الفصل الثاني

التصميم الجيد

الانتخاب الطبيعى هو صانع ساعات أعمى، أعمى لأنه لايرى أماما، ولايخطط النتائج، وليس له هدف يراه. على أن النتائج الحية للانتخاب الطبيعى تحدث فينا انطباعا دامغا بأن فيه مظهر للتصميم والتخطيط. وهدف هذا الكتاب أن يحل هذه المفارقة بما يرضى القارئ، وهدف هذا الفصل فوق ذلك هو أن يحدث فى القارئ انطباعا بمدى ما لتوهم التصميم من قوة. وسوف ننظر فى مثل بذاته، ونستنتج منه أنه عندما يصل الأمر إلى تركب وجمال التصميم، فإن پالى لم يكد حتى يبدأ فى عرض القضية.

ونحن يمكننا القول بأن الجسد أو العضو الحى قد أحسن تصميمه عندما يكون له صفات هى مما قد يبنيه فيه مهندس ذكى عارف حتى يصل إلى بعض غرض معقول، كالطيران مثلا، أو السباحة، أو الرؤية، أو الأكل، أو التكاثر، أو على نحو أعم مايشجع البقاء والنسخ المتكرر لجينات الكائن الحى. وليس من الضروى افتراض أن تصميم الجسد أو العضو هو «أحسن» مايمكن لمهندس أن يفكر فيه. وعلى أى حال فكثيرا مايكون أحسن مايستطيعه أحد المهندسين هو مما يتجاوزه أحسن مايستطيعه مهندس آخر، خاصة إذا كان هذا الآخر يعيش لاحقا من حيث تاريخ التكنولوجيا. على أن أى مهندس يستطيع أن يتعرف على الشئ الذى قد تم تصميمه لهدف، حتى وإن ساء تصميمه، وهو عادة يستطيع أن يستنتج هذا الهدف بمجرد النظر إلى بنية هذا الشئ. وفى الفصل الأول كان ماشغلنا به أنفسنا فى الغالب هو النواحى الفلسفية. أما فى هذا الفصل، فسوف أبسط مثلا

حقيقيا بذاته أؤمن بأنه مما يؤثر فى أى مهندس، وهو جهاز السونار (*)(الرادار)عند الخفافيش. وفيما يلى سأشرح كل نقطة، سوف أبدأ بطرح إحدى المشاكل التى تواجهها الماكينه الحية، ثم أنظر فى الحلول الممكنة للمشكلة التى قد ينظر فيها مهندس ذى إدراك، وسوف أصل فى النهاية إلى الحل الذى اتخذته الطبيعة بالفعل. وهذا المثل الواحد هو بالطبع للإيضاح فحسب. وإذا تأثر مهندس بالخفافيش فإنه سيتأثر بأمثلة أخرى لاتحصى من التصميم الحى.

للخفافيش مشكلة هى: كيف تتبين طريقها فى الظلام. فهى تصطاد ليلا، ولاتستطيع استخدام الضوء ليساعدها فى العثور على الفريسة وتجنب العقبات. وتستطيع أن تقول أنه إذا كانت هذه مشكلة فهى من صنع الخفافيش أنفسها، مشكلة فى وسعها تجنبها ببساطة بأن تغير من عاداتها فتصطاد نهارا. ولكن اقتصاد النهار مستغل بالفعل استغلالا شديدا بواسطة مخلوقات أخرى مثل الطيور. وبافتراض أن ثمة كسب للعيش فى الليل، وبأفتراض أن المهن البديلة وقت النهار محتلة بأسرها، فإن الانتخاب الطبيعى سوف يحبذ الخفافيش التى تحاول اتخاذ مهنة الصيد ليلا. وفيما يعرض، فإن من المحتمل أن المهن الليلية ترجع وراءا إلى أسلافنا كلنا نحن الثدييات. فمن المحتمل أنه وقت أن كانت الديناصورات تهيمن على اقتصار النهار، فإن أسلافنا من الثدييات لم يتمكنوا من الإبقاء على حياتهم إلا لأنهم وجدوا طرقا لكسب العيش بالكاد فى الليل. ولم يتمكن أسلافنا من الخروج فى ضوء النهار بأعداد جوهرية إلا بعد الانقراض الجماعى الغامض للديناصورات الذى حدث منذ مايقرب من ٦٥ مليون سنة.

ولنعد إلى الخفافيش، إن لديها مشكلة هندسية: كيف تتبين طريقها وتعثر على فريستها فى غياب الضوء. والخفافيش ليست المخلوقات الوحيدة التى تواجه هذه المشكلة اليوم. فمن الواضح أن الحشرات الطائرة ليلا التى تفترسها الخفافيش يجب أن تتبين طريقها على نحو ما. وأسماك وحيتان أعماق البحار لديها ضوء قليل أو ليس لديها ضوء فى النهار أو الليل، لأن أشعة الشمس لاتستطيع اختراق الماء لمسافات بعيدة تحت سطحه. والسمك والدرافيل

(*) جهاز للكشف عن موقع الأشياء بواسطة انعكاس أمواج الصوت. (المترجم).

التى تعيش فى مياه موحلة لأقصى الدرجات لاتستطيع الرؤية، لأنه رغم وجود الضوء إلا أن مافى الماء من قذر يعوقه ويشتته. وثمه كثير من حيوانات حديثة أخرى تكسب عيشها فى ظروف تكون الرؤية فيها صعبة أو مستحيلة.

فإذا طرح السؤال عن كيفية المناورة فى الظلام، فما هى الحلول التى قد ينظر فيها المهندس؟ إن أول حل قد يتبادر له هو صنع ضوء، أو استخدام مصباح، أو كشاف. واليراعة وبعض أنواع السمك لها القدرة على صنع ضوئها الخاص بها (وذلك عادة بمساعدةالبكتريا)، على أنه يبدو أن هذه العملية تستهلك قدرا كبيرا من الطاقة. وتستخدم اليراعات ضوءها لجذب رفيق جنسها. وهذا لايتطلب طاقة يبلغ من كبرها أن تكون محظورة: فقضيب الذكر جد الصغير يمكن أن تراه الأنثى على بعض مسافة فى الليلة المظلمة، ذلك أن أعينها تتعرض مباشرة لمصدر الضوء نفسه. أما استخدام الضوء ليتبين الواحد طريقه نفسه فيما حوله فيتطلب قدرا من الطاقة أعظم كثيرا، ذلك أنه يكون على الأعين أن تكتشف ذلك الجزء الضئيل من الضوء الذى يرتد من كل جزء من المشهد. وهكذا فإذا كان مصدر الضوء سيستخدم كضوء كاشف لإنارة المسار، فإنه يجب أن يكون أنصع بدرجة هائلة مما لو كان سيستخدم كإشارة للآخرين. وعلى أى وسواء كانت تكلفة الطاقة هى السبب أم لم تكن، فإن مايبدو عليه الحال هو أنه، بجواز استثناء بعض السمك العجيب فى أعماق البحار، لايوجد حيوان سوى الإنسان يستخدم ضوءا مصنوعا لتبين طريقه.

أى شئ آخر يمكن أن يفكر فيه المهندس؟ حسن، يبدو أحيانا أن العميان من البشر يكون لديهم حس خارق بالعقبات التى فى طريقهم. وقد سمى ذلك «الرؤية الوجهية» لأن العميان يقررون أنهم يشعرون بشئ يشبه نوعا الإحساس باللمس على الوجه. ويروى أحد التقارير أن صبيا أعمى تماما كان يستطيع ركوب دراجته الثلاثية بسرعة جيدة حول مجموعة المبانى القريبة من منزله مستخدما «الرؤية الوجهية». وقد بينت التجارب أن «الرؤية الوجيهة» هى فى الحقيقة لاشأن لها باللمس أو جبين الوجه، رغم أن الإحساس قد يكون «محولا» إلى جبين الوجه، مثل الألم المحول(*) فى الطرف الشبح (المبتور). وقد ثبت فى

(*) Referred pain ألم مصدره مكان فى الجسم إلا أن الاحساس به يتحول إلى مكان آخر كأن يصاب القلب فيتحول إحساس الألم إلى الكتف. (المترجم).

النهاية أن الإحساس «بالرؤية الوجهية» إنما يأتى حقا من خلال الأذنين. فالعميان، دونما وعى بالحقيقة، يستخدمون بالفعل «أصداء» خطواتهم أنفسهم هى وأصوات أخرى، للإحساس بوجود العقبات. وقبل أن يُكتشف ذلك، كان المهندسون قد جهزوا بالفعل أجهزة تستغل هذا المبدأ، كما مثلا لقياس عمق البحر أسفل سفينة. وبعد أن تم اختراع هذا التكنيك، لم يعد الأمر سوى مجرد مسألة وقت حتى يقوم مصممو الأسلحة بتطبيق التكنيك للكشف عن الغواصات. وقد اعتمد كلا الطرفين المتحاربين فى الحرب العالمية الثانية اعتمادا هائلا على هذه الأجهزة، التى أطلقت عليها أسماء شفرية مثل أزديك (بريطانى) وسونار (أمريكى)، كما أعتمدوا على التكنولوجيا المماثلة للرادار (أمريكى) أو RDF (بريطانى) التى تستخدم أصداء اللاسلكى بدلا من أصداء الصوت.

على أن رواد السونار والرادار لم يكونوا يعرفون آنذاك، مايعرفه الآن العالم كله، وهو أن الخفافيش، أو بالحرى الانتخاب الطبيعى إذ يعمل على الخفافيش،قد وصل بهذا النظام إلى الكمال مبكرا بعشرات الملايين من السنين، فرادار الخفافيش يتوصل إلى إنجاز فذ من الاستكشاف والملاحة ينبهر له المهندسون إعجابا. وليس من الصواب تكنيكيا أن نتحدث عن جهاز رادار للخفاش، لأن الخفافيش لاتستخدم موجات اللاسكى، وإنما هو جهاز «سونار». على أن النظريات الرياضية التى فى الأساس من الرادار والسونار متشابهة جدا، والكثير من فهمنا العلمى لتفاصيل ماتفعله الخفافيش قد تأتى من تطبيق نظرية الرادار عليهم. وثمة عالم أمريكى للحيوان هو دونالد جريفن كان مسئولا إلى حد كبير عن اكتشاف السونار فى الخفافيش، وهو الذى صاغ مصطلح «تحديد الموقع بالصدى» Echo location ليغطى كلا من السونار والرادار، سواءا استخداما بواسطة الحيوان أو أجهزة الإنسان. ويبدو فى التطبيق أن الكلمة تستخدم أغلب الأمر للإشارة إلى سونار الحيوان.

والحديث عن الخفافيش كما لو كانت كلها متماثلة فيه لبس. والأمر يشبه أن تتكلم فى الوقت نفسه عن الكلاب، والأسود، وأبناء عرس، والدببة، والضباع، والباندا، وكلاب البحر، لمجرد أنها كلها لاحمات. مجموعات الخفافيش المختلفة تستخدم السونار بطرق مختلفة جذريا، يبدو أنها قد «ابتكرتها» على حدة وبصورة مستقلة، تماما مثلما نشأ الرادار

على نحو مستقل عند البريطانيين، والألمان، والأمريكان. والخفافيش لاتستخدم كلها تحديد الموقع بالصدى. فخفافيش الفاكهة الاستوائية فى العالم القديم ذات إبصار جيد، ومعظمها لاتستخدم سوى عينيها لتبين طريقها. على أن ثمة نوعا أو نوعين من خفافيش الفاكهة، مثل نوع روزيتاس Rousettus، لها القدرة على تبين طريقها فى الظلام المطلق، حيث ينبغى أن تكون الأعين عاجزة مهما كان أبصارها جيدا. فهى تستخدم السونار، ولكنه نوع من السونار أكثر بدائية مما تستخدمه الخفافيش الأصغر التى ألفناها نحن فى المناطق المعتدلة. وخفاش الروزيتاس يطرقع لسانه وهو يطير طرقعة عالية ذات إيقاع، وهو يوجه مساره بقياس الفترة الزمنية بين كل طرقعة وصداها. وثمة نسبة كبيرة من طرقعات الروزيتاس تكون مسموعة لنا بوضوح (وحسب التعريف فإن هذا يجلعها طرقعات صوتية وليست فوق صوتية: والموجات فوق الصوتية تماثل الصوتية تماما إلا أنها أعلى من أن يسمعها البشر).

ونظريا، فإنه كلما زادت طبقة الصوت زادت صلاحيتها للسونار الدقيق. ذلك أن الأصوات ذات الطبقات المنخفضة لها موجات طويلة بحيث لاتستطيع تحديد الفارق بين الأشياء التى يتقارب موقعها. وإذن، فمع تساوى كل العوامل الأخرى، فإن القذيفة التى تستخدم الأصداء لتوجيه مسارها يكون الأمثل لها أن تصدر أصواتا ذات طبقات عالية جدا. ومعظم الخفافيش تستخدم حقا بالفعل أصواتا ذات طبقات عالية إلى أقصى حد، هى أعلى كثيرا من أن يسمعها البشر ـ أى فوق صوتية. وعلى خلاف خفافيش الروزيتّاس، التى تحسن الرؤية إلى حد بالغ والتى تستخدم أصواتا غير معدلة ذات طبقة منخفضة نسبيا لتقوم بدور متواضع لتحديد الموضع بالصدى حتى تدعم إبصارها الجيد، فإن الخفافيش الأصغر تظهر مثل ماكينات للصدى هى تكينكيا على درجة راقية من التقدم. وهى ذات أعين دقيقة الصغر، يحتمل فى أغلب الأحوال أنها لاتستطيع أن ترى كثيرا. وهى تعيش فى عالم من الأصداء، ومن المحتمل أن أمخاخها يمكنها استخدام الأصداء لتصنع شيئا مماثلا «لرؤية» الصور، وإن كان مما هو أكثر من المحال بالنسبة لنا أن «نتصور» مايمكن أن تشبهه هذه الصور. وأصوات الضجيج التى تحدثها هذه الخفافيش لاتعلو قليلا فحسب عما يمكن للبشر سماعه، وكأنها نوع فائق لصفارة الكلاب، وإنما هى فى أحوال كثيرة أعلى إلى حد هائل من أعلى نغمة سمعها أى فرد أو يستطيع تصورها. ويتفق أنه من

حسن الحظ أننا لانستطيع سماعها، ذلك أنها قوية إلى حد هائل ولو تمكنا من سماعها فإنها ستكون عالية بما يحدث الصمم، وبما يستحيل معه النوم.

وتشبه هذه الخفافيش أن تكون مصغرا لطائرات التجسس التى تعج بالأجهزة المعقدة. وأمخاخها هى حزم من مصغرات لآلات الكترونية سحرية مضبوطة برهافة، قد برمجت برمجة بارعة بما يلزم لفك شفرة عالم من الأصداء فى الوقت الصحيح. ووجوهها كثيرا ما تكون ممسوخة فى أشكال بشعة تبدو لنا شنيعة، إلى أن ندركها على ماهيئت له، كآلات شكلت بإتقان لإشعاع الموجات فوق الصوتية فى الاتجاهات المطلوبة.

ورغم أننا لايمكننا أن نسمع مباشرة النبضات فوق الصوتية لهذه الخفافيش، إلا أننا نستطيع الحصول على بعض فكرة عما يحدث عن طريق ماكينة للترجمة أو «كشاف للخفاش». وتتلقى هذه الماكينه النبضات من خلال ميكروفون خاص فوق صوتى، وتحول كل نبضة إلى طرقعة مسموعة أو نغمة تستطيع سماعها من خلال سماعات على الرأس. وإذا أخذنا كشاف الخفافيش هذا إلى الخلاء فى الخارج حيث يقتات الخفاش، فسوف نسمع «متى» تصدر كل نبضة عن الخفاش، وإن كنا لانستطيع أن نسمع مايكون عليه «صوت» هذه النبضات واقعيا. ولو كان خفاشنا من نوع ميوتس Myotis، وهو أحد الخفافيش الصغيرة البنية الشائعة، فسوف نسمع أثناء ترحال الخفاش فى مهمة روتينية طرقعات متتابعة بسرعة تبلغ حوالى عشرة طرقعات فى الثانية. وهذه سرعة تقارب سرعة طابع الأخبار Teleprinter القياسى، أو مدفع رشاش من نوع برن.

ويمكن افتراض أنه بالنسبة للخفاش فإن صورة العالم الذى يجوس من خلاله تتجدد عشر مرات فى الثانية. أما الصورة البصرية عندنا نحن فيبدو أنها تتجدد باستمرار ما دامت أعيننا مفتوحة. ويمكننا أن نرى كيف يبدو العالم لو كانت صورته لدينا تتجدد على فترات متقطعة، إذا استخدمنا المنظار الدوار Stroboscope ليلا. ويستخدم هذا أحيانا فى ملاهى الديسكو، فتكون له بعض آثار درامية. ويبدو الشخص وهو يرقص كما لو كان تتاليا من أوضاع جامدة كالتماثيل. ومن الواضح أننا كلما زدنا سرعة الدوران، أصبحت الصورة مطابقة أكثر للرؤية السوية «المستمرة». وعندما تكون «عينات» الرؤية بالمنظار الدواربنفس سرعة الخفاش أثناء ترحاله التى تقارب عشر عينات فى الثانية، فإنها تكاد تكون رؤية صالحة

لبعض الأغراض العادية مثلما تصلح الرؤية السويّة «المستمرة»، وإن كانت لاتصلح للإمساك بكرة أو حشرة.

هذه بالضبط هى سرعة الخفاش فى أخذ العينات أثناء رحلة طيران روتينية. وعندما يكتشف الخفاش البنى الصغير حشرة ويبدأ الحركة فى مطاردة اعتراضية، فإن سرعة طرقعاته ترتفع. وبسرعة تفوق المدفع الرشاش يمكن أن تصل النبضات إلى قمة سرعتها وهى ٢٠٠ نبضة فى الثانية، وذلك عندما يطبق الخفاش فى النهاية على هدفه المتحرك. ولتقليد ذلك فإننا ينبغى أن نزيد من سرعة المنظار الدوار بحيث تنبثق ومضاته بسرعة تصل إلى ضعف سرعه دورات التيار الكهربائى الرئيسى، التى لاتلحظ فى شريط الضوء الفلورسنتى. ومن الواضح أننا لن نعانى من أى متاعب فى أداء كل وظائفنا البصرية الطبيعية، حتى ونحن نلعب الاسكواش أو كره النضد، فى عالم من الرؤية تتم «نبضاته» على مثل هذا التردد العالى. ولو تخيلنا أن مخ الخفاش يبنى صورة للعالم تماثل صورنا البصرية، فإن سرعة النبض وحدها فيها ما يدل على أن الصورة بالصدى عند الخفاش يمكن على الأقل أن تكون مفصلة و«مستمرة» مثل صورتنا البصرية. وبالطبع فقد تكون ثمة أسباب أخرى حتى لا تكون مفصلة بمثل درجة صورتنا البصرية.

فإذا كانت الخفافيش قادرة على زيادة سرعة أخذ عيناتها إلى مائتى نبضة فى كل ثانية، فلماذا لاتبقى سرعتها هكذا طول الوقت؟ وحيث أن من الواضح أن لديها «مفتاح» ضبط للسرعة على «منظارها الدوار» فلماذا لاتشغّل هذا المفتاح دائما بأقصى سرعة، فتحتفظ هكذا بإدراكها للعالم بأكثر درجاته حدة طول الوقت، بحيث تستطيع مجابهة أى حالة طارئة؟ وأحد أسباب أن ذلك لايحدث هو أن هذه السرعات العالية لاتلائم إلا الأهداف القريبة.ولو أنطلقت نبضة فى التو فى أعقاب سابقتها فإنها تختلط بصدى صوت سابقتها وهو يرتد من هدف بعيد. وحتى لو لم يكن الأمر هكذا، فإن من المحتمل أن تكون ثمة أسباب اقتصادية قوية لعدم الإبقاء على أقصى سرعة للنبض طول الوقت. ولابد وأن إصدار نبضات فوق صوتية عالية هو أمر مكلف، مكلف فى الطاقة، ومكلف فى استهلاك الصوت والأذان، وربما يكون مكلفا فيما يتعلق بوقت الكمبيوتر. فالمخ الذى يتعامل

بتحديد مائتى صدى كل ثانية قد لايجد فائضا من القدرة للتفكير فى أى شئ آخر. بل إن إطلاق مايقرب فى سرعته من عشر نبضات فى الثانية ربما يكون جد مكلف، ولكنه أقل كثيرا فى تكلفته عن السرعة القصوى التى تصل لمائتى نبضة فى الثانية. والخفاش الواحد لو زاد من سرعة إطلاق نبضاته سيدفع ثمنا إضافيا من الطاقة، والمخ، لن يبرره زيادة السونار دقة. وعندما يكون الشئ الوحيد الذى يتحرك فى الجيرة المباشرة هو الخفاش نفسه، فإن العالم الظاهر يكون فيه تماثل كافى فيما يتعاقب من أعشار الثانية بحيث لايحتاج الأمر لأخذ عينات منه بتواتر أعلى من ذلك. وعندما تكون الجيرة متوائبة بشئ متحرك آخر، وبخاصه حشرة طائرة تلف وتدور وتغوص فى محاولة يائسة للتخلص من مطاردها، فإن ما يناله الخفاش من فائدة إضافية بزيادة سرعة أخذ العينات يصبح فيه مايبرر ارتفاع التكلفة وأكثر. وبالطبع فإن اعتبارات التكلفة والفائدة فى هذه الفقرة كلها من باب الظن، على أن شيئا مثل هذا يجب، بما يكاد يكون مؤكدا، أن يحدث.

وعندما يأخذ مهندس فى تصميم جهاز سونار أو رادار كفء فإنه سرعان ما يصل إلى مجابهة المشكلة الناجمة عن الحاجة لجعل النبضات عالية لأقصى حد. وهى يجب أن تكون عالية لأنه عند بث صوت ما فإن جبهة موجته تتقدم على شكل كرة تتسع أبدا. وتتوزع شدة الصوت، أو أنها بمعنى ماتصبح «مخففة» على سطح الكرة كله. ومساحة سطح أى كرة تتناسب مع مربع نصف القطر. وإذن فإن شدة الصوت عند أى نقطة بعينها على الكرة تتناقص فى تناسب، ليس مع بعد المسافة (نصف القطر) وإنما فى تناسب مع مربع بعد المسافة من مصدر الصوت، وذلك أثناء تقدم جبهة الموجة، واتساع الكرة. ويعنى هذا أن الصوت يصبح أخفت بسرعة كبيرة نوعا، إذ يرحل بعيدا عن مصدره، وهو فى هذه الحالة الخفاش.

وعندما يصطدم هذه الصوت المخفف بشئ، كالذبابة مثلا، فإنه يرتد ثانيه منها. والآن فإن هذا الصوت المنعكس هو بدوره ينتشر من الذبابة فى جبهة موجة كروية متسعة. ولنفس السبب كما فى حالة الصوت الأصلى، فإنه يضمحل حسب مربع بعد المسافة من الذبابة. ووقت وصول الصدى إلى الخفاش ثانية، يكون اضمجلال شدته متناسبا، لامع بعد مسافة الذبابة من الخفاش، ولاحتى مع مربع بعد هذه المسافة، وإنما مع ماهو أشبه بمربع المربع ـ الأس الرابع للمسافة. وهذا يعنى أنه سيكون حقا صوت خافت جدا جدا. ويمكن التغلب على المشكلة فى جزء منها لو أن الخفاش أرسل الصوت بواسطة ما

يرادف البوق المكبر، بشرط أن يعرف مسبقا اتجاه الهدف. وعلى أى حال فإذا كان للخفاش مطلقا أن يتلقى أى صدى معقول من هدف بعيد، فإن الصرير الصادر عن الخفاش ينبغى أن يكون عند خروجه منه عاليا جدا بحق، والآلة التى تكتشف الصدى، أى الأذن، يجب أن تكون عاليه الحساسية للأصوات الخافتة جدا ـ الأصداء. وكما رأينا، فإن صيحات الخفافيش هى حقا عالية جدا فى الغالب، وأذانها حساسة جدا.

والآن فهاك المشكلة التى ستصدم المهندس الذى يحاول تصميم ماكينة مثل الخفاش. لو كان الميكروفون، أو الأذن، بمثل هذه الدرجة من الحساسية، فإنه سيكون فى خطر عظيم من أن يصيبه تلف شديد بسبب مايصدر من نبضات صوته نفسه ذات الارتفاع الهائل. وليس من المفيد محاولة التغلب على المشكلة بجعل الأصوات أكثر خفوتا، لأن الأصداء عندئذ ستصبح أخفت من أن تسمع. وليس من المفيد محاولة التغلب على «ذلك» بأن يُجعل الميكروفون (الأذن) أكثر حساسية، حيث أن ذلك سيؤدى فحسب إلى جعله أكثر تعرضا للتلف من الأصوات الصادرة، وإن كانت الآن أخفت شيئا ما! فهذا الإشكال أمر ملازم للفارق الدرامى مابين شدة الصوت الصادر والصدى المرتد، وهو فارق تفرضه قوانين الفيزياء فرضا شديدا.

ماهو الحل الآخر الذى قد يخطر للمهندس؟ عندما اصطدم مصممو الرادار فى الحرب العالمية الثانية بمشكلة مماثلة، وقعوا على حل لها سموه رادار «الإرسال/ التلقى». فإشارات الرادار ترسل فى نبضات قوية جدا كما هو ضرورى. وهذه النبضات ربما ستؤدى إلى إتلاف الهوائيات ذات الحساسية العالية (قرون الإستشعار عند الأمريكان) التى تنتظر الأصداء الواهنة المرتدة. وفى دائرة «الإرسال/ التلقى» يتم فصل الهوائى المتلقى بصورة مؤقتة وذلك بالضبط قبل أن تحين لحظة إرسال النبض الصادر، ثم يعاد تشغيل الهوائى ثانية فى الوقت المناسب لتلقى الصدى.

والخفافيش قد أنشأت تكنولوجيا تحويل «الإرسال/ التلقى» منذ زمن طويل وطويل، لعله يبلغ ملايين السنين التى تسبق نزول أسلافنا من فوق الأشجار. وهى تعمل كالتالى. فى آذان الخفافيش ، مثلما فى أذاننا، ينتقل الصوت من طبلة الأذن إلى الخلايا الميكروفونية

الحساسة للصوت، عن طريق قنطرة من ثلاث عظام دقيقة تعرف (باللاتينية) باسم المطرقة، والسندان، والركاب، وذلك بسبب شكلها. وفيما يتفق، فإن طريقة تركيب هذه العظام الثلاث بما بينها من مفاصل، تماثل تماما ماقد يصممه مهندس لأجهزة من النوع عالى الدقة Hi Fi (*) من أجل أن تقوم بوظيفة ضرورية من «توافق ـ للمقاومة» - Impedance matching، على أن هذه قصة أخرى. وما يهمنا هنا هو أن بعض الخفافيش لها عضلات جيدة النمو ومثبتة فى الركاب والمطرقة. وعندما تنقبض هذه العضلات فإن العظام لاتنقل الصوت بالكفاءة اللازمة ـ فالأمر كما لو كُنت قد أخرست ميكروفونا بأن سددت بإبهامك غشاءه المتذبذب. ويستطيع الخفاش استخدام هذه العضلات ليوقف عمل أذنيه مؤقتا، وتنقبض هذه العضلات مباشرة قبل أن يبث الخفاش كل نبضة صادرة، وبذا تبطل عمل الأذنين بحيث لاتتلفهما النبضة العالية. ثم ترتخى العضلات بحيث تعود الأذنين إلى حساسيتهما القصوى تماما فى الوقت المناسب للصدى المرتد. ونظام تحويل الإرسال/ التلقى هذا لايصلح للعمل إلا إذا تم الاحتفاظ بدقة التوقيت بجزء من الثانية. والخفاش المسمى تاداريدا Tadarida له القدرة على قبض وإرخاء عضلات التحويل عنده بالتناوب خمسين مرة فى كل ثانية، محتفظا بتزامن محكم مع النبضات فوق الصوتية التى تشبه مدفعا رشاشا. إنه توقيت فذ هائل، يمكن مقارنته بحيلة بارعة استخدمت فى بعض الطائرات المقاتلة أثناء الحرب العالمية الأولى. فقد كانت مدافعها الرشاشة تطلق نيرانها «من خلال» المروحة، فى توقيت متزامن تزامنا حريصا مع دورة المروحة بحيث تمر الطلقات دائما بين ريش المروحة ولاتصيبها قط.

والمشكلة الثانية التى قد تقع لمهندسنا هى التالى. إذا كان جهاز السونار يقيس مسافة الأهداف بأن يقيس مدة السكون التى بين إطلاق الصوت وصداه المرتد ـ وهى الطريقة التى يبدو أن الروسيتّاس يستخدمها حقا ـ فإنه يبدو أنه يجب أن تكون الأصوات وجيزة جدا، نبضات متقطعة. فالصوت الطويل الممتد يظل مستمرا عندما يعود الصدى، وحتى لو أنه أخمد جزئيا بعضلات الإرسال/ التلقى، فإنه سيكون عقبة فى طريق الكشف عن

(*) أجهزة الكترونية (كالرادار مثلا) ذات دقة عالية فى استقبال الأصوات وبثها Hi Fi = High Fidelity. (المترجم).

الصدى. فمن الوجهة المثالية، يبدو أن نبضات الخفاش ينبغى أن تكون حقا موجزة جدا. على أنه كلما كان الصوت أشد إيجازا، زادت صعوبة جعله على درجة كافية من القوة بحيث ينتج صدى معقولا. ويبدو أن قوانين الطبيعة قد فرضت هكذا عقبة أخرى يؤسف لها ويجب التخلص منها. وثمة حلان قد يقعا للمهندسين العباقرة هنا، بل هما قد وقعا لهم فعلا عندما لاقوا المشكلة نفسها، وذلك مرة أخرى فى حالة الرادار المماثلة. وتفضيل أى من الحلين يعتمد على ما إذا كان الأمر الأكثر أهمية هو قياس مدى مسافة بعد الشئ عن الجهاز أو السرعة (سرعة تحرك الشئ بالنسبة للجهاز). والحل الأول هو مايعرف عند مهندسى الرادار بأنه «الرادار المغرد».

وفى وسعنا تصور إشارات الرادار كسلسلة من النبضات، على أن كل نبضة لديها مايسمى تردد الموجة الحاملة. وهذا مايماثل «الطبقة الصوتية» لنبضة صوتية. أو فوق صوتية وصيحات الخفاش، كما رأينا، لها سرعة ترديد للنبضات تبلغ العشرات أو المئات فى الثانية. وكل واحدة من هذه النبضات لها تردد للموجة الحاملة يبلغ من عشرات الآلاف الى مئات الآلاف من الدورات فى كل ثانية. وبكلمات أخرى، فإن كل نبضة هى صرخة من طبقة عالية. وبالمثل فإن كل نبضة رادار هى «صرخة» من موجات اللاسلكى، لها موجة حاملة ذات تردد عالى. والسمة المميزة للرادار المغرد هى أنه ليس فيه تردد ثابت للموجة الحاملة أثناء كل صرخة.وبدلا من ذلك، فإن تردد الموجة الحاملة ينقض لأعلى أو لأسفل بما يقارب الأوكتاف(*) Octave. فلو فكرنا فى الرادار بمثل ما يكون عليه مرادفه الصوتى، فإن كل بثة من الرادار يمكن النظر إليها على أنها مثل صفارة ذئب منقضة. وميزة الرادار المغرد، بالمقارنه بالنبضة ذات الطبقة الثابتة هى التالى، ليس من المهم أن تكون التغريدة الأصلية مازالت مستمرة أثناء عودة الصدى. فلن يختلط أمر أحدهما بالآخر. ذلك أن الصدى الذى يتم اكتشافه فى أى لحظة بعينها سيكون انعكاسا لجزء أكثر تبكيرا من التغريدة، وسيكون له بالتالى طبقة صوتية مختلفة.

ومصممو الرادار البشريون قد استفادوا من هذا التكنيك البارع. فهل من دليل على أن

(*) طبقة صوتية ـ جواب الصوت. (المترجم).

الخفافيش قد «اكتشفته» أيضا، مثلما أكتشفت نظام الإرسال / التلقى؟ حسن، الحقيقة أن أنواعا عديدة من الخفافيش تصدر بالفعل صيحات تنقض لأسفل، بما يقارب عادة أوكتافا أثناء كل صيحة. وصيحات صفارة الذئب هذه تعرف بالتردد المتغير (FM). ويبدو أنها بالضبط ما يُطلب لاستغلال تكنيك «الرادار المغرد». على أنه يوجد حتى الآن من الأدلة ما يبين أن الخفافيش تستخدم التكنيك، لا لتمييز الصدى عن الصوت الأصلى الذى أصدرته، وإنما لمهمة أرهف هى تمييز الأصداء عن غيرها من الأصداء. فالخفاش يعيش فى عالم من الأصداء، أصداء من أشياء قريبة، ومن أشياء بعيدة، ومن أشياء على كل المسافات المتوسطة. وعلى الخفاش أن يفرز هذه الأصداء أحدها من الآخر. وهو إذا أصدر تغريدات صفارة ذئب منقضة لأسفل، فإن الفرز يتم ببراعة عن طريق طبقة الصوت. وإذا وصل صدى من شئ بعيد عائدا فى النهاية إلى الخفاش، فإنه سيكون صدى «أقدم» من الصدى الذى يصل فى الوقت نفسه عائدا من شئ قريب. وهكذا فإنه سيكون من طبقة أعلى، وعندما يجابه الخفاش بأصداء متصادمة آتية من أشياء عديدة، فإنه يستطيع تطبيق حكم التجربة: الطبقة الأعلى تعنى مسافة أبعد.

والفكرة البارعة الثانية التى قد تقع للمهندس، خاصة ذلك الذى يهتم بقياس سرعة هدف متحرك، هى الاستفادة بما يسميه الفيزيائيون «إزاحة دوبلر» Doppler Shift. ويمكن تسمية ذلك «ظاهرة عربة الإسعاف» لأن أكثر ظاهرة مألوفة له هى الانخفاض المفاجئ فى طبقة صوت صفارة إنذار عربة الإسعاف عندما تمر بسرعة عبر السامع. فإزاحة دوبلر يتم وقوعها كلما تحرك مصدر للصوت (أو الضوء أو أى نوع من الموجات) والمتلقى لهذا الصوت أحدهما بالنسبة للآخر. ومن الأسهل تصور أن مصدر الصوت لايتحرك وأن المستمع هو الذى يتحرك. ولنفرض أن صفارة إنذار على سطح أحد المصانع تعول باستمرار، فى نغمة واحدة طول الوقت. سوف ينتشر الصوت للخارج كسلسلة من الموجات. وهذه الموجات لايمكن رؤيتها، لأنها موجات من ضغط الهواء. ولو أمكن رؤيتها فإنها ستشبه الدوائر المتداخلة التى تنتشر للخارج عندما نرمى بالحصى وسط بركة ساكنة. ولنفرض أن تسلسل من الحصى يلقى إلى وسط البركة فى تتال سريع، بحيث تنتشر

الموجات باستمرار من وسط البركة. فإذا ربطنا قاربا صغيرا من لعب الأطفال عند نقطة ثابتة فى البركة، فإنه سوف يهتز فى إيقاع لأعلى ولأسفل عندما تمر الموجات من تحته. والتردد الذى يهتز به القارب يتماثل مع طبقة الصوت، ولنفرض الآن أن القارب بدلا من أن يكون مربوطا، فإنه يبحر عبر البركة فى الاتجاه العام للمركز الذى تنبع منه دوائر الموجات، فإنه سيظل يهتز لأعلى ولأسفل إذ يصطدم بجبهات الموجات المتتالية. على أن تردد إصطدامه بالموجات الآن سيكون أعلى، حيث أنه يتحرك متجها إلى مصدر الموجات، وهكذا فإنه سيهتز لأعلى ولأسفل بسرعة أكبر، ومن الناحية الأخرى، فإن القارب عندما يتجاوز مصدر الموجات ويبحر بعيدا للجهة الأخرى، فمن الواضح أن تردد اهتزازه لأعلى ولأسفل سوف يقل.

ولنفس السبب، فإننا عندما نسوق بسرعة دراجة آلية (الأفضل أن تكون هادئة) عبر صفارة إنذار معولة بأحد المصانع، فإننا كلما اقتربنا من المصنع تزيد طبقة الصوت: وآذاننا فى الواقع ستلتقط الموجات بسرعة أكبر مما لوظللنا جالسين بلا حراك. وبنفس النوع من المحاجة، فإنه عندما تتجاوز دراجتنا الآلية المصنع وتتحرك بعيدا عنه فإن طبقة الصوت ستنخفض. ولو توقفنا عن الحركة فسوف نسمع طبقة صوت صفارة الإنذار كما هى فى الواقع، فى وضع متوسط بين الطبقتين المزاحتين بإزاحة دوبلر. ويترتب على ذلك أننا لو عرفنا طبقة صفارة الإنذار بالضبط، فإن من الممكن نظريا حساب السرعة التى نتحرك بها إليها أو بعيدا عنا بمجرد الاستماع إلى الطبقة الصوتية الظاهرية، ومقارنتها بالطبقة «الحقيقية» المعروفة.

وتنطبق نفس القاعدة عندما يتحرك مصدر الصوت ويكون المستمع بلا حراك. وهذا هو السبب فى أنها تنطبق على عربات الإسعاف. ويقال فيما لايكاد يصدق أن كريستيان دوبلر نفسه برهن على ظاهرته باستئجار فرقة موسيقى نحاسية لتعزف من فوقة عربة قطار مفتوحة وهى تندفع عبر جمهور مستمعيه المذهولين. والمهم هنا هو الحركة النسبية، وفيما يختص «بظاهرة دوبلر» فإنه لايهم إذا كنا نعتبر أن مصدر الصوت يتحرك عبر الأذن، أو أن الأذن تتحرك عبر مصدر الصوت. وإذا مر قطاران فى اتجاهين مضادين، وكان كل منهما

يتحرك بسرعة ١٢٥ ميلا فى الساعة، فسوف يسمع المسافر فى أحد القطارين صفارة القطار الآخر وهى تنقض لأسفل من خلال إزاحة دوبلر ذات صورة درامية خاصة، حيث أن السرعة النسبية هنا هى ٢٥٠ ميلا فى الساعة.

و«ظاهرة دوبلر» تستخدم فى الكمائن الرادارية للسرعة، التى تستخدمها الشرطة لسائقى السيارات. فثمة جهاز ساكن يبث إشارات الرادار أسفل الطريق. وترتد موجات الرادار من السيارات المقتربة، ويتم تسجيلها بجهاز استقبال. وكلما زادت سرعة حركة السيارة، زاد تردد إزاحة دوبلر. وبمقارنة التردد الصادر بتردد الصدى المرتد فإن الشرطة، أو بالحرى جهازها الأوتوماتيكى، يستطيع حساب سرعة كل سيارة. وإذا كانت الشرطة تستطيع استغلال هذا التكنيك لقياس سرعة أشرار الطريق، فهل نجرؤ على أن نأمل فى أننا سنجد أن الخفافيش تستخدمه لقياس سرعة الحشرة الفريسة؟

إن الإجابة هى نعم. فالخفافيش الصغيرة المعروفة بخفافيش حدوة الحصان قد عرف عنها منذ زمن طويل أنها تبث صيحات نعيب طويلة ذات طبقة ثابتة بدلا من الطرقعات المتقطعة أو صفارات الذئب المتهابطة. وعندما أقول طويلة، فإنى أعنى طويلة بمستويات الخفاش. فما زالت صيحات النعيب هذه أقل طولا من عشر الثانية. وكثيرا ما يكون هناك «صفارة ذئب» تتصل بنهاية كل صيحة نعيب، كما سوف نرى. ولنتخيل أولا، أن خفاش حدوة الحصان يصدر عنه همهمة متصلة من موجات فوق صوتية وهو يطير نحو شئ ثابت كشجرة مثلا. سوف تصطدم جبهات الموجات بالشجرة بسرعات متزايدة بسبب حركة الخفاش نحو الشجرة، ولو خُبأ ميكروفون فى الشجرة، فإنه سوف «يسمع» الصوت وقد تزحزح بإزاحة دوبلر لما هو أعلى طبقة وذلك بسبب حركة الخفاش. وليس من ميكروفون فى الشجرة، ولكن الصدى الذى ينعكس مرتدا من الشجرة سيتزحزح بإزاحة دوبلر لما هو أعلى طبقة على هذا النحو. والآن فمع انسياب جبهات موجات الصدى مرتدة من الشجرة ومتجهة إلى الخفاش المقترب، فإن الخفاش مازال يتحرك بسرعة نحو الموجات. وإذن فسيكون هناك فى إدراك الخفاش لطبقة صوت الصدى قدر أكبر من إزاحة دوبلر لأعلى. فحركة الخفاش تؤدى إلى نوع من التضاعف لإزاحة دوبلر، التى يكون

مقدارها دالة دقيقة لسرعة الخفاش، بالنسبة للشجرة. وإذن فبمقارنة طبقة صوت صيحته بطبقة الصدى المرتد، يستطيع الخفاش نظريا (أو بالحرى آلة الكمبيوتر المحملة فى مخه) أن يحسب سرعة حركته نحو الشجرة. وإذا كان هذا لاينبئ الخفاش بقدر بعده عن الشجرة، إلا أنه رغم ذلك قد يكون فيه معلومات مفيدة جدا.

وإذا كان الشئ الذى يعكس الأصداء ليس شجرة ساكنة وإنما هو حشرة متحركة،فإن نتائج ظاهرة دوبلر ستكون أكثر تعقدا، إلا أن الخفاش مازال يستطيع حساب سرعة الحركة النسبية بينه هو نفسه وهدفه. ومن الواضح أن هذا هو بالضبط نوع المعلومات الذى تحتاجه قذيفة موجهه معقدة مثل الخفاش الصائد. والواقع أن بعض الخفافيش تقوم بحيلة تثير الاهتمام أكثر من مجرد بث صيحات نعيب ذات طبقة ثابتة ثم قياس طبقة الأصداء المرتدة. فهذه الخفافيش تضبط بدقة طبقة صيحات النعيب المنبعثة، بطريقة تحفظ طبقة الصدى ثابته بعد أن تتأثر بإزاحة دوبلر. وهى إذ تسرع نحو حشرة متحركة، فإن طبقة صيحاتها تتغير بثبات، وهى تتصيد بإستمرار الطبقات التى تحتاجها بالضبط لتحفظ الأصداء المرتدة فى طبقة محددة. وهذه الحلية البارعة تحفظ الصدى فى الطبقة التى تكون آذانها حساسة لها أقصى الحساسية ـ وهذا أمر هام لأن الأصداء خافته جدا. والخفافيش هكذا تستطيع الحصول على المعلومات اللازمة لحساباتها عن ظاهرة دوبلر، بأن تقيس الطبقة التى يلزم عليها الصياح بها حتى تصل إلى صدى ذى طبقة محددة. ولا أعرف إن كانت الأجهزة التى صنعها الإنسان، سواء السونار أو الرادار، تستخدم هذه الحيلة الحاذقة. على أنه على أساس مايبدو من أن أبرع الأفكار فى هذا المجال قد نشأت أولا بواسطة الخفافيش، فإنى لا أجد بأسا فى الرهان على أن الإجابة هى بنعم.

ولايمكن إلا أن نتوقع أن هذين التكنيكين المختلفين نوعا ما، تكنيك ظاهرة إزاحة دوبلر، وتكنيك «الرادار المغرد» هما تكنيكان مفيدان لأغراض خاصة مختلفة. وبعض جماعات الخفافيش تتخصص فى أحدهما، وبعضها فى الآخر. ويبدو أن بعض الجماعات تحاول الوصول إلى أحسن مافى المجالين، فترسل «صفارة ذئب» من نوع التردد المتغير موصولة بآخر (أو أحيانا بأول) «صحية النعيب» الطويلة ذات التردد الثابت. وثمة

حيلة طريفة أخرى لخفافيش حدوة الحصان تختص بحركات الأهداب الخارجية لآذانها. فبخلاف الخفافيش الأخرى، تحرك خفافيش حدوة الحصان الأهداب الخارجية لآذانها فى خفقات سريعة تتناوب أماما وخلفا. ومما يمكن تصوره أن هذه الحركة الإضافية السريعة لمسطح الاستماع منسوبة للهدف تسبب تعديلات مفيدة فى إزاحة دوبلر، تعديلات تعطى معلومات إضافية. فعندما تخفق الأذن فى إتجاه الهدف، فإن السرعة الظاهرية للحركة فى اتجاه الهدف تتزايد. وعندما تخفق الأذن بعيدا عن الهدف يحدث العكس. ومخ الخفاش «يعرف» اتجاه خفقان كل أذن، وهو يستطيع من حيث المبدأ أن يقوم بالحسابات اللازمة للاستفادة من المعلومات.

ولعل أصعب مشكلة تجابهها الخفافيش هى خطر «التداخل» غير المقصود من صيحات الخفافيش الأخرى. وقد كشفت التجارب البشرية عن أن من الصعب إلى حد مدهش تحويل الخفافيش عن مسارها بأن توجه إليها موجات فوق صوتية مصطنعة مرتفعة. ولعله من الممكن للمرء أن يتنبأ بذلك بالتبصر وراءا. فلابد وأن الخفافيش قد وصلت إلى حل لمشكلة تجنب التداخل من زمن بعيد. وثمة أنواع كثيرة من الخفافيش تأوى فى تجمعات هائلة فى كهوف لابد وأن فيها جلبة من الموجات فوق الصوتية والأصداء تصم الآذان، على أن الخفافيش رغم ذلك تستطيع الطيران سريعا بالكهف، متجنبة الجدران ومتجنبة أحدها الآخر فى ظلام كامل. كيف يستطيع الخفاش أن يتبع مسار أصدائه هو نفسه، ويتجنب أن يضلل بأصداء الخفافيش الأخرى؟ وأول حل قد يخطر لأحد المهندسين هو نوع من الشفرة للتردد: فقد يكون لكل خفاش تردده الخاص به تماما مثل محطات الراديو المنفصلة. وإلى حد ما فربما كان هذا هو ما يحدث، ولكنه على أى حال ليس بالقصة الكاملة.

إن طريقة تجنب الخفافيش للتداخل من الخفافيش الأخرى ليست مفهومة تماما، على أن ثمة إشارات مثيرة للإهتمام تأتت من التجارب التى تحاول إخراج الخفافيش عن مسارها. فقد ثبت فى النهاية أنه يمكنك أن تخدع بعض الخفافيش بفعالية لو أنك أعدت إصدار صيحاتها هى «أنفسها» إليها مع «تأخير» مصطنع، وبكلمات أخرى، أن تعطيها

أصداء زائفة لصيحاتها هى أنفسها. بل إن من الممكن، بالتحكم الحريص فى الجهاز الالكترونى الذى يؤخر الصدى المزيف، أن تجعل الخفافيش تحاول أن تحط على إفريز «وهمى». وأعتقد أن هذا هو المرادف الخفاشى للنظر إلى العالم من خلال عدسة.

ويبدو أن الخفافيش، ربما تستخدم شيئاً ما نستطيع إن نسميه «مرشح الغربة». إن كل صدى متتالى من صيحات الخفاش نفسه ينتج صورة للعالم لها معناها بلغة من صورة العالم السابقة التى بنتها الأصداء الأقدم. وإذا سمع مخ الخفاش صدى لصيحة خفاش آخر، وحاول دمجها فى صورة العالم التى كوّنها من قبل، فلن يكون لها معنى. وسيبدو وكأن أشياء العالم قد تواثبت فجأة فى اتجاهات عشوائية مختلفة. وأشياء العالم الواقعى ليست بالتى تسلك بمثل هذه الطريقة المجنونة، وهكذا فإن المخ يستطيع على نحو آمن أن يرشح بعيدا ذلك الصدى الظاهرى على أنه ضوضاء فى الخلفية. وإذا قام إنسان بتجربة مد الخفاش «بأصداء» لصيحات الخفاش نفسه متأخرة أو معجلة صناعيا، فإن الأصداء الزائفة «سيكون» لها معنى بلغة صورة العالم التى سبق أن بناها الخفاش. فهذه الأصداء الزائفة يتقبلها مرشح الغربة لأنها مقبولة فى محيط الأصداء السابقة. وهى تجعل الأشياء تبدو مزاحة فى وضعها بقدر صغير فحسب، وهو مما يمكن توقع أن تفعله الأشياء فى العالم الحقيقى على نحو مقبول. ومخ الخفاش يعتمد على فرض أن العالم كما تصوره أى نبضة صدى واحدة سيكون إما هو العالم نفسه الذى صورته النبضات السابقة، أو هو يختلف اختلافا بسيطا فحسب: فلعل الحشرة المتعقبة مثلا، قد تحركت قليلا.

وثمة ورقة بحث مشهورة للفيلسوف توماس ناجل تسمى «ماذا يشبه أن يكون المرء خفاشا؟» والورقة ليست عن الخفافيش بقدر ماهى عن المشكلة الفلسفية لتصور ما «يشبهه» الامر عندما نكون أى شئ بخلاف مانحن عليه. على أن السبب فى أن الخفاش هو بالذات المثل الصالح بالنسبة لأحد الفلاسفة، هو أن خبرات الخفاش الذى يحدد الموضع بالصدى هى مما يفترض أنها غريبة ومختلفة بصورة خاصة عن خبراتنا. ولو أردت أن تشارك الخفاش خبرته، فيكاد يكون مؤكدا أنك ستضلّل إلى حد هائل لو ذهبت إلى داخل كهف، وصرخت أو قرعت ملعقتين معا، وقدرت واعيا الزمن الذى يمر حتى تسمع الصدى، ثم حسبت من ذلك مايجب أن يكونه بعد الجدار.

فليس فى هذا مايشبه ما يكونه الخفاش، مثلما أن ما يلى ليس بالصورة الجيدة لمايشبه ماتكونه رؤية الألوان: بأن تستخدم جهازا لقياس طول موجة الضوء الذى يدخل عينك: وإذا كانت الموجة طويلة، فإن ماتراه هو الأحمر، وإذا كانت قصيرة فإن ما تراه هو البنفسجى أو الأزرق. ويتفق أن من الحقائق الفيزيائية أن الضوء الذى نسميه أحمرا له موجه أطول من الضوء الذى نسميه أزرقا. وأطوال الموجات المختلفة تشغّل مافى شبكيتنا من الخلايا الضوئية الحساسة للأحمر والحساسة للأزرق. على أنه ليس من أثر لمفهوم طول الموجة فى إحساسنا الذاتى بالألوان. فسؤال «ماذا يشبه» أن نرى الأزرق أو الأحمر لايخبرنا عن أى ضوء هو ذو الموجة الأطول. وإذا كان ذلك مهما (وهو عادة ليس مهما)، فإن علينا فحسب أن نتذكره، أو أن نبحث عنه فى كتاب (وهذا ماأفعله دائما). وبالمثل، فإن الخفاش يدرك وضع الحشرة مستخدما مانسميه الأصداء. على أن من المؤكد أن الخفاش لايفكر بلغة تأخيرات الأصداء عندما يدرك وجود حشرة، بأكثر مما نفكر ننحن بلغة طول الموجات عندما ندرك اللون الأزرق أو الأحمر.

والحقيقة أننى لو أجبرت على محاولة المستحيل، بأن أتخيل ماذا يشبه أن أكون خفاشا، لكنت أخمن أن تحديد الموضع بالصدى بالنسبة لهم، يشبه أن يكون كالرؤية عندنا. ونحن حيوانات مبصرة على نحو كامل بحيث أننا لانكاد ندرك كيف أن الرؤية مهمة معقدة للغاية. فالأشياء «هناك بالخارج»، ونحن نعتقد أننا «نراها» هناك بالخارج. على أنى أخال أن إدراكنا الحسّى هو حقا نموذج كمبيوتر بارع داخل مخنا، بنى على أساس معلومات تأتى من الخارج هناك، ولكنها تتحول فى الرأس إلى شكل تكون المعلومات فيه مما يمكن «استخدامه». فاختلاف طول موجات الضوء هناك بالخارج يتم تشفيره كاختلاف فى «اللون» فى نموذج الكمبيوتر الذى فى الرأس. والشكل هو والصفات الأخرى يتم إدخالها فى شفرة بنفس الطريقة، فتشفّر بصورة ملائمة للتناول. والإحساس بالرؤية بالنسبة لنا، يختلف تماما عن الإحساس بالسمع، ولكن هذا لايمكن أن يرجع بصورة مباشرة إلى الاختلافات الفيزيائية بين الضوء والصوت. فرغم كل شئ، فإن الضوء والصوت كلاهما يترجم بواسطة أعضاء الحس المختصة إلى نفس النوع من نبضات الأعصاب. ومن المستحيل أن نعرف من الصفات الفيزيائية لنبض العصب، إذا كان العصب

ينقل معلومات عن الصوت أو عن الشم. والسبب فى أن إحساس الرؤية يختلف تماما عن إحساس السمع وعن إحساس الشم هو أن المخ يجد أن من الملائم استخدام أنواع مختلفة من نموذج داخلى لعالم الرؤية، ولعالم الصوت، ولعالم الرائحة. فأحاسيس الرؤية والسمع تختلف تماما بسبب أننا «نستخدم داخليا» معلوماتنا البصرية ومعلوماتنا الصوتية بطرق مختلفة ولأغراض مختلفة. وليس هذا مباشرة بسبب من الاختلافات الفيزيائية بين الضوء والصوت.

ولكن الخفاش يستخدم معلوماته من «الصوت» للهدف نفسه بالضبط الذى نستخدم له معلوماتنا «البصرية». فهو يستخدم الصوت ليدرك، وليجدد باستمرار إدراكه، لوضع الأشياء فى الفضاء الثلاثى الأبعاد، تماما مثلما نستخدم الضوء. وإذن، فإن نوع نموذج الكمبيوتر الداخلى الذى يحتاجه هو نوع يلائم لأن يمثل داخليا الأوضاع المتغيرة للأشياء فى الفضاء الثلاثى الأبعاد. ونقطتى الأساسية هى أن الشكل الذى تتخذه خبرة الحيوان الذاتية سيكون خاصية لنموذج الكمبيوتر الداخلى. فهذا النموذج سيتم تصميمه، فى التطور، من أجل ملاءمته للتمثيل الداخلى المفيد، بصرف النظر عن المنبهات الفيزيائية التى تأتيه من الخارج. فالخفافيش وإيانا «نحتاج» نفس النوع من النموذج الداخلى لتمثيل وضع الأشياء فى الفضاء الثلاثى الأبعاد. وحقيقة أن الخفافيش تبنى نموذجها بمساعدة الأصداء، بينما نبنى نحن نموذجنا بمساعدة الضوء، هى مما لايتعلق بالموضوع. فالمعلومات الخارجية تترجم فى أى حالة إلى نفس النوع من نبضات الأعصاب فى طريقها للمخ.

وإذن، فإن ماأخمنه هو أن الخفافيش «ترى» بما يماثل كثيرا الطريقة التى نرى بها، رغم الاختلاف التام للوسط الفيزيائى الذى تتم به ترجمة العالم الذى «هناك فى الخارج» إلى نبضات عصبية ـ الموجات فوق الصوتية بدلا من الضوء. بل إن الخفافيش قد تستخدم لأغراضها الخاصة الأحاسيس التى نسميها نحن اللون، لتمثل أوجه اختلاف فى ذلك العالم الخارجى لاشأن لها بفيزياء أطوال الموجات، ولكنها تلعب دورا وظيفيا للخفاش، يماثل الدور الذى تلعبه الألوان لنا. ولعل ذكور الخفافيش قد نسجت أسطح أجسادها

ببراعة بحيث تدرك الإناث الأصداء التى ترتد منها على أنها ذات لون بهى، حيث الصوت هنا مرادف لريش ثوب الزفاف لطائر الجنة. ولست أعنى هذا كمجرد استعارة غامضة. فمن الجائز أن ماتمارسه أنثى الخفاش من إحساس ذاتى عندما تدرك ذكرا هو حقا، على سبيل المثال، أحمر ناصع: نفس الإحساس الذى أمارسه عندما أرى البشاروش. أو على الأقل، فإن إحساس أنثى الخفاش بقرينها قد لايكون مختلفا عن إحساسى البصرى بطائر البشاروش، أكثر مما يكون إحساسى بالبشاروش مختلفا عن إحساس البشاروش البصرى بالبشاروش.

ويروى دونالد جريفن قصة عما حدث عندما ذكر لأول مرة هو وزميله روبرت جالامبوس لمؤتمر من علماء الحيوان المذهولين فى عام ١٩٤٠، اكتشافهما الجديد لحقائق تحديد الخفاش للموقع بالصدى. فقد أحس أحد العلماء المبرزين بشك مهين حتى أنه:

أمسك جالامبوس من كتفيه وهزه متذمرا لأننا لايمكن أن نعنى حقا مثل هذه الفكرةالشائنة. فالرادار والسونار مازالا من انجازات التكنولوجيا العسكرية التى تصنف على أنها سرية جدا، والتفكير فى أن الخفافيش قد تفعل أى شئ يماثل حتى ولو من بعيد أحدث انتصارات الهندسة الالكترونية هو مما يصدم معظم الناس ليس فقط كشئ غير معقول بل وكشئ منفر وجدنيا.

ومن السهل التعاطف مع هذا المتشكك المبرز. فهناك شئ ما جد إنسانى فى نفوره من هذا الإعتقاد. وهذا هو واقع القول: فالأمر بالضبط هو إنسانى. والأمر بالضبط هو أنه بسبب «عدم» قدرة حواسنا نحن الإنسانية على فعل ماتفعله الخفافيش، فإننا نجد أن من الصعب أن نصدقه. ولأننا لانستطيع أن نفهم الأمر إلا على مستوى الأدوات المصطنعة، والحسابات الرياضية على الورق، فإننا نجد أن من الصعب تخيل أن حيوانا صغيرا يفعله فى رأسه. على أن الحسابات الرياضية اللازمة لتفسير مبادئ الرؤية هى معقدة وصعبة بما يماثل ذلك تماما، ولم يجد قط أى فرد أى صعوبة فى تصديق أن الحيوانات الصغيرة تستطيع أن ترى. والسبب فى هذا المعيار المزدوج من تشككنا، هو ببساطة أننا نستطيع أن نرى ولانستطيع تحديد الموضع بالصدى.

وفى وسعى أن أتصور عالما ما آخر حيث يُعقد مؤتمر من مخلوقات مثقفة وعمياء تماما، تشبه الخفافيش، ويصيبها الوجوم إذ يقال لها أن ثمة حيوانات تدعى البشر هى بالفعل قادرة على تبين طريقها فيما حولها باستخدام تلك الأشعات غير المسموعة التى اكتشفت حديثا وتسمى «الضوء»، والتى مازالت موضوع إنشاء جهاز عسكرى سرى جدا. وهؤلاء البشر، ذوى الإمكانيات المتواضعة فيما عدا ذلك، يكادوا يكونون صما بالكامل (حسن، إنهم يستطيعون السمع على نحو ما بل وينبسون بدمدمات معدودة بطيئة إلى حد الثقل، فى تمشدق عميق، على أنهم لايستخدمون هذه الأصوات إلا لأغراض بدائية مثل إتصال أحدهم بالآخر ، ولايبدو أنهم قادرون على استخدامها للكشف حتى عن أكبر الأشياء حجما. ولديهم بدلا من ذلك، أعضاءعلى درجة كبيرة من التخصص، تُدعى «الأعين»، لاستغلال أشعه «الضوء». والشمس هى المصدر الرئيسى لأشعة الضوء، والبشر يتمكنون على نحو رائع من استغلال الأصداء المعقدة التى ترتد من الأشياء عندما تسقط أشعة الشمس عليها. ولديهم أداة بارعة تسمى «العدسة»، يبدو أن شكلها محسوب رياضيا بحيث تكسر هذه الأشعة الصامته بطريقة يتم بها رسم خريطة فيها مطابقة الواحد للواحد بدقة، مابين الأشياء التى فى العالم و «صورتها» على طبقة من الخلايا تسمى «الشبكية». وهذه الخلايا الشبكية قادرة، بطريقة ما غامضة، على (مايستطع المرء أن يقول أنه) جعل الضوء «مسموعا»، وهى ترسل بمعلوماتها إلى المخ. وقد أظهر علماء الرياضة عندنا أن من الممكن نظريا، عن طريق القيام بما يناسب من حسابات ذات تركب بالغ، أن يقوم المرء بالملاحة بأمان خلال العالم مستخدماً أشعة الضوء هذه، بنفس الفعالية التى يستطيع المرء بها أن يقوم بالملاحة بالطريقة العادية مستدخدما الموجات فوق الصوتية ـ بل هو من بعض الأوجه يكون «أكثر» فعالية! ولكن من كان يظن أن الإنسان الوضيع يستطيع القيام بهذه الحسابات؟

إن السمع بالصدى عند الخفافيش هو فحسب مثل واحد من آلاف الأمثلة التى أستطيع أن اختارها لإثبات نقطة التصميم الجيد. فالحيوانات لها المظهر بأنها قد صممها فيزيائى أو مهندس محنك نظريا وبارع عمليا، ولكن ليس مايدل على أن الخفافيش نفسها تعرف أو تفهم النظرية بنفس المعنى الذى يفهمها به الفيزيائى. وينبغى تصور الخفاش

كمثيل «لجهاز» كمين الرادار البوليسى، وليس للشخص الذى صمم الجهاز. ومصمم رادار الشرطة لقياس السرعة قد فهم نظرية «ظاهرة دوبلر»، وعبر عن فهمه فى معادلات رياضية، كتبت بوضوح على الورق. وفهم المصمم قد جسد فى تصميم الجهاز، ولكن الجهاز نفسه لايفهم كيف يعمل. ويحوى الجهاز عناصر الكترونية، قد وصلت معا بحيث تقارن أتوماتيكيا ترددين للرادار وتحول النتيجة إلى الوحدات الملائمة ـ كذا ميل بالساعة. ونظام الحسابات المستخدم معقد، ولكنه بالضبط فى حدود قدرات صندوق صغير من عناصر الكترونيه حديثة موصولة على النحو الصحيح. وبالطبع، فإن مخا واعيا محنكا قد قام بالتوصيلات (أو على الأقل قد صمم الرسم التخطيطى للتوصيلات)، ولكن مامن مخ واع يشارك فى تشغيل الصندوق لحظة بلحظة.

وخبرتنا بالتكنولوجيا الالكترونية تهيؤنا لأن نتقبل فكرة أن ماكينة غير واعية تستطيع أن تسلك وكأنها تفهم أفكارا رياضية مركبة.وهذه الفكرة قابلة لأن تنقل مباشرة إلى ماتفعله الماكينة الحية. فالخفاش ماكينة، قد ثم توصيل الكترونياتها الداخلية بحيث أن عضلات أجنحته تجعله يقع على الحشرات، بمثل ماتقع قذيفة موجهة غير واعية على طائرة. وحتى الآن فإن ماحدسناه، مستمدا من التكنولوجيا، صحيح. على أن خبرتنا بالتكنولوجيا تهيؤنا أيضا لأن نرى تصميما هادفا فى تكوين الآلة المعقدة. وهذا الحدس الثانى هو الحدس الخطأ فى حالة الماكينة الحية. «فالتصميم» فى حالة الماكينة الحية هو للانتخاب الطبيعى غير الهادف، صانع الساعات الأعمى.

إنى لآمل أن يكون القارئ قد أصابه الروع كما أصابنى، وكما كان سيصيب وليم پالى، من جراء حكايات الخفافيش هذه. وقد كان هدفى فى ناحية منه متطابقا وهدف پالى. فلست أريد أن يبخس القارئ تقدير أعمال الطبيعة المذهلة والمشاكل التى نواجهها فى تفسيرها. ورغم أن تحديد الموضع بالصدى لم يكن معروفا فى زمن پالى، إلا أنه كان سيخدم هدفه تماما مثل أى من أمثلته. وقد وطد پالى محاجته بأن ضاعف أمثلته. وانطلق مباشرة خلال الجسد، من الرأس حتى أخمص القدم، مبينا كيف أن كل جزء، وكل تفصيل دقيق، هو بمثل التركيب الداخلى لساعة جميلة الصياغة. وإنى لأود أن أفعل

نفس الشئ من أوجه عديدة، ذلك أن هناك قصصا رائعة تروى، وأنا أحب حكاية القصص. على أنه ليس من حاجة حقا لمضاعفة الأمثلة، فمثل أو مثلان يؤديان الغرض. والفرض الذى يستطيع تفسير طريقة ملاحة الخفاش هو مما يصلح ترشيحه لتفسير أى شئ فى عالم الحياة، وإذا كان تفسير پالى لأى واحد من أمثلته تفسيرا خاطئا، فإننا لا نستطيع تصحيحه بأن نضاعف الأمثلة. والفرض الذى افترضه پالى هو أن الساعات الحية هى حرفيا قد صممت وبنيت كما هى. وفرضنا الحديث هو أن المهمة قد تمت بالانتخاب الطبيعى فى مراحل تطورية تدريجية.

واللاتطوريون فى زمننا هذا ليسوا مباشرين تماما مثل پالى. فهم لايشيرون إلى الآليات الحية المركبة ويقولون أنها بديهيا مصممة بهدف، مثلها مثل الساعة تماما. وإنما ثمه اتجاه للإشارة إليها والقول بأن «من المستحيل الاعتقاد» بأن تركبا كهذا، أو كمالاكهذا، يمكن له أن يتكون بالتطور بالانتخاب الطبيعى. وكلما قرأت تعليقا كهذا، أحس دائما بالرغبة فى أن أكتب فى الهامش «تكلم عن نفسك». وثمة أمثلة عديدة (قد عددت ٣٥ فى فصل واحد) فى كتاب حديث كتبه أسقف برمنجهام، هيومونتفيور، يدعى «الله والاحتمال». وسوف استخدم هذا الكتاب فى كل أمثلتى فى باقى هذا الفصل، لأنه محاولة مخلصة شريفة، من كاتب متنور حسن السمعة، لتحديث اللاهوت الطبيعى. وبعض أجزاء كتابه هى عن الفيزياء والكونيات. ولست بالكفاءة لأن أعلق على هذين، فيما عدا أن أذكر أنه يبدو أنه استخدم فيزيائيين أصليين كمراجع له. وليته فعل مثل ذلك فى الأجزاء البيولوجية. فهو لسوء الحظ فضل أن يرجع إلى مؤلفات أرثر كويستلر، وفريد هويل، وجوردون راترای ـ تايلور، وكارل بوبر! والأسقف يؤمن بالتطور، ولكنه لايستطيع الإيمان بأن الانتخاب الطبيعى هو تفسير كافى للمسار الذى اتخذه التطور (وذلك فى جزء منه بسبب أنه، مثل آخرين كثيرين غيره، يسئ فهم الانتخاب الطبيعى بصورة مؤسية على أنه «عشوائى» و «بلامعنى»).

وهو يستخدم استخداما مكثفا ماقد يسمى «المحاجة من الشك الذاتى». وفى سياق فصل واحد نجد الفقرات التالية بهذا الترتيب:

... لايبدو أن هناك تفسير على أسس داروينية.. ليس من السهل التفسير..هذا أمر يصعب فهمه.. ليس من السهل فهمه .. ويماثل ذلك صعوبة فى التفسير .. لاأجد من السهل إدراك الأمر .. لاأجد الأمر مما يسهل رؤيته .. وأجد أن من الصعب فهمه .. لايبدو الأمر قابلا للتفسير .. لست أرى كيف .. يبدو أن الداروينية الجديدة غير كفئة لتفسير الكثير من تعقيدات سلوك الحيوان .. ليس من السهل فهم كيف أن سلوكا كهذا يمكن أن يتطور فحسب من خلال الانتخاب الطبيعى .. هذا مستحيل .. كيف يمكن لعضو على هذا التركب أن يتكون بالتطور؟ .. ليس مما يسهل رؤيته .. من الصعب رؤية..

إن المحاجة من الشك الذاتى هى محاجة ضعيفة لأقصى حد، كما لاحظ داروين نفسه. وهى تتأسس فى بعض الحالات على مجرد الجهل. فإحدى الحقائق مثلا التى يجد الأسقف أنها صعبة على الفهم هى اللون الأبيض للدببة القطبية:

«وبالنسبة للتمويه، فإن هذا ليس مما يسهل تفسيره دائما على أساس فروض الداروينية الجديدة. وإذا كانت الدببة القطبية مهيمنة على القطب الشمالى، فإنه ليبدو أنها ليست بحاجة لأنه تطور لأنفسها لونا أبيض كشكل للتمويه».

وينبغى ترجمة ذلك كالتالى:

وأنا شخصيا، وأنا جالس فى ذهول فى غرفة مكتبى، ولم أزر قط القطب الشمالى، ولم أر قط دبا قطبيا فى البرية، وكدارس للأدب الكلاسيكى واللاهوت، لم أتمكن حتى الآن من التفكير فى سبب أن الدببة القطبية قد تستفيد من كونها بيضاء.

وفى هذه الحالة بالذات، فإن الفرض الذى يساق هو أن الحيوانات التى تحتاج الى التمويه هى فحسب الحيوانات التى تهاجم لتفترس. وما تغفل رؤيته هنا هو أن المفترسين يستفيدون أيضا من التخفى من فريستهم. والدببة القطبية تتسلل لمهاجمة الفقمات القابعة على الثلج فلو رأت الفقمه الدب قادما من بعد كاف، فإنها تستطيع الهرب. وفى ظنى أن الأسقف لو تخيل دبا قائما رماديا يحاول التسلل لمهاجمة الفقمات على الثلج، فإنه سيرى فى التو الإجابة عن مشكلته.

التطورى. ومعظم المتشككين فى الانتخاب الطبيعى على استعداد للموافقة على أنه يمكن أن يؤدى لبعض التغيرات الصغيرة مثل اللون القاتم الذى طورته أنواع مختلفة من الفراشات منذ الثورة الصناعية(*). ولكنهم إذ يتقبلون ذلك يبنيون بعدها مدى صغر هذا التغير. وكما يؤكد الأسقف، فإن الفراشة القاتمة ليست «نوعاً جديدا». وأن أوافق على أن هذا تغير صغير، لايقارن بالتطور فى العين، أو فى تحديد الموضع بالصدى. على أنه بما يساوى ذلك، فإن الفراشة استغرقت فحسب مائة سنة لصنع تغيرها هذا. ومائة سنة تبدو لنا وكأنها زمن طويل، لأنها أطول من زمن حياتنا. أما بالنسبة للجيولوجى فإنها تكاد تكون أقصر ألف مرة مما يمكنه أن يقيسه عادة!

والأعين لاتتحجر فى حفرية، وهكذا فنحن لانعرف الزمن الذى استغرقته الأعين من نوع أعيننا للتطور من لاشئ إلى ماهى عليه حاليا من تعقد وكمال، ولكن الزمن المتاح يصل إلى عدة مئات من ملايين السنين. ولنفكر، من باب المقارنة، فى التغيير الذى أحدثه الإنسان فى زمن أقصر كثيرا عن طريق الانتخاب الوراثى للكلاب. ففى عدة مئات من السنين أو على الأقصى عدة آلاف من السنين، مضيفا من الذئب إلى الكلب البكينى، والبولدج، والشيهوهوا وكلب سان برنارد. آها، ولكن هذه مازالت «كلابا»، أليس كذلك؟ فهى لم تتحول إلى «صنف» مختلف من الحيوان؟ نعم، فإذا كان يريحك أن تتلاعب بالألفاظ هكذا، فإنك تستطيع أن تسميها كلها كلابا. ولكن فكر فقط فى الزمن المستغرق. هيا نمثل كل الوقت الذى استغرقه تطوير كل سلالات الكلاب هذه من الذئب، على أنه خطوة مشى عادية واحدة. وبنفس المقياس إذن، ما المسافة التى يجب أن تمشيها، لتعود وراءا إلى «لوسى» وصنفها، وهى أقدم الحفريات البشرية التى لايجادل فى أنها مشت منتصبة القوام؟ إن الإجابة هى حوالى ميلين. وماالمسافة التى يجب أن تمشيها لتعود وراءا إلى بداية التطور على الأرض؟ إن الإجابة هى أن عليك أن تقطع الطريق كله من لندن إلى بغداد. ولتفكر فى كم التغيير الكلى الذى استغرق فى المضى من الذئب إلى كلب الشيهوهوا، ثم أضرب ذلك فى رقم خطوات المشى من لندن إلى بغداد. وسيعطى هذا بعض فكرة لتخمين كم التغير الذى يمكننا توقعه فى التطور الطبيعى الحقيقى.

(*) مع انتشار المصانع ومانبثه من بقايا الوقود، تلوثت البيئة المحيطة بها بهذه البقايا وأصبحت الألوان فيها قاتمة، وحتى تحمى الفراشات نفسها من مفترسيها طورت لنفسها لونا قاتما يماثل البيئة المحيطة فلا يجعل الفراشة ظاهرة. (المترجم).

والأساس الثانى لتشككنا الطبيعى بشأن تطور الأعضاء بالغة التركب مثل أعين البشر وآذان الخفافيش هو تطبيق حدسى لنظرية الاحتمالات. ويستشهد الأسقف مونتفيور بما ذكره س.إ.رافن عن طيور الوقواق. فهى تضع بيضها فى أعشاش الطيور الأخرى، التى تقوم بعدها بدور الآباء المتبنين دون وعى. ومثل الكثير من التكيفات البيولوجية الأخرى، فإن تكيف الوقواق ليس تكيفا أحاديا ولكنه تكيف متعدد. فثمة حقائق عديدة مختلفة عن طيور الوقواق تجعلها مهيأة لأسلوب حياتها الطفيلى. فالأم مثلا، تعودت وضع بيضها فى عش الطيور الأخرى، والوليد تعود رمى أفراخ المضيف نفسه خارج العش. وكلتا العادتين تساعد الوقواق على النجاح فى حياته الطفيلية. ويستمر رافن قائلا:

وسنرى أن كل ظرف من هذه الظروف المتعاقبة هو ضرورى لنجاح الكل. إلا أن كل واحد بذاته لافائدة منه. فلا بد وأن «الكيان المتكامل» كله مما تم إنجازه متزامنا. ونسبة الفرص ضد وقوع مثل هذه السلسلة من الصدف عشوائيا، هى كما ذكرنا من قبل رقم فلكى.

والحجج من هذا النوع هى من حيث المبدأ أكثر وجاهة عن الحجة المؤسسة على مجرد الشك العارى. فقياس قلة احتمال فكرة إحصائيا هو الطريق الصحيح للقيام بتقييم مصداقيتها. والحقيقة أنها طريقة سوف نستخدمها مرات عديدة فى هذا الكتاب. ولكنها مما يجب القيام به على نحو صحيح! وثمة خطأن فى المحاجة التى ساقها رافن. فأولا، هناك الخلط المعتاد، والذى يجب أن أقول أنه خلط مستفز، بين الانتخاب الطبيعى و«العشوائية». إن الطفرة عشوائية؛ أما الانتخاب الطبيعى فهو على العكس تماما من العشوائية. وثانيا: إنه ليس من «الحق» قط أن «كل واحد بذاته لافائدة منه». وليس من الحق أنه يجب أن يكون العمل المتكامل كله قد تم إنجازه متزامنا. وليس من الحق أن كل جزء ضرورى لنجاح الكل. ووجود نظام بسيط بدائى نصف مكتمل، لعين ـ أو أذن ـ أو لنظام تحديد الموضع بالصدى ـ أو لنظام تطفل الوقواق.. الخ، هو أفضل من لاشئ على الإطلاق. ومن دون عين تكون أعمى تماما. وبنصف عين ربما أمكنك على الأقل أن تكشف الاتجاه العام لحركة حيوان مفترس، حتى ولو لم تتمكن من أن تضبط له صورة واضحة عند البؤرة. وقد يكون فى هذا الفارق كله بين الحياة والموت. وسيتم تناول هذه الأمور ثانية بتفصيل أكبر فى الفصلين القادمين.