malheureusement survenus. A mon avis, il aurait fallu faire dès le début des sessions de simulateurs pour s'habituer au système MCAS.

Que pensez-vous de la FAA, qui lors de sa première décision a exigé une formation informatique de 2 heures pour les pilotes passant du NG au MAX, une diminution par rapport aux 16 heures que prévoyait Boeing ?

A mon avis, quand on voit qu'on transporte quand même des centaines de passagers, dire qu'une formation de deux heures sur iPad est suffisante, c'est à mon goût

complètement aberrant. Maintenant, je ne suis pas encore dans l'aviation professionnelle, donc je ne sais pas comment ça se passe chez nous en Europe sur différentes machines. Cependant deux heures pour moi sur un iPad, cela n'équivaut à rien du tout. Ça ne peut pas être fiable. D'autant plus quand on ajoute des systèmes comme le MCAS. Pour moi c'est aberrant cette histoire.

Partie IV : Le rôle des pilotes dans la sécurité publique

Mesure de la sensibilisation

6. Comment décririez-vous votre rôle dans la sécurité publique en tant que pilote ?

Le rôle qu'on a au niveau de la sécurité est quand même très important. On a des aides pour les actions qu'on veut faire qui sont les check-lists. Elles nous permettent de confirmer ce qu'on fait et de faire les choses correctement pour assurer le bon fonctionnement de la machine. Ce qui joue un rôle important pour nous c'est la formation qu'on reçoit de la part de nos instructeurs pour nous ou de la part des formations sur simulateur pour les pilotes de ligne ou autres. C'est vraiment ça qui à mon goût est décisif sur la manière dont le pilote va agir plus tard. Certes on est formé à réagir correctement, avoir des check-lists pour assurer la sécurité de l'avion. Ne pas prendre des décisions qui peuvent être aberrantes ou dangereuses pour la sécurité. Maintenant tout dépend des pilotes c'est clair. A mon goût, la base des bases de la sécurité part déjà de l'instruction que l'on donne aux pilotes.

Question de suivi : demande de plus de précision sur les check-lists.

Oui, on a des check-lists pour tout ce qu'on fait en permanence sur chaque vol. A chaque moment dès qu'on rentre dans l'avion pour chaque vol on suit la check-list. C'est interdit de partir avec un avion sans check-lists sans faire les checks moteurs, etc. On suit une check-list qui est faite en général par le constructeur, mais ensuite qui peut être modifiée par les clubs s'ils veulent mettre d'autres points. Une fois qu'on est en vol, on continue à suivre la check-list. Par contre, comme vous l'avez dit, si on a un problème ou autre on se réfère en premier à ce que l'on a appris pour réagir dans l'immédiat et si le temps le permet on va sortir notre check-list d'urgence pour vérifier tous les points un par un pour être sûr qu'on agisse correctement.

Analyse de la perception

7. Diriez-vous que les incidents entourant le 737 MAX ont changé votre perception de votre rôle en tant que pilote en matière de sécurité publique ?

Non, pour moi cela n'a pas vraiment changé ma manière d'agir ou autre. Cependant plus de méfiance au niveau de certains constructeurs, des gros constructeurs plutôt – Boeing et Airbus. On sait qu'il y a ce danger-là, c'est quand même très récent et de savoir que des choses comme ça peuvent encore arriver ça remet quand même la sécurité en doute. Maintenant je ne mets pas le rôle des pilotes en doute. Je pense qu'ils ont fait le maximum de ce qu'ils pouvaient pour maintenir la sécurité possible dans l'avion. On sent quand même que c'était récent. Ce n'est pas une histoire ancienne et que ça peut encore arriver au jour d'aujourd'hui. Il y a peut-être une remise en cause la sécurité au niveau de l'avion et de sa conception, mais peut-être pas au niveau des pilotes.

Question additionnelle : Par rapport à cette remise en question, est-ce que vous pensez que l'industrie aéronautique va peut-être partir dans une différente direction ou s'adapter suite à ce qui s'est passé avec le 737 MAX ? Pensez-vous qu'il y aura des impacts qui vont rester sur l'industrie en général ?

Un impact sur l'industrie en général je dirais que oui. A mon avis, cela a dû refroidir un peu tous les constructeurs, enfin tous ceux qui ont été touchés, donc tous les domaines de l'aviation confondus. Je pense que quand on entend une histoire pareille et que l'on sait que cela vient de la conception de l'avion, des logiciels de l'avion, du constructeur lui-même et non pas d'une mauvaise action du pilote cela peut refroidir beaucoup de monde. Maintenant je pense que ça a dû quand même faire des changements dans la conception des avions et la fabrication des logiciels etc. Je pense qu'il y a eu du changement. Maintenant à voir s'il n'y aurait même pas eu des changements dont on ne saura jamais l'existence. Peut-être d'autres constructeurs allaient faire quelque chose de semblable et puis se sont dit ***** attends le 737 MAX cela aurait pu être nous. On ne sait pas s'il y a eu des changements sur d'autres logiciels ou autres. Maintenant ils disent que c'est que le MCAS, mais peut-être qu'il y avait un autre système qu'ils ont dû modifier. On ne le sait pas. Mais oui pour moi il y a eu quand même des changements qui ont été faits et à mon avis il y a des répercussions sur les autres constructeurs aussi.

Appendix 8: Interview transcript with interviewee F

Interview date	Mai 3, 2021
Interviewer	Alexandra MEYLAN
Interviewee	Retired after 33 years as an airline pilot Pilot on the 737 older generations as well as others
Interview conditions	By phone, recorded for the purpose of transcription

Partie I : Questions générales

1. Depuis quand êtes-vous pilote ?

J'ai 33 ans d'expérience professionnelle et cela fait 38 ans que je suis pilote.

2. Est-ce que vous avez déjà piloté un 737 MAX ? Est-ce que vous pilotez un autre type d'avion du constructeur Boeing ? (Si oui, lequel ou lesquels ?)

J'ai piloté des 737, mais des versions beaucoup plus anciennes que le 737 MAX. J'ai piloté des 737-200 qui sont la deuxième version du 737 et dont la production a dû s'arrêter vers 1988. Après j'ai fait du 737-300, 737-400 et 737-500 qui sont les versions avant le NG. J'ai fait du Boeing 747 classique et après des un peu plus modernes avec les 777 et 787. Sur Airbus, j'ai piloté des A330, A340.

Partie II : Boeing 737 MAX

Mesure de la sensibilisation

1. Quand avez-vous entendu parler pour la première fois des problèmes de sécurité lié au 737 MAX ? Quelles ont été vos premières réflexions ?

Suite au premier accident qui a eu lieu en Indonésie où l'on a commencé à soupçonner le système MCAS. C'est à ce moment-là qu'il y a eu des articles de presse. Additionnellement, je suis quelques sites qui s'occupent de sécurité de vol où il commençait à y avoir des faisceaux d'indices qui laissaient à penser que c'était ce système qui était à l'époque un peu mystérieux qui serait à l'origine de l'accident.

Analyse de la perception

2. Le U.S. House Committee on Transportation and Infrastructure (le comité des transports et de l'infrastructure de la Chambre des États-Unis) a mené une enquête sur la conception, le développement et la certification du 737 MAX. Il a conclu entre autres que Boeing avait échoué dans la conception et le développement du MAX. Par ailleurs, le rapport indique que bon

nombre des problèmes identifiés ne font pas exclusivement partie du 737 MAX, mais sont communs à d'autres programme de Boeing (comme le 787 Dreamliner).

Aujourd'hui, avez-vous confiance que Boeing fabrique des avions sûrs ? Diriez-vous que les événements entourant le 737 MAX ont changé votre perception de Boeing en tant que constructeur ? (De manière positive ou négative.)

Est-ce que Boeing construit des avions sûrs? Il y a toujours des endroits où il y a des problèmes quel que soit le type d'avion ou le type de constructeur. Les pilotes ont l'habitude de ce genre de yatus on va dire. Soit on les trouve très tôt, soit cela prend beaucoup de temps. Je n'ai pas de problème de confiance avec Boeing en tant que tel. Je comprends que certains de mes collègues considèrent qu'il y a des choses bizarres qui se sont passées. Je considère également qu'il y a des choses bizarres. Le problème qu'a eu le 737 MAX c'est un double problème, d'une part liée plus à la régulation, à comment fonctionnent les autorités de tutelles et d'autre part à comment les constructeurs d'avions ont peut-être parfois oublié que c'était une industrie et pas que des finances. Quand je discute de cela avec des gens qui ne sont pas dans l'aviation, je leur dit que moi je compare le 737 MAX à ce qui s'est passé dans les banques il y a quelques années – c'est-à-dire qu'on a une double faillite : on a une faillite qui est liée à l'autorité de régulation qui ne chapeaute plus correctement le domaine qu'elle doit chapeauté, on parle-là de la FAA clairement et à côté on a dans Boeing même une perte de technicité : c'est-à-dire que l'on privilégie l'aspect financier à l'aspect technique ou technologique. On n'écoute pas vraiment les gens qui ont les connaissances technologiques en leur disant qu'il y a des voies sur lesquelles il ne veut mieux pas aller. Si l'on prend l'exemple du 737 MAX, clairement il y a des enjeux financiers énormes sur le fait que l'on vend un avion en promettant qu'il n'y aura pas de formation à faire. Si l'on ne veut pas faire de formation, il faut que l'avion ressemble à l'avion précédant. S'il faut que l'avion ressemble au précédent, il faut qu'il ait les mêmes caractéristiques aérodynamiques, alors qu'on les a complètement modifiées dans le cas qui nous occupe. Par conséquent on met des sparadraps pour qu'il ressemble à l'autre avion. Je viens de faire un petit peu un raccourci.

Question additionnelle : Ne serait-ce pas dû au sens dans lequel l'industrie évolue actuellement ? Quand je réfléchis aux avions que prenaient mes parents à l'époque ainsi qu'au prix d'un billet comparé à ce que l'on appelle la génération EasyJet aujourd'hui, je me demande si cette évolution et cette course au low cost qui se répercute sur chaque acteur de l'industrie ne serait pas une cause du problème.

Je crois que c'est un peu plus complexe que cela. Il s'agit vraiment d'évolutions industrielles. Airbus il y a un peu plus de trente ans en 1985-1986 a développé l'A320. C'était une révolution industrielle qui ne s'est pas faite sans quelques malheurs, sans quelques accidents. Il y a eu un vrai changement industriel. Boeing n'a pas osé dire entre guillemets développé un successeur au Boeing 737. Ils ont décidé de faire un avion qui finalement était une évolution du 737 qui existe depuis plus de 55 ans. Le fait de faire une évolution sur le plan commercial permettait de dire aux acheteurs, cela ne va pas vous coûter cher en formation des pilotes notamment. On sait que chaque fois que l'on forme des pilotes cela coûte très cher. Quand ils vont faire trois semaines de simulateur pour changer d'avion, pendant ce temps-là entre guillemets ils ne sont pas en train de faire voler des avions. Donc on les paye pour les former et non pas pour voler. Boeing est venu voir les compagnies en leur disant on va vous proposer un 737, une évolution de ce qui existe actuellement. Une des contraintes des compagnies était qu'elles ne voulaient pas que les pilotes doivent aller sur simulateur. On ne veut pas que cela coûte de l'argent. Boeing a essayé de faire quelque chose. L'avion étant aérodynamiquement ce qu'il est. Pour ne pas avoir besoin de faire de formation, on l'a un petit peu trituré, on va dire cela comme ça. Quand je dis qu'on l'a trituré, on lui a mis dessus un automatisme, le MCAS. Je ne sais pas si le MCAS est nécessaire ou pas. Je n'ai pas les compétences pour savoir s'il est nécessaire ou pas. Toujours est-il que cet automatisme, la façon dont il a été construit ne respectait aucun standard de l'industrie aéronautique. Ce que je veux dire par cela, c'est que les gens chez Boeing qui disaient qu'il fallait respecter les standards, on ne les a globalement pas écoutés. On a dit, cela coûte trop cher, on ne va pas le faire. Je ne pense pas que cela soit lié à la « lowcostisation ». C'est plutôt lié à une guerre commerciale qui est ce qu'elle est, ainsi qu'au fait qu'une compagnie comme Boeing a pris un peu de retard, n'a pas su développer un nouveau concept et a choisi de faire une évolution de quelque chose. Ils se sont retrouvés coincés parce que les clients leur ont dit que s'ils faisaient une évolution, celle-ci ne pouvait pas leur coûter de l'argent. Par conséquent, il y avait des contraintes économiques au sein de Boeing pour éviter que cela coûte de l'argent. Finalement cela a coûté beaucoup plus cher. La certification d'un avion est un processus assez complexe. La FAA délègue une partie de

la certification à Boeing. Dans Boeing il y a eu des loupés ou des choses qui ne se sont pas passées comme elles devraient se passer parce qu'il y avait des pressions liées au calendrier et aux demandes des clients.

- 3. Il a été révélé que Boeing disposait de données d'essais internes de ses propres pilotes décrivant une activation erronée du MCAS comme catastrophique. Pourtant, les pilotes n'ont pas été mis au courant du MCAS et, par conséquent, aucune formation n'était requise.**

Selon vous, Boeing communique-t-il toutes les informations pertinentes aux pilotes ? Que pensez-vous du rationnel de Boeing pour ne pas expliquer MCAS : Boeing indique qu'il ne voulait pas brouiller les pilotes avec des informations inutiles ?

Oui, ça c'est un truc de constructeur. Je ne vais pas vous dire ce qu'il y a dans la boîte parce que sinon vous n'allez plus comprendre comment cela marche. D'abord tous les pilotes en tout cas tous les pilotes que je connais aiment bien savoir comment ça fonctionne. Cependant, on s'aperçoit que sur beaucoup d'avions actuels, il y a des systèmes dont on ne connaît pas toujours le fonctionnement. On sait qu'ils existent, mais on n'a pas les tenants et les aboutissants du fonctionnement interne complet. D'autant plus que c'est très complexe par rapport à des avions d'ancienne génération parce que tous les systèmes sont interconnectés. Sur un avion très électrique comme le 787 par exemple, tous les systèmes sont imbriqués les uns dans les autres. C'est très difficile de savoir exactement ce qu'il en est de façon individuelle pour chaque système. Néanmoins, sur des avions comme le 787 il y a aussi des choses qui interviennent. Par exemple, lors du décollage si l'on tire trop fort sur le manche, pour éviter que la queue aille toucher la piste, les commandes de vol interviennent pour arrêter le mouvement qu'a initié le pilote. Donc on sait que cela existe, mais on ne sait pas le fonctionnement interne du système. Les pilotes savent que le système existe et que le système va intervenir. Là où il y a une grosse différence avec le MCAS, c'est que pour commencer on n'a pas dit aux pilotes que le système existait. Deuxièmement, on ne leur a pas expliqué globalement quand il intervenait. Mais là où c'est très surprenant c'est que ce système était basé sur un seul capteur. En aviation cela n'existe pas des choses qui sont basées que sur un seul capteur. Il y a toujours un capteur de secours. Il y a toujours deux capteurs que l'on compare. C'est vraiment très surprenant que le système de certification ait laissé mettre en place quelque chose qui intervient sur les commandes de vol en plus, basé sur un seul capteur. Qu'est-ce qui se passe si ce capteur ne fonctionne pas ? Moi j'ai eu des cours liés au deuxième accident, on sait que le capteur

donnait des valeurs qui sont inatteignables dans un avion de ligne. Et pourtant le MCAS a réagi. Je veux dire que quelque part et dans la conception et dans la certification il y a eu des trous. Le MCAS existe. Les systèmes dans les avions, les pilotes ne les connaissent pas tous. Par contre, les systèmes qui interviennent sur les commandes de vol, c'est quand même intéressant de savoir qu'ils existent et surtout de savoir dans quelle phase de vols ils vont intervenir. C'est-à-dire, est-ce qu'ils vont intervenir proche du sol, pas proche du sol, à grande vitesse, à petite vitesse. Quand on regarde un chapitre dans un manuel d'utilisation d'un avion, on peut regarder le chapitre sur les commandes de vol du 777 par exemple, il est juste indiqué qu'un système lors de la rotation au décollage, empêche la queue de l'avion de toucher le sol. C'est tout. Le pilote globalement cela lui convient. Par contre, c'est intéressant de savoir que là il y a un système. Pour le MCAS personne ne savait qu'il y avait ce système et personne ne savait comment il intervenait. Additionnellement, on apprend qu'il a été construit pour une tâche au début et qu'il a été utilisé en suite pour d'autres tâches. Au cours de la certification de l'avion, le rôle de ce système a été modifié.

Question additionnelle : Un des problèmes surprenant aussi avec le MCAS c'est qu'il agit directement sur le trim. Cela entraîne une possibilité de conflit à savoir est-ce le MCAS ou est-ce le pilote qui est en train d'agir sur le trim.

Oui, naturellement. Après le premier accident, Boeing a quand même sorti des procédures pour expliquer aux pilotes que s'il y avait un soupçon que le MCAS agissait sur l'avion, la procédure à appliquer. Cette procédure demandait notamment de couper l'alimentation du trim. Le trim était coupé et normalement cela empêchait le MCAS de continuer d'intervenir. Il y a un autre problème, une fois que le trim a été appliqué, l'avion se trouve dans un statu qu'on appelle hors trim. C'est-à-dire que le trim appliqué ne correspond pas à la vitesse de vol. Par conséquent, la vitesse de vol dans le cas d'Ethiopian Airlines a augmenté, ce qui implique que pour sortir de la situation il aurait fallu faire des actions qui entraînent une diminution de vitesse. Après le premier accident, il y a eu des actions par Boeing pour essayer – le verbe est un peu barbare mais de – mitiger la menace, si jamais elle devait se reproduire. Il s'agissait d'actions assez rapides à faire et pour les pilotes il y avait quelques actions à faire qui étaient complexes, qui n'étaient pas d'une simplicité énorme. Tout cela pour contrer un calculateur qui encore se basait que sur un seul paramètre. Il suffisait – enfin je ne suis pas ingénieur – de comparer le paramètre incidence au paramètre vitesse pour s'apercevoir très simplement que les données du paramètre de déclenchement du MCAS étaient

impossibles. La corrélation existe donc, c'est surprenant qu'elle n'ait pas été prise en compte.

Partie III : FAA et EASA en tant que régulateurs

Mesure de la sensibilisation

4. La FAA est le régulateur américain de l'aviation et l'EASA son homologue européen.

Avec votre expérience professionnelle, constatez-vous des différences ou des similitudes entre les deux régulateurs ? En cas de différences, pouvez-vous les expliquer et donnez votre opinion sur ces divergences ?

Il y a toujours des différences. Par exemple, il se trouve que j'étais sur Airbus quand il y a eu l'accident du Rio-Paris et ils se trouvent qu'il y avait des différences entre les autorités de régulations. Il y en aura d'autres. Maintenant les britanniques vont revenir à leur propre autorité suite au Brexit. Les Australiens ont une autorité de régulation indépendante, qui est très bien. Chacune à sa façon de faire les choses. Il y a effectivement des différences. Pour parler du 737 MAX, sauf erreur c'est l'autorité chinoise qui a la première interdit de vol les 737. Les textes fondateurs de certification ne sont pas tout à fait les mêmes. Il y a des différences, même si généralement quand une des autorités émet quelque chose, les autres copient.

Je fais aussi de l'aviation légère et par exemple sur les moteurs américains quand la FAA émet quelque chose, l'EASA reprend quasiment in extenso ce qui a été dit. Quand l'EASA émet quelque chose pour un avion léger, la FAA reprend également. Il y a des différences d'appréciation sans doute et je pense aussi que le fait que l'EASA soit une autorité communautaire joue un rôle. Il faut satisfaire plusieurs personnes en même temps ce qui peut dans certains cas poser des problèmes. Je ne crois pas que fondamentalement il y ait des différences énormes, à mon niveau.

Analyse de la perception

5. Pendant la phase de conception du 737 MAX, une formation de niveau B (une formation sans simulateur) était un impératif pour Boeing. Boeing « a souligné qu'il était important de rester ferme sur le fait qu'aucun type de formation sur simulateur ne serait nécessaire pour passer du NG au MAX. [Que] Boeing [ne permettrait] pas que cela se produise [et] qu'[il] [ferait] face à tout organisme de réglementation qui essaierait d'en faire une exigence ». Cependant, après le deuxième crash du 737 MAX et pendant son clouage au sol, Boeing a modifié ses propos et a rendu la formation sur simulateur obligatoire pour tous les pilotes du 737 MAX.

Pensez-vous que la formation que reçoivent les pilotes pour voler sur le 737 MAX soit adéquate ? Que pensez-vous en particulier de l'accent mis par Boeing sur les similitudes entre le NG et le MAX par opposition aux différences entre les deux avions ?

Je ne sais pas trop ce qu'ils ont mis dans la formation. Je vais avoir du mal à me prononcer sur le sujet. J'ai été qualifié plusieurs fois. A chaque fois les formations étaient plus importantes que juste un e-learning sur un ordinateur. Après, il y a ce que vend le constructeur qui a tout intérêt à dire que la formation nécessaire pour passer d'un modèle à l'autre est toute petite. Naturellement vu que la formation coûte cher. Ce qui n'empêche pas les compagnies aériennes de rajouter de la formation si elles l'estiment nécessaire. Par exemple moi dans ma compagnie quand je suis passé du 777 au 787 la formation était 50% plus longue que ce que proposait Boeing. Après si le constructeur dit qu'il n'y a pas besoin, c'est difficile à justifier auprès des actionnaires, des finances. Dans une grande compagnie aérienne, il a été dit un jour si vous pensez que la sécurité coûte cher, essayer l'accident !

Que pensez-vous de la FAA, qui lors de sa première décision a exigé une formation informatique de 2 heures pour les pilotes passant du NG au MAX, une diminution par rapport aux 16 heures que prévoyait Boeing ?

La question reste toujours sur qu'est-ce qu'on met dans les deux heures. Si l'on considère que la personne est tout à fait qualifiée sur le Boeing NG et que les seules différences sont les nouveaux moteurs et l'avion qui est un petit peu plus long, je considère que deux heures peuvent être suffisantes. Si les différences sont plus grandes parce que les procédures d'utilisation et les procédures anormales entraînent beaucoup de différences, il va falloir plus de temps. C'est évident. L'apprentissage par différence

est intéressant à partir du moment où l'on connaît bien d'où on vient. Actuellement, vu qu'il y a des pilotes de 737 NG qui n'ont pas volé depuis un an, leur connaissance du NG est peut-être parcellaire. Faire une formation plus longue pour se remettre dans le MAX est mieux. Deux heures cela paraît quand même un tout petit peu limite. Quand je faisais des cours aux différences, je pense qu'il y avait quatre à cinq heures. Je suis surpris que la FAA ait dit qu'il y avait besoin de moins que Boeing.

Partie IV : Le rôle des pilotes dans la sécurité publique

Mesure de la sensibilisation

6. Comment décririez-vous votre rôle dans la sécurité publique en tant que pilote ?

Très important. Il y a beaucoup d'aspects. Les pilotes sont les utilisateurs. Durant la partie de certification, le pilote de base ne va pas intervenir du tout. On va lui fournir un avion et il va faire confiance aux autorités de certification. Il va faire confiance à sa compagnie aérienne pour acheter un avion qui correspond à l'utilisation que la compagnie veut en faire. Il va faire confiance à la maintenance de sa compagnie. Après au fur et à mesure de l'utilisation de l'avion, il y a des choses qui vont ressortir qu'il va falloir faire remonter vers le constructeur ou vers l'autorité. Les pilotes qui peuvent intervenir sont les représentants des pilotes, des syndicats de pilotes nationaux ou même des regroupements européens. Les syndicats ont des commissions techniques qui réfléchissent aux nouveautés que les constructeurs proposent. Ils participent à des instances de régulations. Par exemple, il y a des contacts réguliers entre les commissions techniques des syndicats de pilotes et l'EASA sur un certain nombre de sujets. De la même manière, ces syndicats font remonter les problèmes que rencontrent les pilotes de base avec un avion. Malheureusement c'est souvent après un accident. Ils font remonter l'information et peuvent demander des formations ou des modifications à l'avion.

En dehors de la certification, le pilote a un rôle primordial pour la sécurité des gens. La sécurité des vols c'est le premier point dans le travail du pilote. Cela viendra avant la sûreté qui sont les aspects liés aux passagers problématiques. Cela viendra avant tout ce qui est commercial. Son premier job c'est la sécurité des vols : comment aller de façon sûre du point A au point B. Le commandant de bord a des pouvoirs assez étendus pour cela. Je ne dis pas que les commandants de bords ne subissent pas des pressions et autres. Le commandant de bord peut par exemple refuser de faire un vol s'il considère

que l'avion n'est pas en état. Les pilotes sont acteurs de la sécurité des vols, ils interviennent tout le temps, c'est leur premier job. Après, ils sont dans un système où il faut remonter des informations. Par exemple, on pense que là on a peut-être approché les limites, on a fait quelque chose d'un peu bizarre qui a dégradé un peu la sécurité. Il faut en parler avec tous les systèmes de remontée de l'information. Les informations remontent de la base et les compagnies aériennes peuvent ensuite faire de l'agrégation de données. Elles peuvent voir s'il y a des tendances, faire de la formation si besoin ou aller voir les constructeurs.

Analyse de la perception

7. Diriez-vous que les incidents entourant le 737 MAX ont changé votre perception de votre rôle en tant que pilote en matière de sécurité publique ?

Non, personnellement le rôle est toujours le même. Je reviens sur ce que j'ai dit tout au début. Il y a quand même eu des dérives dans le système. Ces dérives doivent être corrigées. Ces dérives sont liées à la supervision et à l'appât du gain financier rapide.

Question additionnelle : Par rapport à tous les changements dans les avions que vous avez pu connaître au cours de votre carrière, que pensez-vous de l'automatisation des avions ?

Les automatismes sont des trucs super quand ils marchent. On ne pourrait pas faire de l'aviation actuellement sans les automatismes. Pour donner un exemple, on n'a pas le droit de voler à haute altitude sans pilote automatique. Les avions volent tellement près les uns-des autres, les écarts verticaux sont tellement faibles que si l'on pilote à la main, on a le risque d'aller trop près de l'avion qui est au-dessus ou au-dessous. Les automatismes ont permis des choses fabuleuses. Le problème est que les automatismes ont été programmés par un ingénieur. L'ingénieur est un être humain et a les mêmes défauts que le pilote. Il peut faire des erreurs. A l'heure actuelle, le système automatique est très fort tant qu'on le laisse dans les butées dans lesquels il a été programmé. Malheureusement, en aviation peut-être plus que dans d'autres domaines, il y a des moments où l'on n'est pas dans des choses qui sont entre guillemets quantifiables. On a besoin parfois de l'expertise humaine. L'expertise humaine a des défauts, mais dans certains cas elle va plus vite et dans certains cas elle sait éliminer les choses qui sont aberrantes. Si l'on revient au MCAS, un humain a qui l'on aurait montré les paramètres du MCAS ne l'aurait jamais enclenché. Les automatismes on ne pourra pas faire d'aviation sans. Les automatismes ont leurs limites. Si l'on prend un Airbus par exemple, leurs domaines de vol – l'endroit où le pilote a le droit de se promener – sont protégés.

A tel point que si jamais sous pilote automatique on sort de la zone protégée, le pilote automatique dit qu'il ne sait plus faire et rend la main au pilote.

Appendix 9: Interview transcript with interviewee G

Interview date	Mai 7, 2021
Interviewer	Alexandra MEYLAN
Interviewee	2 years as an airline pilot
Interview conditions	By phone, recorded for the purpose of transcription

Partie I : Questions générales

1. Depuis quand êtes-vous pilote ?

J'ai commencé en 2012 par faire les cours SPHAIR qui sont la sélection pour devenir pilote de chasse en Suisse. En 2013, j'ai continué avec ma licence de pilote privé, puis en 2018, j'ai commencé ma licence de pilote professionnel. Maintenant cela fait deux ans que je suis pilote de ligne.

2. Est-ce que vous avez déjà piloté un 737 MAX ? Est-ce que vous pilotez un autre type d'avion du constructeur Boeing ? (Si oui, lequel ou lesquels ?)

J'ai fait une formation lors de la licence de pilote professionnel car on a un module à faire qui s'appelle le CRM - le Crew Resources Management - c'est un module où l'on apprend à travailler en équipage, car on est toujours deux dans un avion de ligne. On doit apprendre à travailler ensemble et pouvoir justement utiliser toutes les ressources du collègue ou d'une autre source. J'ai fait ce module sur un simulateur de 737 NG. C'était un module qui a duré trois semaines et je ne suis pas qualifié sur Boeing, mais j'ai fait du simulateur 737.

Partie II : Boeing 737 MAX

Mesure de la sensibilisation

1. Quand avez-vous entendu parler pour la première fois des problèmes de sécurité lié au 737 MAX ? Quelles ont été vos premières réflexions ?

La première fois que j'en ai entendu parler c'était lors du premier crash de Lion Air. Je ne me suis pas posé de question de sécurité sur l'avion. Cependant, c'était un crash qui sort un peu du commun, juste après un décollage où il y a une grosse charge de travail pour les pilotes. Il y a pas mal de choses à faire. Ce qui m'est venu à l'esprit d'abord c'est que ce n'était pas un problème de l'avion, mais plutôt un problème de météo vu la zone où il s'est crashé, où il peut y avoir de la météo un peu compliquée surtout dans les basses couches. Les pilotes ont une charge de travail assez élevée, j'ai pensé plutôt à l'erreur humaine. Je ne me suis pas intéressé plus que ça et comme on le sait les

enquêtes prennent toujours beaucoup de temps. C'est un peu compliqué de se faire son propre avis si l'on écoute un peu tout de suite les premiers ressentis de personnes x y qui tirent des conclusions un peu rapides. Du coup, j'ai un peu oublié. Par contre, lors du 2^{ème} crash un peu plus de cinq mois plus tard et qui était vraiment similaire, je me suis dit que ce n'était peut-être pas que les pilotes. Là je me suis dit qu'il y avait peut-être quelque chose avec le 737 MAX justement. Après la même chose, je ne me suis pas plus intéressé que ça. Il est ensuite vite sorti que c'était quand même très vraisemblablement un problème de l'avion et pas forcément des pilotes.

Analyse de la perception

- 2. Le U.S. House Committee on Transportation and Infrastructure (le comité des transports et de l'infrastructure de la Chambre des États-Unis) a mené une enquête sur la conception, le développement et la certification du 737 MAX. Il a conclu entre autres que Boeing avait échoué dans la conception et le développement du MAX. Par ailleurs, le rapport indique que bon nombre des problèmes identifiés ne font pas exclusivement partie du 737 MAX, mais sont communs à d'autres programmes de Boeing (comme le 787 Dreamliner).**

Aujourd'hui, avez-vous confiance que Boeing fabrique des avions sûrs ? Diriez-vous que les événements entourant le 737 MAX ont changé votre perception de Boeing en tant que constructeur ? (De manière positive ou négative.)

Oui, je pense que les avions de Boeing sont sûrs. Ce qui est triste en fait c'est qu'une entreprise comme Boeing qui est l'un des leaders mondial, numéro un ou deux derrière Airbus, ait pu avoir un tel problème. C'est dommage qu'il y ait une course vraiment et je ne blâme pas que Boeing. On peut aussi blâmer la FAA qui a pris un peu des raccourcis, parce que c'était plus simple pour eux. La FAA a beaucoup délégué la certification directement à Boeing et c'est là que ça devient un peu dangereux. Au final Boeing a certifié son propre avion. Ça devient risqué de la part de la FAA de demander à Boeing de se déléguer des tâches parce qu'elle n'a pas les compétences vu la sophistication des nouveaux avions. La FAA a délégué cela directement à Boeing dans un but de certification rapide. Ce qui est dommage c'est cela. Il y a eu une course au profit rapide de la part de Boeing pour contrer Airbus et leur A320 NEO. C'était cette course au profit rapide et le copinage entre la FAA et Boeing qui est malsain.

Question de précision : Je pourrais résumer en disant que ce n'est pas forcément votre perception de Boeing qui a changé suite au 737 MAX mais plus votre perception de la FAA.

Non, pas forcément. Il n'y a pas que Boeing qui est à blâmer. C'est un système qui est devenu mal sain parce que justement la FAA et Boeing sont devenus trop proches. Il y avait des responsables de Boeing qui travaillaient pour la FAA. Quand vous êtes employé par Boeing et que c'est à vous de certifier l'avion mais auprès de la FAA, il est clair qu'il risque d'y avoir des raccourcis qui vont être pris car il y a une pression commerciale derrière. C'est ça qui est dommage et si ça continue dans cette voie là l'aviation ne sera plus le moyen de transport le plus sûr du monde. Si l'on garde que le profit et pas la sécurité derrière, si l'on prend des raccourcis comme ceux-là.

- 3. Il a été révélé que Boeing disposait de données d'essais internes de ses propres pilotes décrivant une activation erronée du MCAS comme catastrophique. Pourtant, les pilotes n'ont pas été mis au courant du MCAS et, par conséquent, aucune formation n'était requise.**

Selon vous, Boeing communique-t-il toutes les informations pertinentes aux pilotes ?

A ce jour, après les accidents, ils n'ont plus trop le choix en fait. Maintenant, avec le 737 MAX dès qu'il y aura le moindre petit problème, il va être dans la presse. Ils sont sous la loupe du monde entier. C'est l'avion qui est le plus surveillé du monde. Cela n'est pas possible pour Boeing de ne pas communiquer tout et très précisément. Ils sont tellement surveillés qu'ils ne peuvent pas faire autrement. Ils sont obligés d'être transparent maintenant.

Que pensez-vous du rationnel de Boeing pour ne pas expliquer MCAS : Boeing indique qu'il ne voulait pas brouiller les pilotes avec des informations inutiles ?

Je pense que c'est complètement irrationnel de la part de Boeing. C'est presque un crime de faire ça. Leur but comme vous avez dit c'était que les pilotes certifiés sur 737 NG puissent passer sur 737 MAX sans aucune formation. Ceci était une grande économie d'argent pour Boeing et pour les compagnies surtout. C'est pour cette raison que les compagnies commandaient le 737 MAX car elles savaient que leurs pilotes pourraient voler directement sur le nouveau type d'appareil, sans une nouvelle formation. C'était l'un des points principaux pour que le MAX soit attrayant pour les compagnies. On peut

le comparer chez Airbus aussi. On a les 320 CEO qu'on pourrait comparer au 737 NG et maintenant on passe sur 320 NEO qu'on peut comparer au 737 MAX. Pour passer de CEO à NEO on n'a pas besoin de formation. C'est une toute petite formation, mais on n'a pas besoin d'aller faire du simulateur. Boeing a voulu utiliser le même principe, mais ce n'était pas possible de le faire en raison de ce MCAS. Je pense qu'ils ont voulu cacher cela un peu. Ils ont minimisé en fait l'importance de ce logiciel auprès des pilotes. Si l'on n'informe pas les pilotes, c'est comme si l'on vous dit pour une voiture que si vous tournez à gauche, elle va à gauche, mais qu'en fait, elle risque d'aller tout droit dans certains cas, mais qu'on ne vous en informe pas. Le jour où elle va tout droit, vous ne savez pas quoi faire.

Question additionnelle : Quand la FAA et Boeing ont certifié la première version du MCAS, ils ont basé leurs différents tests sur le principe qu'un pilote pourrait répondre à une activation erronée du MCAS en trois secondes. C'est pour cette raison que le système n'était pas classé comme étant catastrophique. C'est aussi pour cette raison que beaucoup de données n'ont pas été communiquées aux pilotes, car elles étaient dans la catégorie où ce n'était pas une nécessité de le faire.

Pour moi, trois secondes cela me paraît extrêmement rapide pour réussir à résoudre un problème dont on ne connaît pas l'existence. En tant que pilote, quel est votre opinion ?

C'est complètement utopique. Ce n'est pas possible. Oui, on peut réagir en trois secondes si le système s'active par erreur une fois. Cependant, le problème qu'ils ont eu c'est que le MCAS s'activait indéfiniment. Ce MCAS il trimait l'avion, donc il mettait l'avion en descente indéfiniment jusqu'à la butée de la commande. La philosophie de Boeing est d'avoir un retour de force dans le manche. Par conséquent, si l'on vole lentement, le manche sera très lourd. On voudra donc pousser en avant. Le MCAS est l'élément qui devait retransmettre aux pilotes ce feeling de poids ou de légèreté suivant la vitesse de vol. Le problème c'est qu'il s'active de façon indéfinie. Donc oui s'il s'active pendant une courte durée le pilote va pouvoir réagir et remettre l'avion à plat. Mais le problème qu'il y avait, c'est qu'il s'activait indéfiniment. A un moment donné le pilote même s'il tire avec toutes ses forces sur le manche, il ne pourra pas faire remonter l'avion. S'il n'y a pas une procédure pour une panne pour un système à suivre, le pilote ne pourra pas inventer une procédure.

Partie III : FAA et EASA en tant que régulateurs

Mesure de la sensibilisation

- 4. La FAA est le régulateur américain de l'aviation et l'EASA son homologue européen.**

Avec votre expérience professionnelle, constatez-vous des différences ou des similitudes entre les deux régulateurs ? En cas de différences, pouvez-vous les expliquer et donnez votre opinion sur ces divergences ?

Un exemple de différence entre la FAA et l'EASA pour le 737 MAX est que la FAA a recertifié le MCAS en utilisant les deux sondes d'angles d'attaques. Le problème était que le MCAS ne prenait qu'une seule sonde. Par conséquent, si une sonde est fautive, c'est clair que tout le système est fautif. Une des conditions pour recertifier l'avion pour la FAA est que le MCAS prenne en compte deux sondes différentes. Si les deux informations des deux sondes ne sont pas identiques, le MCAS ne peut pas s'activer. Il y a une erreur qui vient pour les pilotes. Par contre l'EASA a demandé qu'il y ait trois sondes : deux sondes physiques en dehors de l'avion ainsi qu'une sonde virtuelle qui se base sur les calculateurs internes de l'avion avec les gyroscopes interne, pour que cela soit recertifié. Il peut y avoir des différences de certification donc c'est clair que c'est bien qu'il y ait la FAA, l'EASA et aussi une agence pour l'Asie qui travaillent tous sur les bases du constructeur. Les Boeings sont des avions américains donc l'EASA certifiera un Boeing avec les données de la FAA. Ils ajouteront ce qu'ils veulent en plus ou en moins. En général c'est toujours plus restrictif d'un pays à l'autre. Oui, il peut y avoir des différences entre les différentes agences de certification, ce qui est bien parce qu'au final cela rajoute des sécurités en plus. En gros, je dirais que c'est bien qu'il y ait plusieurs agences pour chaque région du monde. Cela fait justement des barrières en plus et des contrôles de la part des autres agences. Ceci pourrait permettre justement de déceler des anomalies dans des certifications comme il y aurait eu pour le 737 MAX.

Analyse de la perception

5. Pendant la phase de conception du 737 MAX, une formation de niveau B (une formation sans simulateur) était un impératif pour Boeing. Boeing « a souligné qu'il était important de rester ferme sur le fait qu'aucun type de formation sur simulateur ne serait nécessaire pour passer du NG au MAX. [Que] Boeing [ne permettrait] pas que cela se produise [et] qu'[il] [ferait] face à tout organisme de réglementation qui essaierait d'en faire une exigence ». Cependant, après le deuxième crash du 737 MAX et pendant son clouage au sol, Boeing a modifié ses propos et a rendu la formation sur simulateur obligatoire pour tous les pilotes du 737 MAX.

Pensez-vous que la formation que reçoivent les pilotes pour voler sur le 737 MAX soit adéquate ?

Je ne sais pas exactement ce qu'ils ont changé dans leur formation, mais j'imagine bien que c'est une formation complète sur le MCAS et les différentes pannes qui peuvent arriver. Je pense que de toute façon la formation maintenant est adéquate pour les pilotes. C'est ce qu'il aurait fallu dès le début. C'est ce que je disais au début, quand on commence à cacher des choses aux pilotes, c'est là que ça devient dangereux. Pour revenir au point d'avant, le 737 MAX est maintenant sous la loupe de tout le monde, donc s'il fait quelque chose de pas bien cela va sortir très rapidement. S'il y avait quelque chose de pas bien, je pense que ça serait déjà sorti. Donc oui, la formation maintenant est adéquate à mon avis.

Que pensez-vous en particulier de l'accent mis par Boeing sur les similitudes entre le NG et le MAX par opposition aux différences entre les deux avions ?

Je ne suis pas un spécialiste, mais entre le NG et le MAX je ne suis pas sûr qu'il y ait beaucoup de différence à part la motorisation qui est plus moderne et puis le centre de gravité de l'avion. Je pense que c'est bien de mettre l'accent sur les similitudes aussi.

Que pensez-vous de la FAA, qui lors de sa première décision a exigé une formation informatique de 2 heures pour les pilotes passant du NG au MAX, une diminution par rapport aux 16 heures que prévoyait Boeing ?

C'est étonnant de la part de la FAA d'être moins restrictif que le constructeur. Normalement c'est l'inverse, le constructeur dirait qu'il faut faire deux heures et la FAA dirait non, il faut faire seize heures. Cela m'étonne un peu. Après deux heures sur iPad

cela me paraît peu. J'ai rarement fait une formation de deux heures même pour quelque chose de très banal. C'est souvent plus que ça les formations qu'on a. Par exemple, j'ai été formé sur l'Airbus A320 CEO et j'ai fait une formation aussi pour le NEO. La formation pour le NEO était peut-être un peu plus de deux heures mais ce n'était pas une très grosse formation non plus. Cependant, au final l'avion est super similaire aussi. C'est uniquement la motorisation qui est différente. Tous les autres systèmes sont plus ou moins les mêmes. Il y a quelques instruments qui changent, mais cela faisait partie d'autres formations. Je dirais qu'en gros j'ai dû faire une formation entre cinq et huit heures pour passer du CEO au NEO. Les cours sont toujours des modules en ligne, suivi de tests. S'il s'agit d'un sujet qui doit être plus approfondi, on a des cours en présentiel. Des cours en présentiels, on en a chaque année, des refreshs. Chaque année il y a différents sujets et on a plusieurs jours de cours. Deux à trois fois par année, on doit aller en simulateur pour faire des simulations ou des nouvelles formations. En Suisse c'est la FOCA (Federal Office of Civil Aviation) qui est responsable de contrôler et réguler tous ce qui concerne l'aviation privée ou commerciale. C'est elle qui met en place les exigences de formations des pilotes par exemple.

Partie IV : Le rôle des pilotes dans la sécurité publique

Mesure de la sensibilisation

6. Comment décririez-vous votre rôle dans la sécurité publique en tant que pilote ?

Dans mon travail la première responsabilité que l'on a, c'est la sécurité. C'est ce qu'on nous répète le plus souvent, qu'il faut toujours être conservateur et toujours penser en avance. C'est-à-dire penser à qu'est-ce qu'il peut arriver et quelles en seraient les conséquences. Les premières responsabilités que l'on a c'est notre équipage et les passagers qu'on a dans l'avion. Il faut être conscient qu'on est dans les airs, qu'on est dans la 3^{ème} dimension. Le ciel est très grand, mais dès qu'il y a un problème, autour des aéroports, on est dans des zones de population assez dense. S'il y a quelque chose qui arrive il faut se rendre compte ce n'est pas que l'avion et les personnes qui sont à bord qui sont mises en danger. En tant que pilotes c'est clair qu'on doit avoir cette conscience de la responsabilité du travail consciencieux.

Analyse de la perception

7. Diriez-vous que les incidents entourant le 737 MAX ont changé votre perception de votre rôle en tant que pilote en matière de sécurité publique?

Non, je ne dirais pas que c'est ses crashes-là qui ont changé ma perception. Ils ont plutôt changé ma perception du business model de ces grandes compagnies qui ont une course au profit et une course à la concurrence qui pourraient mettre à mal l'industrie de l'aviation en prenant le type de raccourcis qui ont été pris pour le 737 MAX, pour justement réussir à faire du profit rapidement. Non, je ne dirais pas que les accidents du 737 MAX ont changé ma perception de la sécurité. Je dirais plus que ce sont les autres accidents justement où c'est une erreur humaine qui est en cause. Par exemple le crash de Karachi de l'Airbus A320 de Pakistan Airlines : là je me suis dit qu'il y a des pilotes qui n'ont pas cette conscience professionnelle, que ce sont clairement des erreurs humaines graves où je me dis que je suis bien content de faire mon travail consciencieusement et professionnellement.

Question additionnelle : Explications sur le fonctionnement du MCAS et du trim.

Je peux vous faire un résumé rapide. La philosophie sur le Boeing 737 c'est qu'ils veulent qu'il y ait un ressenti toujours dans le manche. Quand on pilote un Cessna, si l'on vole lentement, le manche va devenir lourd. Intuitivement, on va vouloir pousser sur le manche pour reprendre de la vitesse parce que l'avion à basse vitesse ne va pas voler. Inversement, quand l'avion va prendre de la vitesse, l'avion va vouloir voler donc le manche va devenir tout léger. C'est assez intuitif et sur les Boeing 737 ça a toujours été comme ça. Le Boeing est un avion moderne, mais avec une philosophie de vol comme un petit avion. Le trim est utilisé pour faire voler l'avion à plat à une certaine vitesse en restant à la même altitude. Pour activer le trim, on presse sur un petit bouton qui a pour conséquence d'équilibrer les forces. Quand il n'y a plus de force dans le manche et que l'avion reste à la même altitude, c'est que l'avion est bien trimé. Le problème du 737 MAX était le placement des nouveaux moteurs qui ont changé le centre de gravité de l'avion. Quand on met beaucoup de puissance l'avion va vouloir monter. Boeing n'arrivait plus à rendre le ressenti dans le manche. Ils n'arrivaient plus à le rendre aux pilotes et ce n'était plus intuitif à piloter. Ils ont dû inventer ce MCAS, ce qui a été mal fait.

Quand le manche est lourd et que l'on vole lentement, on doit trimer l'avion contre en-haut. On veut qu'il n'y ait plus de force dans le manche. Sur la queue de l'avion, il y a l'empennage qui est la partie verticale qui va faire bouger le nez de l'avion de gauche à

droite. La partie horizontale qui est l'élévateur – qui est séparé en deux parties sur les avions de ligne – la partie qui bouge contre en haut et contre en bas que l'on fait bouger avec le manche. Si on le bouge vers le haut, cela va faire monter le nez de l'avion. Inversement, en poussant sur le manche, cette petite partie de l'élévateur va descendre et cela va faire descendre l'avion. L'autre partie de l'élévateur qui est plus grande est le stabilisateur qui sert à trimmer l'avion. Le stabilisateur sert à annuler les forces aérodynamiques pour que l'avion arrive à voler à l'horizontale et qu'il n'y ait plus de force dans le manche. Cela serait très désagréable que durant la totalité du vol les pilotes doivent tirer sur le manche pour pouvoir voler à plat. Le trim est utilisé dans toutes les phases de vol. Dès que l'on change de vitesse ou d'altitude, l'avion doit être retrimé. Si l'on vole vite, le trim sera plutôt contre en bas parce que l'avion aura tendance à vouloir monter. Par contre si l'on vole très lentement, le trim devra être reréglé contre en haut, car l'avion devra voler plus vers le haut pour créer sa propre portance. Il s'agit du principe de base de tous les petits avions et sur les Boeing 737, ils ont voulu garder cette philosophie. Après, sur les Airbus il y a aussi cette fonction de trim, mais elle est automatique. Il n'y a pas de force dans le manche.

Question additionnelle : Le trim sur les Airbus et sur le 737 MAX.

Sur Airbus le trim est automatique. Inversement sur les Boeing 737, le trim est une fonction que les pilotes doivent régler. Cette philosophie a changé avec le 737 MAX. J'ai lu que ce n'était pas facile de remarquer pour les pilotes du 737 MAX que le trim était activé d'une manière ou d'une autre par ce nouveau système MCAS.

Ce n'était pas visible du tout. C'était inhibé dans un programme informatique de l'avion. C'est pour cela que les pilotes ne le savaient pas.

C'est juste de dire qu'il était impossible pour un pilote de 737 MAX qui ignorait l'existence du MCAS de savoir que l'avion agissait sur le trim ?

Oui, exactement.

Appendix 10: Interview transcript with interviewee H

Interview date	Mai 10, 2021
Interviewer	Alexandra MEYLAN
Interviewee	5 years of private pilot license Currently employed by a company working on electric propulsion systems for the aerospace industry
Interview conditions	By phone, recorded for the purpose of transcription

Partie I : Questions générales

1. Depuis quand êtes-vous pilote ?

Je suis pilote privé avec une PPL²⁸ depuis 2016.

2. Est-ce que vous avez déjà piloté un 737 MAX ? Est-ce que vous pilotez un autre type d'avion du constructeur Boeing ? (Si oui, lequel ou lesquels ?)

J'ai uniquement fait du simulateur sur le 737 NG.

Partie II : Boeing 737 MAX

Mesure de la sensibilisation

1. Quand avez-vous entendu parler pour la première fois des problèmes de sécurité lié au 737 MAX ? Quelles ont été vos premières réflexions ?

Novembre 2018, le crash dans le Java Sea. Je m'en rappelle très bien, car j'atterrissais à Genève quand j'ai entendu parler du crash pour la première fois. Le crash de Lion Air à tout d'abord été un crash comme un autre, mais rapidement on a commencé à comprendre qu'il y avait des difficultés sur l'avion, ce qui n'est en fait pas surprenant. Sur un projet comme un nouvel avion ou une remotorisation comme c'était le cas du 737 MAX, il y a toujours des éléments avec des problèmes. On a vu avec le 787 et ses batteries. Là c'était un autre élément, mais c'est quelque chose qui peut arriver.

Analyse de la perception

2. Le U.S. House Committee on Transportation and Infrastructure (le comité des transports et de l'infrastructure de la Chambre des États-Unis) a mené une enquête sur la conception, le développement et la certification du 737

²⁸ Licence de pilote privé

MAX. Il a conclu entre autres que Boeing avait échoué dans la conception et le développement du MAX. Par ailleurs, le rapport indique que bon nombre des problèmes identifiés ne font pas exclusivement partie du 737 MAX, mais sont communs à d'autres programmes de Boeing (comme le 787 Dreamliner).

Aujourd'hui, avez-vous confiance que Boeing fabrique des avions sûrs ?

Est-ce que voyager dans un avion Boeing est sûr ? Oui à 100%, il n'y a aucun problème. Sur le nombre de Boeing qui volent aujourd'hui, les accidents sont minimes.

Diriez-vous que les événements entourant le 737 MAX ont changé votre perception de Boeing en tant que constructeur ? (De manière positive ou négative.)

Le problème du 737 MAX a démontré un problème systémique au niveau de Boeing, mais aussi au niveau de l'aviation en général. En relations avec les autorités de régulations, que cela soit la FAA ou l'EASA et les constructeurs aériens – Airbus, Boeing ou les plus petits. Oui, cela a changé ma vision de Boeing par rapport à leur méthode de certification des avions, mais cela a surtout souligné un problème majeur de l'aviation. Aujourd'hui il y a l'arrivée de la digitalisation et des logiciels dans le monde aéronautique. Cela pose énormément de problèmes non-seulement au développement, mais aussi à la certification de ces avions. La compréhension de tout le système par les organes de certification est encore plus difficile. C'est ce qui a amené dans le cas du Boeing 737 MAX à faire que la certification du logiciel ait été vérifiée finalement par Boeing et non pas par la FAA. Parce que la FAA a sous-traité à Boeing pour pouvoir faire la certification du logiciel MCAS.

- 3. Il a été révélé que Boeing disposait de données d'essais internes de ses propres pilotes décrivant une activation erronée du MCAS comme catastrophique. Pourtant, les pilotes n'ont pas été mis au courant du MCAS et, par conséquent, aucune formation n'était requise.**

Selon vous, Boeing communique-t-il toutes les informations pertinentes aux pilotes ? Que pensez-vous du rationnel de Boeing pour ne pas expliquer MCAS : Boeing indique qu'il ne voulait pas brouiller les pilotes avec des informations inutiles ?

Il y a tellement de choses qui sont gérées par des logiciels aujourd'hui dans les avions que le raisonnement de Boeing – que les pilotes ne peuvent pas forcément avoir la

compréhension de tous les éléments – est je pense correct. Par contre sur un élément comme le MCAS qui est « life threatening » cela aurait dû être communiqué. A nouveau le problème de base, dans l'aviation, est la manière de certifier un élément. La façon la plus facile est via la redondance. C'est-à-dire qu'il y a deux systèmes totalement indépendants qui permettent de faire la même chose. Comme cela si l'un des systèmes ne fonctionne pas, le deuxième système sera toujours là. Le problème c'est que dans ce cas-là, le même software faisait la redondance. Donc un bug dans l'un a fait bugger l'autre.

Question additionnelle sur la redondance par rapport au fait que le MCAS ne se basait que sur seul indicateur d'angle d'attaque, alors que le Boeing 737 MAX en a deux. Les Airbus se basent eux sur trois angles d'attaques.

Dans l'aviation, aujourd'hui – on est en train de certifier un système de propulsion électrique - la redondance est l'élément central de n'importe quel nouveau design. Il faut par conséquent avoir deux systèmes qui sont totalement indépendants. Cela montre aussi un problème de la FAA plus que de Boeing. Pour finir c'est « fair game ». Boeing est une société privée qui trouve des astuces pour amener quelque chose sur le marché. Les organes de certification n'ont pas fait leur travail.

Partie III : FAA et EASA en tant que régulateurs

Mesure de la sensibilisation

4. La FAA est le régulateur américain de l'aviation et l'EASA son homologue européen.

Avec votre expérience professionnelle, constatez-vous des différences ou des similitudes entre les deux régulateurs ? En cas de différences, pouvez-vous les expliquer et donnez votre opinion sur ces divergences ?

Historiquement la FAA et l'EASA ont toujours eu des vues différentes. Ceci a posé énormément de problèmes pour la certification des avions. Chaque fois il y avait des petites différences entre les certifications de la FAA et de l'EASA. Aujourd'hui, ils essayent de limiter ces différences. Si l'on parle des avions électriques par exemple, l'EASA a développé un processus de certification qui est en train d'être pratiquement copié mots pour mots par la FAA, ce qui a été une réelle demande des constructeurs aériens pour simplifier le processus. Aujourd'hui, un nouveau programme pour un avion cela coûte extrêmement cher. Si tout le travail de certification doit être fait deux fois, c'est simplement impossible. Dans mon travail, oui on est confronté à cela car on est en train

de certifier notre système de propulsion d'abord à l'EASA et après auprès de la FAA. La chance que l'on a aujourd'hui c'est que pour l'aviation électrique et tous les nouveaux domaines aéronautiques comme les taxis aériens, ils vont essayer d'utiliser les mêmes bases pour certifier.

Analyse de la perception

5. **Pendant la phase de conception du 737 MAX, une formation de niveau B (une formation sans simulateur) était un impératif pour Boeing. Boeing « a souligné qu'il était important de rester ferme sur le fait qu'aucun type de formation sur simulateur ne serait nécessaire pour passer du NG au MAX. [Que] Boeing [ne permettrait] pas que cela se produise [et] qu'[il] [ferait] face à tout organisme de réglementation qui essaierait d'en faire une exigence ». Cependant, après le deuxième crash du 737 MAX et pendant son clouage au sol, Boeing a modifié ses propos et a rendu la formation sur simulateur obligatoire pour tous les pilotes du 737 MAX.**

Pensez-vous que la formation que reçoivent les pilotes pour voler sur le 737 MAX soit adéquate ? Que pensez-vous en particulier de l'accent mis par Boeing sur les similitudes entre le NG et le MAX par opposition aux différences entre les deux avions ?

Il y a deux principes très forts aussi. A quel point est-ce que Boeing a besoin de ressembler au programme A320 ? Dans le business model des compagnies aériennes, si le NG et le MAX ont juste un training de level B, c'est très simple pour eux et ils n'ont pas beaucoup de frais. Il s'agit juste d'un upgrade d'un avion qu'ils ont déjà dans leur flotte. Je pense que ce que Boeing a fait est correct. Maintenant, d'admettre leurs erreurs et d'améliorer la formation des pilotes à ce sujet est un autre problème. Cependant cela change tout le business model. Selon moi il y a beaucoup de compagnies aériennes qui demandent des dommages et intérêts en raison du retard sur le 737 MAX. Additionnellement, il y aura des dommages et intérêts sur la formation des pilotes et les coûts que cela va engendrer aux compagnies aériennes.

Que pensez-vous de la FAA, qui lors de sa première décision a exigé une formation informatique de 2 heures pour les pilotes passant du NG au MAX, une diminution par rapport aux 16 heures que prévoyait Boeing ?

Je comprends les intérêts économiques derrière ces positions. La création du nouveau programme MAX chez Boeing devait être le plus facile possible pour passer du NG au

MAX et devait marcher de la même manière que ce que fait Airbus avec sa famille A320. La FAA a entre guillemets appliqué la même règle pour eux.

Partie IV : Le rôle des pilotes dans la sécurité publique

Mesure de la sensibilisation

6. Comment décririez-vous votre rôle dans la sécurité publique en tant que pilote ?

N'importe quel petit incident doit être tout le temps dénoncé ou exprimé pour pouvoir en temps réel améliorer la sécurité. Dans l'aviation, il y a cette règle qui est primordiale : faire une erreur ce n'est pas grave, mais ce qui est grave c'est de ne pas en parler.

Analyse de la perception

7. Diriez-vous que les incidents entourant le 737 MAX ont changé votre perception de votre rôle en tant que pilote en matière de sécurité publique?

Non. Après en tant que pilote de petits avions c'est différent. Je n'ai pas la responsabilité de centaines de passagers derrière. Je vole principalement pour moi.